

TRADUCTIONS & REPRODUCTIONS

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

TOME X DU BULLETIN

---

ANNÉE 1896

---

BRUXELLES

POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS

37, RUE DES URSULINES, 37

# TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS

---

## LES IRRIGATIONS

AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

---

COMPTE RENDU DES ÉTUDES HYDROLOGIQUES

faites par le « **U. S. Geological Survey** » (1)

PAR

**J. Hans**

Ingénieur civil.

---

### INTRODUCTION

La partie des États-Unis où le gouvernement se propose d'organiser un service d'irrigations comprend une vaste contrée de 3.450.000 kilom<sup>2</sup> de superficie, c'est-à-dire environ le tiers de l'étendue des divers États formant la République. Bornée à l'Est par une ligne suivant à peu près le 100° méridien, à l'Ouest par une limite assez irrégulière distante de la côte du Pacifique d'environ deux degrés, elle s'étend au Nord jusqu'aux Possessions anglaises du Canada et au Sud jusqu'au Mexique. Cette vaste contrée est traversée par les importantes chaînes des Montagnes Rocheuses et des Monts Apaches et est arrosée par de grands fleuves : le Missouri, le Rio Grande et le Colorado, entre autres. Sur une telle surface, il est évident que l'on rencontrera toutes les variétés de climats et de terrains : une grande partie d'entre eux ne pourront jamais être utilisés pour l'agriculture, soit par leur altitude, soit par la teneur de leur sol en sels alcalins.

Cette vaste contrée a, d'après la nature de la végétation qui y croît, été divisée en quatre régions. La plus grande partie est formée de pâturages et comprend 2.459.000 kilom<sup>2</sup>, c'est-à-dire environ les 7/10

(1) Résumé fait d'après les volumes spécialement consacrés à l'*Irrigation* accompagnant les « *Annual Reports of the U. S. Geological Survey*, J.-W. POWELL, director. » Voir 10<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup>, 13<sup>e</sup> et 14<sup>e</sup> « *Annual Reports* » (1888-89 à 1892-93).

des régions arides ; les déserts, où le manque d'eau est si absolu que le bétail ne peut y subsister, ne comprennent que 259.000 kilom<sup>2</sup> (un peu moins du dixième de la région) ; les 800.000 kilom<sup>2</sup> restants sont formés de forêts composées en partie de haute futaie (366.000 kilom<sup>2</sup>) et en partie d'arbrisseaux (466.000 kilom<sup>2</sup>) qu'on ne peut songer à utiliser que comme bois à brûler. Ces grandes forêts ne croissent guère que dans les régions montagneuses et on ne peut guère songer à trouver leur utilisation pour l'agriculture. En en faisant abstraction, il reste encore au moins deux millions et demi de kilomètres carrés de terrains formant un sol capable d'être fertilisé, auquel il ne manque qu'une quantité suffisante d'*humidité* pour acquérir une grande valeur agricole. Le système de culture par irrigation, le seul possible, est encore très peu répandu dans l'Ouest des États-Unis. Les travaux effectués jusqu'en 1890 ont à peine permis de livrer à la culture 4/10 % de cet immense territoire, et encore ces travaux, exécutés le plus souvent sans vues d'ensemble, ne permettent pas d'utiliser complètement les ressources hydrauliques du pays. Ces travaux d'irrigations, entrepris avec beaucoup de soin, sont destinés à accroître dans une large mesure la prospérité nationale des États-Unis.

### Historique de l'organisation du service des irrigations.

La valeur agricole que l'on pouvait espérer obtenir des régions arides était depuis longtemps connue ; mais ce n'est que le 13 février 1888 que le Sénat des États-Unis chargea le Secrétaire de l'Intérieur d'examiner l'utilité d'organiser, par le Service géologique de son département, un centre spécial d'étude des moyens à employer pour irriguer les régions arides.

Le directeur du service géologique, M. Powell, émit à ce sujet un avis très favorable ; il indiqua, dans un premier rapport, les systèmes à employer pour arriver à tirer parti de l'eau disponible ; il ajoutait que les travaux topographiques, déjà commencés par le « Geological Survey » devraient être le travail préliminaire aux études des systèmes d'irrigations. Dans un second rapport, en réponse à la demande faite par le Sénat, au sujet du subside nécessaire à ce nouveau service, M. Powell en esquaissa l'organisation.

Afin de déterminer : 1<sup>o</sup> la plus grande étendue possible de terrains à cultiver et le choix le plus avantageux ; 2<sup>o</sup> le meilleur emplacement des réservoirs ; 3<sup>o</sup> le meilleur système de canaux d'amenée de ces eaux, trois choses importantes devaient être faites : a) le tracé d'une carte topographique avec courbes de niveau assez rappro-

chées représentant convenablement la surface du sol ; b) la détermination du débit annuel total de chaque cours d'eau à utiliser, la répartition de ce débit aux différentes époques de l'année ; c) l'examen des terrains que l'on pouvait choisir comme surfaces à irriguer. Il était nécessaire aussi de faire, en divers points des régions arides, des expériences sur l'évaporation de la surface des réservoirs et des lacs, et la quantité de sédiments tenus en suspension dans les eaux courantes ; il fallait réunir le plus grand nombre de renseignements tant scientifiques qu'agricoles ou économiques sur les régions que l'on comptait irriguer.

### **Organisation du service.**

Le *Geological Survey* répartit le service des irrigations en trois divisions : topographique, hydrologique et technique, à la tête desquelles furent placés des spécialistes chargés de la direction des travaux.

Le service topographique devait s'occuper du lever d'une carte détaillée des régions à irriguer ; il devait y déterminer avec exactitude les deux facteurs les plus importants pour l'étude hydrologique, savoir : la surface des bassins des rivières, et les pentes existant dans ces bassins.

Le service technique devait faire le choix des emplacements où l'on pouvait établir les réservoirs de retenue, étudier les tracés des rivières et canaux, faire les projets des ouvrages d'art nécessaires à l'utilisation des eaux.

### **But du service hydrologique.**

Le service hydrologique attirera seul notre attention dans la présente note. Toute étude relative aux irrigations demandant une connaissance approfondie de la distribution des eaux dans chaque bassin et de la quantité d'eau utilisable en divers points de ceux-ci, le travail principal doit consister à effectuer le jaugeage des cours d'eau. Comme le débit des rivières varie de jour en jour, et diffère beaucoup d'une année à l'autre, il est indispensable de faire ce travail pendant une série d'années. De cette manière seulement, on obtiendra pour les périodes d'étiage, de sécheresse ou d'inondation, les débits moyens et extrêmes, et cela avec d'autant plus d'exactitude que ces résultats proviendront d'une période plus longue d'observation. Les résultats trouvés pour un cours d'eau ne peuvent en général s'appliquer à d'autres cours d'eau qu'avec certaines modifications. Il n'est pas possible, néanmoins, d'entreprendre le jaugeage de toutes les rivières d'une contrée aussi vaste que la région aride : ce travail serait trop

long et extrêmement coûteux. Aussi peut-on se contenter de faire des jaugeages continus, pendant plusieurs années, de quelques rivières prises pour types, et d'appliquer, ensuite, les résultats obtenus de cette façon, aux rivières se trouvant dans les mêmes conditions.

Outre la détermination des débits, le service hydrologique est chargé aussi des observations pluviométriques dans les localités où le service météorologique des États-Unis n'a pas de stations; il doit aussi étudier l'évaporation à la surface des lacs et déterminer la quantité de sédiments tenus en suspension dans l'eau des rivières.

### **Méthodes de jaugeage.**

Les méthodes employées pour faire les jaugeages des rivières sont au nombre de cinq : on peut jauger par flotteurs, par empotement, par déversoirs, par le calcul, ou par appareils de mesure de la vitesse du courant. De ces systèmes, le dernier, presque exclusivement, a été employé par le service américain. Les méthodes par empotement et par déversoirs ne sont pas pratiquement applicables à des rivières d'une certaine importance; ils nécessitent d'ailleurs l'établissement d'ouvrages d'art trop considérables pour qu'on puisse les utiliser autrement que pour de petits ruisseaux. La méthode qui consiste à déterminer le débit, connaissant le profil en long de la rivière et une série de profils en travers, manque absolument de rigueur à cause de la difficulté de déterminer le coefficient de frottement sur le lit de celle-ci. Quant au procédé par flotteurs, il peut s'appliquer lorsque, ne disposant pas d'instruments précis, on désire néanmoins avoir une idée du débit d'une rivière. Il a été nécessaire de l'employer aux États-Unis dans certains cas où un accident avait mis les instruments hors d'usage. Il consiste à mesurer, à l'aide d'un flotteur, la vitesse maximum à la surface du courant, à en déduire la vitesse moyenne dans une section donnée, dont on mesure la surface; en multipliant la surface du profil en travers par la vitesse moyenne, on obtient le débit de la rivière. Il faut, pour que l'on obtienne par cette méthode un résultat satisfaisant, que le lit du cours d'eau ne soit pas trop raboteux, ou du moins que les inégalités soient peu sensibles relativement aux profondeurs.

### **Jaugeage par tachomètres.**

Le procédé par appareils de mesure de vitesse du courant, ou tachomètres, est le plus précis pour jauger les rivières d'une assez grande importance. Il consiste à diviser la section du cours d'eau en un cer-

tain nombre de petites surfaces pour lesquelles la vitesse, considérée comme constante, se mesure en employant le tachomètre; le débit s'obtient en faisant le produit de ces diverses petites sections par chacune des vitesses correspondantes et en faisant la somme des produits partiels ainsi obtenus.

### Description des tachomètres employés.

Le service géologique des États-Unis fait usage des deux modèles de tachomètres : le tachomètre ordinaire (Colorado) et le tachomètre électrique de Haskell.

Tous ces tachomètres sont composés d'une roue à ailettes mobiles autour d'un axe. Quand on plonge l'instrument dans l'eau courante, ces ailettes se mettent à tourner; le mouvement de celles-ci se communique à une série de roues dentées formant dans leur ensemble un compteur de tours, au moyen duquel on peut se rendre compte, par un simple coup d'œil, du nombre de révolutions effectué par les ailettes. Celles-ci peuvent être à volonté embrayées avec le compteur, de sorte qu'il est possible de faire enregistrer ou non, le nombre

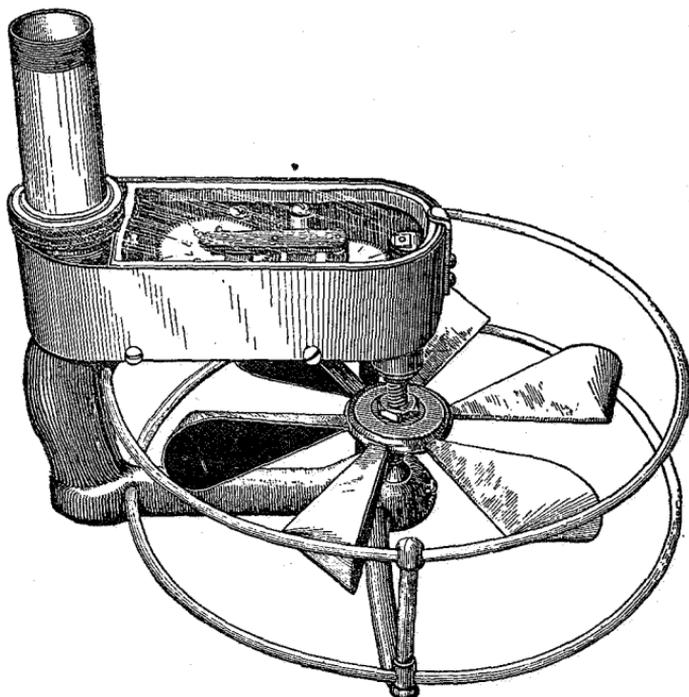


FIG. 1. — Tachomètre du Colorado (nouveau modèle).

de leurs révolutions. Lorsqu'on doit faire un jaugeage dans une rivière à courant de vitesse modérée, on fixe l'appareil à une tige, on l'introduit dans l'eau en se tenant sur une barque ; on met la roue en mouvement pendant quelques secondes jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse exacte du courant, puis on embraye l'appareil. Celui-ci s'étant mû pendant un nombre donné de secondes, on le désembraye, on le retire de l'eau et on fait la lecture du nombre de tours, ce qui permet de déterminer, à l'aide du coefficient propre à l'appareil, la vitesse du courant au point où la mesure s'est faite.

Le « Colorado Current Meter » employé par le *Geological Survey*, est un instrument très simple, formé d'une roue à cinq aubes, en forme de coupes, semblables à celles d'une girouette ; cette roue se meut autour d'un axe vertical. Elle peut être embrayée à volonté avec un compteur de tours placé au-dessus d'elle ; un léger câble permet d'établir cette transmission de mouvement au compteur, sans modifier en aucune façon le mouvement de la roue à aubes. L'appareil est garanti des chocs qui pourraient se produire, contre les corps entraînés dans l'eau, végétaux, bois, etc., par une sorte de cuirasse métallique, formée de deux cercles horizontaux réunis par des pièces verticales. La roue se débarrasse d'ailleurs elle-même des feuilles et des herbes qui l'obstruent. Ce tachomètre a l'immense avantage d'être léger et portatif ; il convient parfaitement pour des rivières à courant modéré, dont la profondeur n'est pas trop grande.

Lorsque le courant est violent, il est très difficile de maintenir verticale la tige qui tient l'appareil, et le nombre de tours de la roue est alors modifié dans une certaine mesure. Aussi a-t-on soin dans ce cas de fixer solidement une barre de fer dans le lit du cours d'eau ; un câble est attaché à la partie inférieure du tachomètre, passe dans un anneau qui peut glisser sur la tige de fer du fond, et remonte jusqu'à la barque où se trouve l'observateur. De cette façon, il est aisé de communiquer à l'appareil un mouvement dans le sens vertical et dans le sens horizontal, et de le mettre en station en n'importe quel point du profil en travers du cours d'eau.

Le Service des Irrigations fit aussi usage d'un tachomètre enregistreur électrique (Haskells' Current Meter) (fig. 2) qui pouvait être utilisé également dans les rivières à courant faible ou rapide. Il permettait à l'observateur, placé sur la rive, de connaître la vitesse du courant en un point quelconque du profil en travers du cours d'eau. Cet appareil est composé d'une petite hélice dont les ailes se débarrassent automatiquement de tous les corps étrangers qui l'obstruent ; cette hélice a des dimensions déterminées, de façon à faire une révolution

pour une vitesse de courant d'un pied par seconde. Contre la partie postérieure de la roue s'appuie une petite pointe métallique, en connexion, à l'aide d'un câble, avec une batterie électrique établie sur le rivage ; sur le circuit se trouve, d'ailleurs, un compteur. A chaque tour de l'hélice, il se produit une interruption de courant, la pointe métallique y venant en contact, tantôt avec des parties de bronze de l'axe de l'hélice, tantôt avec des parties de vulcanite. L'axe de l'hélice est prolongé par une sorte d'aile, d'assez grande longueur, qui permet à l'appareil de prendre la direction du courant. Cet instrument a donné de bons résultats dans les jaugeages où l'on s'en est servi ; il est solidement construit et n'a que l'inconvénient, inhérent à tout tachomètre électrique, de nécessiter le transport de batteries et câbles électriques.

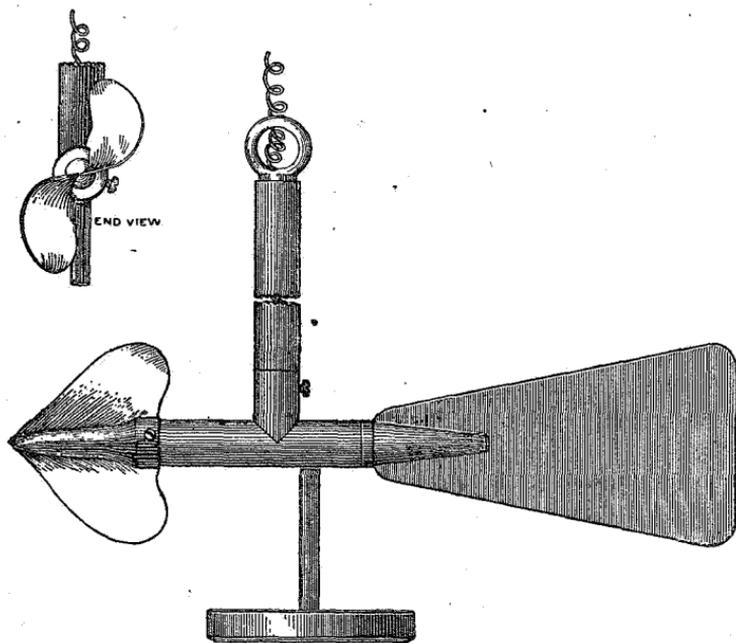


FIG. 2. — Tachomètre électrique de Haskell.

Le tachomètre de Haskell a subi dans ces dernières années (rapport de 1892-93) des modifications très heureuses au point de vue de la facilité de son emploi ; ses dimensions ont été réduites ; il est devenu ainsi beaucoup plus portatif. On a réduit à deux les ailes de l'hélice servant à enregistrer la vitesse du courant ; chaque appareil est construit de façon à ce qu'on puisse lui adapter aisément deux espèces

d'hélices, l'une servant pour des courants rapides, l'autre pour des courants de faible vitesse. Le tachomètre est vissé à l'extrémité d'une tige formée de plusieurs pièces, que l'on peut fixer les unes aux autres. Cette tige est évidée à son centre, de façon à permettre le passage du conducteur électrique mettant les batteries en connexion avec l'hélice.

Le tachomètre Colorado (fig. 1) a subi aussi quelques modifications dans la manière dont on produit l'embrayage des roues à aubes et du compteur de tours ; au lieu d'employer à cet effet un câble, on produit cette connexion au moyen d'une petite tige placée à l'intérieur de la grande tige à laquelle le tachomètre est fixé.

Outre les tachomètres électriques et à enregistrement direct, le *Geological Survey* fit usage d'un troisième type d'appareil possédant certains avantages. Cet instrument est le plus simple et le plus durable des tachomètres, car il ne possède qu'un seul organe mobile : la roue servant à indiquer la vitesse du courant. Inventé par M. Frizell, il consiste en une roue montée de façon que, quand elle se meut, une petite came la force à se glisser sur son axe de rotation et à s'y avancer d'une longueur variant d'un trente-deuxième à un soixante-quatrième de pouce. Les deux surfaces qui portent cette came s'appliquent exactement les unes sur les autres dans une seule position ; mais aussitôt que la roue se met en mouvement, elle est contrainte de glisser sur son axe de rotation. Dès que les dents de la came arrivent en coïncidence, la roue revient à sa position primitive et il se produit un déclic distinct que l'on peut aisément entendre en plaçant l'oreille contre la tige métallique qui soutient le tachomètre. L'opérateur place l'appareil en un point quelconque du cours d'eau, compte les déclics pendant un certain temps à l'aide d'un compteur à secondes. On compte généralement le nombre de déclics pour cinquante ou cent secondes, ou le temps employé par l'appareil pour faire cent révolutions.

On a quelquefois converti des tachomètres électriques en appareils du type précédent en mettant la roue en connexion avec un « Sounder » télégraphique ordinaire. Ces instruments transformés ont les désavantages d'avoir toutes les complications qui avaient précisément conduit l'inventeur à faire le projet de son « Sounding Meter ». Un homme soigneux peut très aisément être mis au courant de la pratique de ce dernier tachomètre et faire de cette manière des observations dont les calculs sont effectués par l'ingénieur chargé du service.

### Calibrage des appareils.

Nous avons dit plus haut que, pour déterminer la vitesse du courant en fonction du nombre de tours de la roue, il fallait multiplier le nombre trouvé par un coefficient, propre à l'appareil; la détermination de ce coefficient constitue le calibrage du tachomètre. Cette opération s'effectue en faisant parcourir à l'instrument, dans une eau tranquille, un espace donné en un temps donné; ce qui permet de déterminer le rapport existant entre le nombre de révolutions de la roue et la vitesse de l'eau.

Le Service des Irrigations établit à Denver une station de calibrage où les instruments étaient essayés avant leur emploi et vérifiés de temps à autre.

Il employa, à cet effet, un réservoir recouvert d'une terrasse, dans laquelle on pratiqua une ouverture de cent cinquante pieds de long, assez large pour permettre le passage de la tige du tachomètre; sur cette terrasse et de chaque côté de la rainure se trouvait un rail. Sur la voie ainsi construite circulait un chariot disposé de façon à maintenir verticalement au centre de l'ouverture la tige du tachomètre. Ce chariot devait se mouvoir d'un mouvement uniforme; des cordes s'enroulant sur un tambour actionné à la main permettaient de remplir cette condition. Les mesures de vitesse du chariot se faisaient sur un parcours exactement mesuré de cent pieds de longueur; les cinquante pieds supplémentaires de rails étaient établis pour qu'il puisse atteindre, au commencement de sa course et conserver jusqu'à la fin de celle-ci, la vitesse à laquelle il devait se mouvoir uniformément pendant son mouvement. Aussitôt que le tachomètre passait au point origine du parcours, un enregistreur et une montre à secondes se mettaient automatiquement en mouvement et marchaient jusqu'au moment où l'appareil atteignait le centième pied. On répétait plusieurs fois ces opérations en commençant par les vitesses aussi petites que possible et en augmentant progressivement celles-ci. Ces expériences permettaient de calibrer l'instrument, en employant, pour la détermination des coefficients, soit une méthode graphique, soit une méthode analytique.

On peut avoir, dans la méthode analytique, la plus grande confiance; mais elle demande beaucoup de temps et une grande habitude des mathématiques, de sorte qu'elle est sujette à de grossières erreurs entre les mains d'un observateur de capacité ordinaire. La solution graphique est meilleure parce qu'elle est plus simple et plus rapide: les diagrammes présentent, sur des colonnes de chiffres, l'avantage

que l'œil se rend immédiatement compte des résultats et que les contradictions en ressortent d'une manière visible.

La méthode graphique consiste à marquer, sur du papier quadrillé, le résultat de chaque observation, indiquant en abscisses le nombre de révolutions, par seconde, de l'instrument, et, en ordonnées, la vitesse par seconde imprimée à l'appareil pendant la même expérience; on obtient, de cette façon, une série de points que l'on réunit par une ligne droite ou par une ligne légèrement courbe, permettant de déterminer la moyenne de toutes les observations. De la position de cette ligne, résulte la possibilité de lire le coefficient de l'instrument pour une, deux, trois, ou un plus grand nombre de révolutions par seconde.

Quand, dans l'emploi ordinaire des instruments, les conditions sont renversées, le tachomètre étant alors en place, et l'eau animée de mouvement, le nombre de révolutions de l'instrument est lu sur celui-ci et la vitesse de l'eau est déterminée immédiatement au moyen des valeurs que l'on trouve dans le tableau graphique tracé précédemment.

De ce que nous venons de dire résulte que, pour chaque vitesse du courant, le coefficient de l'appareil varie légèrement. Avec la plupart des instruments employés, il a été reconnu que trois coefficients seulement suffisaient; pour les eaux tranquilles, pour les eaux animées d'une vitesse moyenne de quatre pieds par seconde, et pour les courants torrentiels.

### Modes d'emploi des tachomètres.

Il y a plusieurs méthodes d'emploi du tachomètre pour déterminer le débit total d'un cours d'eau; ces manières d'opérer proviennent de ce que la vitesse de l'eau varie en différentes parties de la rivière et qu'elle est la plus grande, en général, au milieu du cours d'eau et près de sa surface. Si une rivière coulait comme une masse solide, il serait très simple de faire quelques mesures de vitesse en quelques points; mais comme la vitesse de l'eau, en un point d'un profil en travers, n'a pas de rapport avec la vitesse en un autre point, beaucoup de mesures doivent être faites pour obtenir le débit. Dans des rivières larges et profondes, les mesures sont faites en un grand nombre d'endroits également distribués dans le profil en travers du fleuve; en chaque endroit on fait des observations de la vitesse à proximité de la surface, près du fond, et en divers points intermédiaires distants de cinq à dix pieds dans le sens vertical; de cette façon la vitesse est obtenue en un grand nombre de points distribués symétriquement dans le

profil en travers ; la moyenne de ces vitesses est prise pour la vitesse du fleuve entier, le débit étant obtenu en multipliant l'aire du profil en travers, en ce point, par la vitesse moyenne dont le courant y est animé. Dans des rivières peu profondes, le travail peut cependant être abrégé par une méthode dite *d'intégration*.

Au lieu de faire des mesures de vitesse en divers points d'une même verticale, on fait mouvoir le tachomètre très doucement et d'un mouvement uniforme, depuis la surface jusqu'au fond, et on le ramène au jour pour obtenir de cette manière la moyenne des vitesses en tous les points de la verticale considérée. Dans ce cas, la rivière est censément divisée en une série de petits cours d'eau de même largeur, le débit de chacun étant obtenu en multipliant l'aire considérée par la vitesse observée ; en ajoutant ensuite ces débits, on obtient le débit total.

Avec un peu d'habitude, un observateur peut élever et abaisser régulièrement le tachomètre en un nombre donné de secondes ; par exemple, pour une rivière de cinq pieds de profondeur, on promène l'appareil de la surface au fond en vingt secondes ; on le remonte également en vingt secondes, et on répète trois fois l'opération, de sorte que l'observation demande en tout deux minutes.

Pour mesurer le débit de canaux et de petits cours d'eau dont la pente de fond est presque nulle, on a quelquefois employé la *méthode d'intégration horizontale ou diagonale* qui donne, en une fois, la vitesse moyenne du cours d'eau. Le tachomètre, dans le premier cas, est promené lentement et horizontalement d'un côté à l'autre du cours d'eau. Quant à la méthode d'intégration diagonale, elle consiste à faire mouvoir l'appareil sous un angle de  $45^\circ$  depuis la surface de l'eau contre une rive jusqu'au fond, à le remonter sous le même angle jusqu'à la surface et à continuer ainsi jusqu'à la rive opposée. Le résultat obtenu par cette méthode est susceptible d'être vérifié en faisant mouvoir le tachomètre en diagonale, mais en atteignant cette fois la surface de l'eau au point situé verticalement au-dessus des endroits où l'appareil touchait le fond dans l'expérience précédente.

### Choix d'une station de jaugeage.

En commençant une série de jaugeages il faut, avant tout, choisir sur la rivière un bon emplacement, déterminé surtout par une grande facilité d'accès. Le lit et les rives doivent être fixes ou, du moins, ne pas se modifier à chaque période de hautes eaux de la rivière ; en outre, le courant doit y être d'une rapidité modérée. De telles places sont malheureusement rares et les meilleurs endroits où l'on puisse faire

des jaugeages sont souvent éloignés de toute route et de toute habitation. Dans de telles circonstances, il est nécessaire d'examiner avec soin le coût de l'établissement et de l'entretien du poste et de mettre ces frais en regard avec la valeur des résultats qu'on peut y obtenir.

Après avoir recherché plusieurs endroits où l'on peut faire de bons jaugeages, le point qui détermine le choix final se porte, en règle générale, sur l'endroit où l'on peut trouver un observateur de confiance. Cette recherche est le détail le plus difficile et le plus fastidieux de l'organisation du service hydrologique dans l'Ouest. Il est évident qu'excepté dans de rares cas, aucun service ne peut employer un homme à porter uniquement son attention sur les fluctuations d'une rivière, et à s'occuper uniquement d'un enregistreur automatique ou nilomètre. Il faut s'assurer nécessairement les services de quelques personnes qui, par leurs occupations habituelles, sont contraintes de vivre à quelque distance du poste de jaugeage, et qui, moyennant une légère rémunération, veulent bien s'acquitter de la charge de faire des relevés journaliers. On paie généralement ces auxiliaires 4 à 10 dollars par mois, suivant le nombre de leurs observations quotidiennes et le temps qui leur est nécessaire pour aller au poste de jaugeage et en revenir.

#### **Equipement des stations.**

Les rivières jaugées jusqu'à ce jour n'ont guère dépassé 500 pieds de largeur ; il a donc été possible, en tous les cas, de tendre un ou plusieurs câbles d'une rive à l'autre, au-dessus du profil en travers du cours d'eau où l'on se proposait de faire un jaugeage. L'équipement d'une station varie avec la méthode employée ; mais la description suivante s'appliquera à la plupart des stations du service.

#### **Jaugeage effectué du pont d'une barque.**

Un câble, divisé en parties égales de 5, 10 et 20 pieds chacune, est fixé solidement au-dessus de la section où se fait le jaugeage et à une hauteur que ne peuvent atteindre les plus hautes eaux ; ces divisions sont faites d'une manière bien visible et déterminent les points où se mesure la vitesse du courant.

A peu de distance en amont du câble ainsi divisé (20 ou 50 pieds au plus), on tend au travers du cours d'eau un autre câble d'un demi ou de sept-huitièmes de pouce de diamètre, dont les extrémités sont fixées sur les rives par des montants avec contrefiches et sont ensuite solide-

ment ancrées dans le sol. Sur ce câble court une poulie (trolley) et de celle-ci part une corde fixée à un bateau, l'ensemble formant un système semblable à celui employé pour les bacs de passage d'eau. Cette barque est retenue de telle façon que son extrémité arrive directement sous le câble divisé indiquant l'emplacement du profil où doit se faire le jaugeage. En se tenant assis, ou debout sur une petite plate-forme placée à son extrémité, l'observateur peut placer le tachomètre en un point quelconque du profil en travers de la rivière.

Pendant les hautes eaux, cependant, un bateau ne peut être maintenu dans cette position, à cause de la vitesse du courant, et du danger de collision avec les bûches et pièces de bois que la rivière entraîne à la dérive.

#### **Jaugeage où l'opérateur est placé dans un chariot suspendu.**

Pour surmonter cet obstacle deux méthodes ont été essayées : l'une consistant à employer au jaugeage un chariot suspendu au-dessus du courant, tandis que dans l'autre, appelée « *cable and traveler method* », le jaugeage peut être effectué par un observateur ne quittant pas la rive du cours d'eau. Le chariot suspendu consiste en une solide caisse de trois pieds de large sur cinq de long, suspendue à des poulies courant sur un câble métallique. L'opérateur, assis dans le chariot, se transporte à son gré au-dessus de la rivière, et fait usage de son tachomètre comme s'il se trouvait dans un bateau.

#### **Jaugeage effectué de la rive « *cable and traveler method* ».**

Dans la méthode « *cable and traveler* », le tachomètre est fixé à un chariot qui roule sur un câble solidement attaché aux deux rives du cours d'eau. Un autre câble permet de faire avancer ou reculer ce chariot et de conduire le tachomètre d'une rive à l'autre. Afin de pouvoir ensuite l'amener en un point quelconque du profil en travers du cours d'eau, on peut l'abaisser ou l'élever à l'aide d'un double conducteur isolé pouvant, à la fois, produire ces déplacements et conduire à la roue le courant électrique de l'enregistreur. Le tachomètre est maintenu vertical et dans l'impossibilité d'être entraîné par le courant, parce que sa tige s'appuie constamment sur un autre câble fixe, placé au-dessus de celui sur lequel roule le chariot. On faisait autrefois usage à cet effet d'une pièce de fonte de 70 livres reposant sur le lit du cours d'eau.

En agissant de la rive sur ces divers câbles, on peut amener le tacho-

mètre en un point quelconque du profil en travers de la rivière, les révolutions de la roue étant reportées près de l'observateur par un « sounder » semblable à ceux employés dans la télégraphie électrique. On peut se rendre aisément compte de la position de l'appareil par le mouvement des cordes que l'on a eu soin de graduer, en faisant correspondre les divisions avec celles de la tige qui soutient le tachomètre. Outre les appareils décrits ci-dessus, il faut encore quelques instruments pour mesurer le niveau de l'eau; le plus simple est une échelle graduée.

### Mesure du niveau de l'eau.

#### *1<sup>o</sup> Emploi d'une échelle graduée sur la rive.*

Le plus souvent on fait usage d'une pièce de bois solidement fixée dans la berge, en lui donnant l'inclinaison de celle-ci; mise en place, cette échelle est ensuite divisée, à l'aide d'un niveau, en parties égales, correspondant à une hauteur d'un pied ou d'un dixième de pied. Dans des situations spéciales, lorsqu'on dispose soit d'une rive à pic, soit de la pile d'un pont, on place l'échelle verticalement; malheureusement, ces endroits sont rares.

En général, il est nécessaire d'établir une échelle inclinée, car une échelle verticale est plus aisément entraînée par le courant en temps de hautes eaux et la lecture en est difficile aux époques où l'eau couvre partiellement les rives, empêchant l'observateur d'approcher de l'échelle. Aussitôt que cette échelle est établie, l'observateur note une, deux, ou trois fois par jour, la hauteur de l'eau sur l'échelle, et ces observations continuent pendant toute l'année. Il est très important de choisir avec soin le moment où ces observations doivent être faites et de déterminer ainsi les variations diurnes du niveau du cours d'eau.

#### *2<sup>o</sup> Détermination du moment de la journée où doit se faire la mesure de la hauteur.*

Dans la plupart des rivières des régions arides, spécialement près des sources, cette variation se fait sentir d'une manière assez prononcée, et il est très nécessaire de déterminer le moment de la journée où se produisent le maximum et le minimum. Les alternatives de hautes et de basses eaux sont déterminées par les changements de température: la chaleur du jour fait fondre les neiges et le froid de la nuit les recongèle, amenant même, dans certains cas, la congélation d'une certaine quantité d'eau de la rivière.

Le moment auquel la variation de niveau est sensible, en un point aval quelconque du cours d'eau, dépend de la distance à laquelle ce point se trouve de la source de la rivière. Les plus hautes eaux de la journée, en un point, se produiront à minuit; plus bas, ce sera à la première heure de la matinée, et encore plus en aval ce sera l'après-midi. Un cours d'eau important, formé par la réunion de plusieurs affluents, ne montrera pas toujours ces variations diurnes, car les maxima et minima de niveau des affluents peuvent ne pas coïncider et tendre à se neutraliser les uns les autres.

Le nombre des lectures à l'échelle à faire pendant une journée est déterminé complètement par ces considérations. Quand le cours d'eau n'a pas, le jour, de fluctuations notables, une seule observation suffit pour cette période, si bien entendu, l'observateur tient compte de tout coup d'eau qui pourrait se produire. D'autre part, il est évident qu'une seule observation donnera lieu à erreurs, si elle se fait chaque jour au moment des plus hautes ou des plus basses eaux; dans ce cas, deux lectures sont nécessaires pour établir le niveau moyen des eaux.

### 3<sup>o</sup> Appareils enregistreurs ou nilomètres.

Pour plus d'exactitude on fait usage d'un appareil enregistreur appelé nilomètre; il comprend un cylindre mû par un mouvement d'horlogerie, construit de telle façon qu'une révolution complète soit faite en une semaine. Un crayon, en relation avec un flotteur, s'élève ou s'abaisse avec la rivière, trace sur un papier enroulé autour du cylindre un diagramme, qui donne les hauteurs des eaux à toute heure du jour et de la nuit. Un examen de ce graphique permet, non seulement de déterminer avec précision la hauteur moyenne du cours d'eau pendant le jour, mais encore le moment où se produisent les débits maxima et minima. Toutefois, ces instruments n'ont pas donné les résultats qu'on pouvait en attendre, si ce n'est dans les stations où des personnes soigneuses, au courant des mécanismes, étaient chargées de leur garde. Le *Geological Survey* a fait usage néanmoins de trois types de nilomètres: ils étaient à cylindre vertical, à cylindre horizontal, ou à simple disque vertical. Les fluctuations du cours d'eau sont enregistrées sur le cylindre à une échelle réduite par un réducteur de la course du flotteur. Ce dernier est ordinairement placé dans un puits de petite dimension près du bord du cours d'eau; ce puits communique, par sa partie inférieure, avec la rivière par une conduite de dimensions telles qu'elle ne puisse être obstruée. On dresse des tableaux du niveau des cours d'eau obtenus soit par les nilomètres, soit par des

mesures directes, et on y met en regard les débits correspondants calculés pour la station que l'on considère. Cette opération porte le nom de réglage d'un poste de jaugeages.

### Réglage d'un poste de jaugeages.

C'est l'opération principale et la plus coûteuse d'un service hydrographique, car elle nécessite la mesure du débit du cours d'eau à différents niveaux, tant à l'époque des hautes que des basses eaux, et à des niveaux intermédiaires. Ces mesures sont faites par un ingénieur hydrographe ou ses assistants.

Il faut généralement plusieurs mois pour obtenir une série complète de mesures, car le niveau d'un cours d'eau ne peut être prévu, excepté dans ses fluctuations les plus générales. Les ingénieurs hydrographes et leurs aides ne peuvent rester campés sur les rives de la rivière en

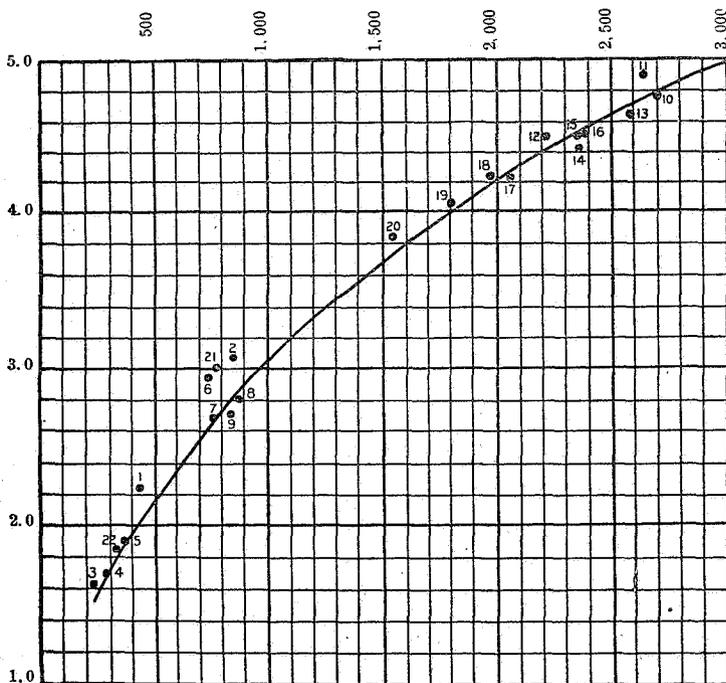


Fig. 3. — Diagramme des débits de la rivière Arkansas à Canyon City (Colorado). Les ordonnées représentent le niveau du cours d'eau en pieds; les abscisses le débit en pieds cubes par seconde. Les chiffres correspondent aux numéros des jaugeages effectués.

attendant les périodes d'étiage ou de crue ; mais ils doivent tenter la chance de trouver, au moment où ils arrivent, la rivière au niveau auquel ils désirent faire un jaugeage. Les résultats des jaugeages sont consignés sur des feuilles de papier quadrillé, sur lesquelles on porte en ordonnées les hauteurs d'eau et en abscisses les débits correspondant à ces hauteurs. Ces points, réunis par un trait, forment une ligne courbe. Quand la courbe a été définitivement tracée, on construit la table servant à établir le régime de la station (fig. 3). C'est un tableau donnant le débit en pieds cubes par seconde (seconde foot) (1), pour chaque dixième de pied de hauteur lu sur l'échelle du poste de jaugeage. A l'aide de cette table on peut, connaissant le niveau du cours d'eau, déterminer immédiatement le débit correspondant.

On peut soulever la question de savoir pour combien de temps cette courbe de débits conviendra et si ses valeurs ne sont pas sujettes à donner des erreurs. Chaque rivière modifie constamment son lit, soit qu'elle le creuse, soit qu'elle y fasse des dépôts ; ces changements dépendent de la vitesse de l'eau, qui varie constamment.

La station doit, en tous cas, être choisie de façon à ce que l'action de l'eau sur le lit soit réduite à un minimum ; mais ordinairement il se produit dans une rivière des changements appréciables pendant et après les crues, ou après les périodes prolongées de basses eaux. La courbe servant à régler une station est basée sur des mesures faites pendant un temps aussi long que possible et pour tous niveaux de la rivière.

### **Précipitations atmosphériques.**

Au début des opérations du service hydrographique, la nécessité de posséder des mesures de la quantité de pluie fut reconnue et on examina les méthodes employées par le « Signal-Service », qui avait ces observations météorologiques dans son département. Il était nécessaire d'étendre ces observations à des points où des mesures étaient indispensables pour le service hydrographique : c'est pourquoi on fit la tentative de suppléer à l'insuffisance des renseignements fournis par ce service, en établissant des observateurs volontaires, formés en général d'après le principe déjà mis en pratique par le chef du « Signal Service ». Des pluviomètres furent mis entre les mains des observateurs, partout où l'on put en rencontrer sur les bords des bassins où les études hydrographiques devaient être commencées.

(1) On peut définir cette unité en disant que c'est le volume d'eau passant avec une vitesse d'un pied par seconde dans un cours d'eau d'un pied de large et d'un pied de profondeur ; elle correspond à 28 litres 315 par seconde

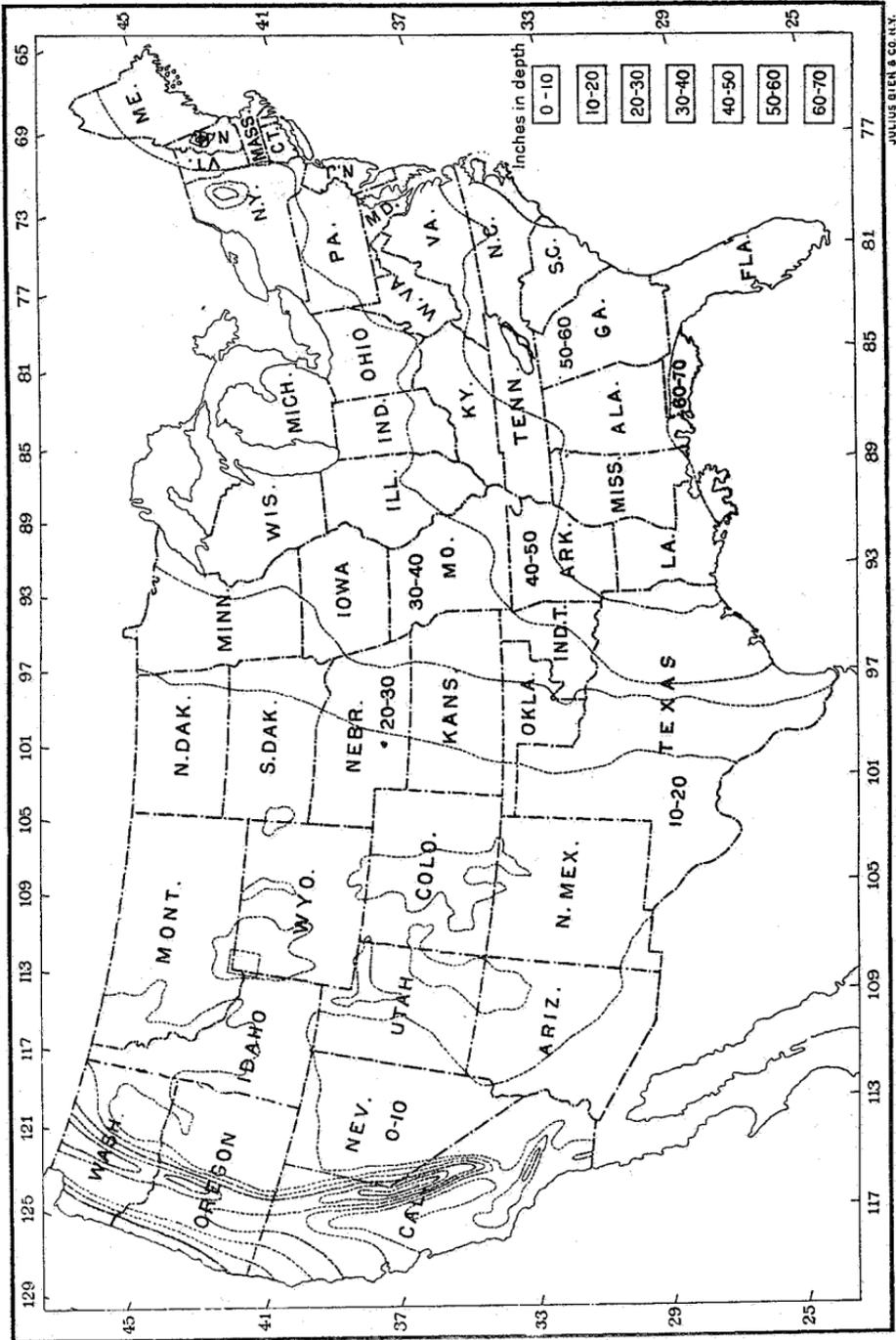
La principale difficulté est de s'assurer des observations aux points où les renseignements pluviométriques ont le plus d'importance. Comme on le sait, la plus grande partie de la population habite les vallées, où des observations sont aisées à obtenir; mais c'est dans les hautes montagnes que se produisent les plus fortes précipitations atmosphériques, et c'est là que des postes pluviométriques devraient être installés. Il est, malheureusement, le plus souvent impossible d'engager des observateurs volontaires pour ces régions et de les contraindre à résider dans les montagnes, à seule fin d'y tenir note des précipitations atmosphériques. Il en résulte donc que toutes les données relatives à la pluie et à la neige concernent plutôt le fond des vallées, où les précipitations atmosphériques sont moindres et que les calculs basés sur ces résultats sont, en général, en dessous de la vérité.

#### **Rapport entre la quantité d'eau tombée et le débit des cours d'eau.**

Le rapport qui existe entre la quantité d'eau tombée et le débit des cours d'eau a fait l'objet, de la part du service hydrologique, d'un examen attentif. Le rapport existant entre la quantité de pluie tombée, évaluée d'après des observations faites dans un bassin, et la quantité d'eau que débite la rivière à la suite de la chute de cette pluie, n'est, en aucune façon, une simple proportion; en d'autres termes, si la pluie tombée atteint une hauteur d'un pouce pendant une journée, et de deux pouces pendant une autre journée, il n'en résultera pas que la rivière, à la suite de cette seconde pluie, débitera le double de la quantité d'eau qui y coulait après la première; cette quantité peut être plus grande ou moindre.

La manière dont la pluie tombe détermine le débit des cours d'eau. Durant un orage ou une averse violente, la pluie peut ne pas avoir le temps d'imbeber le sol; elle ruiselle le long des pentes et se réunit sous la forme des torrents importants. Une forte pluie, donnant la même quantité d'eau en un ou deux jours, saturerait lentement le sol desséché et aurait, si elle en a toutefois, un effet peu considérable sur les crues de la rivière.

L'étendue des inondations, surtout dans de vastes terrains, dépend de tant de facteurs — tels que la nature de la végétation, la composition géologique du sol, la topographie, les vents et la température — que la loi de dépendance immédiate entre ces faits et la quantité de pluie tombée est encore obscure. Cependant, au point de vue de



JULIUS BERG & CO. N.Y.

Fig. 4. — La moyenne annuelle du Run-off aux États-Unis.

l'agriculture, de la navigation et de la sécurité du territoire, il est essentiel que cette question soit étudiée avec soin.

Les tentatives faites pour établir une relation entre la quantité d'eau tombant sur un bassin et le débit d'un cours d'eau, ne peuvent donner des résultats que pour des bassins de peu d'importance, où l'on a un nombre de postes pluviométriques suffisants, bien distribués sur le terrain. C'est un résultat auquel il est bien difficile d'arriver dans la région aride, où la plus grande partie de l'approvisionnement d'eau provient des hautes montagnes, presque toutes inhabitables.

On ne peut songer à établir une relation un peu sérieuse entre le débit d'une rivière et la pluie qui tombe sur le bassin, avant que l'on ait réalisé cette condition, de réalisation apparemment impossible, c'est-à-dire l'établissement de nombreuses stations pluviométriques dans les hautes montagnes.

Afin de pouvoir se rendre compte aisément de ce rapport qui existe entre le débit d'un cours d'eau et la pluie tombée sur le bassin, on a mis ce débit sous une forme spéciale à laquelle on a donné le nom de *run-off*. Cette quantité est simplement le volume d'eau qui provient d'une certaine étendue de terrain. On l'exprime de deux manières : soit par l'épaisseur en pouces de la tranche d'eau qui, couvrant toute la contrée, aurait le même volume que l'eau débitée par les cours d'eau, soit par la quantité d'eau fournie par chaque mille carré de la région. Ainsi, quand on dit que le *run-off* pendant un mois est, pour un bassin, de deux pouces, cela revient à dire que l'eau débitée par cette surface, équivaut à un volume couvrant la région d'une épaisseur de deux pouces d'eau (soit 5 centimètres ou 50 m<sup>3</sup> par hectare et par mois). On peut aisément, à la manière dont on trace les cartes pluviométriques, faire des cartes représentant l'épaisseur du *run-off*. Malgré le peu de renseignements que l'on possède jusqu'à présent, une pareille carte du *run-off* a été établie (Rapport de 1892-1893). On y a représenté graphiquement les épaisseurs du *run-off* annuel pour les différentes régions des États-Unis à l'aide de teintes semblables, couvrant les parties où le *run-off* avait à peu près la même valeur. Un coup d'œil sur cette carte montre la grande différence qui existe entre la moitié Ouest et la moitié Est de ces états. En partant d'une ligne suivant le 97° méridien, on remarque que toute la région à l'Est est caractérisée par un *run-off* variant de 10 à 20 pouces (250 à 500 m<sup>3</sup>/m) et même davantage, tandis que dans les contrées de l'Ouest, la moyenne est en dessous de 5 pouces et les courbes représentatives montrent de grandes complications dans la partie voisine de la côte du Pacifique.

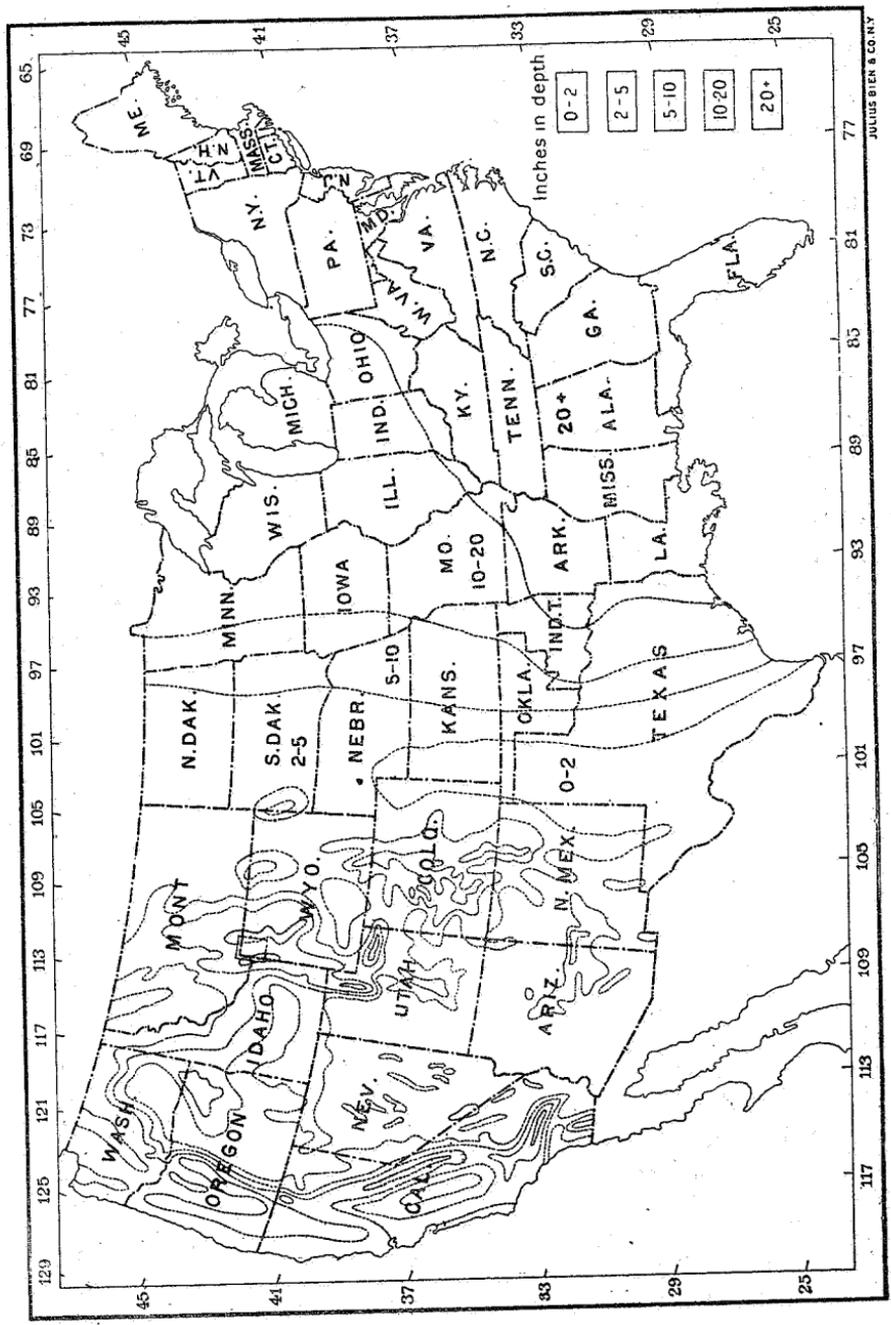


Fig. 5. — Carte pluviométrique des États-Unis.

JULIUS BIER & CO. N.Y.

En examinant cette carte de plus près, on remarque que la côte de l'Atlantique, jusqu'à la vallée de l'Ohio et au delà du bassin inférieur du Mississippi est caractérisée par un *run-off* qui dépasse vingt pouces (soit 13<sup>m</sup>.88 par hectare-jour). Dans la région des lacs et du Mississippi supérieur, le *run-off* est moindre et varie de dix à quinze pouces. En s'avancant vers l'Ouest, le *run-off* diminue très rapidement et arrive à moins de cinq pouces et même à moins de deux pouces (1<sup>m</sup>.388 par hectare-jour) dans les grandes plaines. Dans les Montagnes Rocheuses cependant, le *run-off* peut atteindre de grandes valeurs. Au delà de ces montagnes, le *run-off* diminue encore de manière à être réduit à zéro dans certains grands bassins intérieurs, qui sont cependant entourés de régions où le *run-off* est important. Le long des Cordillères et de l'Océan Pacifique, le *run off* atteint des valeurs voisines de celles que nous avons vues sur les côtes de l'Atlantique.

La carte pluviométrique publiée par M. Gannet, du Bureau Météorologique, permet d'établir la comparaison entre la pluie et le *run-off*; mais cette dernière carte, construite d'après des renseignements plus nombreux, est établie avec plus de précision que la précédente. Ces deux cartes ne coïncident pas dans l'allure générale des teintes des diverses régions. Cela résulte du fait, qui a été souvent établi, que le *run-off* ne dépend pas immédiatement de la quantité d'eau qui tombe sur une région. On peut dire, en effet, que cette première quantité est une fonction des précipitations atmosphériques, et de la topographie de la région, et qu'elle dépend, dans une certaine mesure, du climat, de la structure du sol et du sous-sol, de la végétation. Aussi les cartes représentatives de ces deux quantités ne peuvent-elles coïncider, particulièrement quand une région présente de grandes variations topographiques. On peut cependant, malgré les données approximatives sur lesquelles on se base, déterminer avec quelque exactitude, l'épaisseur du *run-off* correspondant à une épaisseur de précipitations atmosphériques tombant sur une région; en d'autres termes, faire usage de la carte du *run-off* pour montrer la partie de la pluie qui s'écoule par les rivières. Par exemple, là où le *run-off* variera de zéro à deux pouces, on saura que 10 % seulement de la pluie sont débités par les cours d'eau; si ce *run-off* varie de deux à cinq pouces, ce rapport sera de 10 à 25 %; il atteint 40 à 50 % quand le *run-off* est de cinq à dix pouces et dépasse 50 % des précipitations atmosphériques quand le *run-off* dépasse cette valeur.

Un diagramme (fig. 6) permet de représenter la partie de précipitations qui apparaît comme *run-off* dans les rivières, en tenant compte du caractère topographique des contrées. Dans cette figure, les épais-

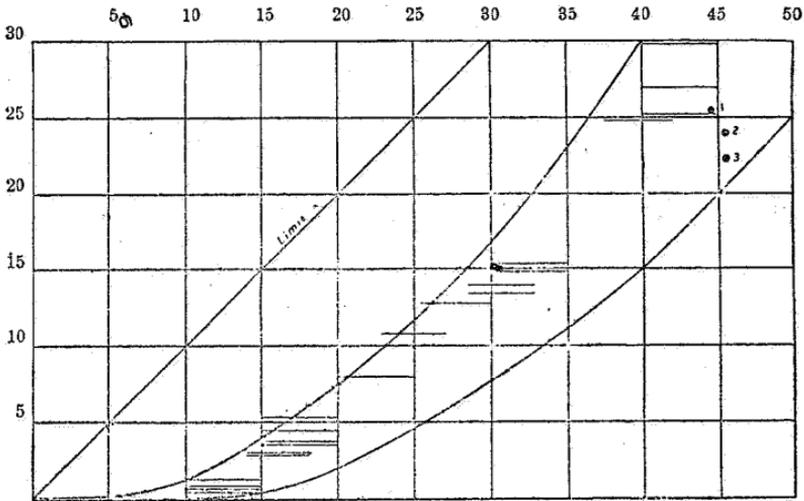


Fig. 6. — Diagramme indiquant la partie des précipitations atmosphériques débitées par les rivières.

seurs de pluies sont portées en abscisses et le *run-off* en ordonnées. Deux courbes ont été dessinées, la supérieure s'appliquant aux régions montagneuses, l'inférieure aux parties de plaines. La courbe supérieure montre que quand la moyenne des pluies s'approche de quarante pouces, le *run-off* est de trente pouces; il n'est que de douze pouces pour des pluies de vingt-cinq pouces et n'atteint que cinq pouces dans le cas où il tombe sur le pays quinze pouces d'eau par an. La courbe inférieure indique que, dans les régions de plaines on peut compter sur vingt-cinq pouces d'épaisseur de *run-off*, quand il tombe cinquante pouces de pluie, huit pouces seulement quand il tombe trente pouces et trois seulement pour des précipitations ne dépassant pas vingt pouces. Ces courbes ne peuvent être considérées comme une représentation exacte des faits; mais elles fournissent des indications générales sur les relations qui existent entre le *run-off* et les précipitations atmosphériques. Quant aux points déterminés avec exactitude, ils se trouvent soit au-dessus, soit en dessous des courbes. Il existe un cas spécial où la règle générale est en défaut. Quand les précipitations sont peu abondantes (douze pouces, par exemple), la pluie ne tombe d'ordinaire qu'à de longs intervalles et avec une grande violence; elle n'a pas le temps de pénétrer dans le sol et le *run-off* devient, dans ce cas, très important.

### Mesure de l'évaporation.

Le service hydrologique porta aussi son attention sur la mesure des quantités d'eau perdues par évaporation. Bien qu'il soit désirable de connaître les pertes par évaporation dans les diverses espèces de terrains, par les sols dénudés ou couverts de végétation de tout genre, il n'a pas paru possible d'entreprendre un tel travail à cause des difficultés pratiques qu'il présentait et des incertitudes qui entouraient ces recherches. L'évaporation par les surfaces d'eau peut, cependant, se mesurer avec un degré suffisant de certitude.

Dans les tentatives faites pour se procurer quelques données sur l'évaporation dans les régions arides des États-Unis, il a paru préférable de ne pas entreprendre des observations trop minutieuses et on a fait, dans les localités où on le trouvait nécessaire, des mesures capables de donner une idée aussi approximative que possible, de la quantité d'eau que les surfaces de canaux et de lacs perdent par évaporation.

La quantité d'eau évaporée par la surface des eaux varie avec la température de celle-ci, la vitesse du vent, et le degré hygrométrique de l'air. Il s'ensuit que la perte par évaporation à la surface des rivières, lacs, canaux et réservoirs, éprouve de grandes variations en différentes localités et pour un même endroit aux différentes saisons.

La méthode adoptée pour mesurer les pertes par évaporation consiste à employer un bac disposé de telle façon que l'eau y contenue soit autant que possible à la même température et exposée aux mêmes influences que le canal ou le lac qu'il est censé représenter. Le bac employé par le service hydrologique (fig. 7) est construit en fer galvanisé; il a trois pieds de côté et dix pouces de profondeur; on l'immerge dans l'eau et on l'empêche de s'y enfoncer au moyen de flotteurs en bois; il flotte autant que possible au gré du vent qui se produit sur la nappe d'eau dont on veut déterminer l'évaporation. On a surtout soin de placer l'appareil dans une position telle que des arbres ou des habitations ne le mettent pas à l'ombre et ne le protègent pas contre l'action des vents. L'échelle employée pour mesurer l'évaporation est en bronze et est suspendue au milieu du bassin. Les graduations sont gravées sur une série de barres inclinées, proportionnées de telle façon qu'une élévation ou un abaissement de niveau d'un dixième de pouce conduit la surface de l'eau à s'élever ou à s'abaisser de trois dixièmes de pouce sur une des barres inclinées. Les divisions sont placées à 0.15 de pouce les unes des autres; elles équivalent donc à 0.05 de pouce pour une élévation ou un abaissement d'une division et on peut ainsi

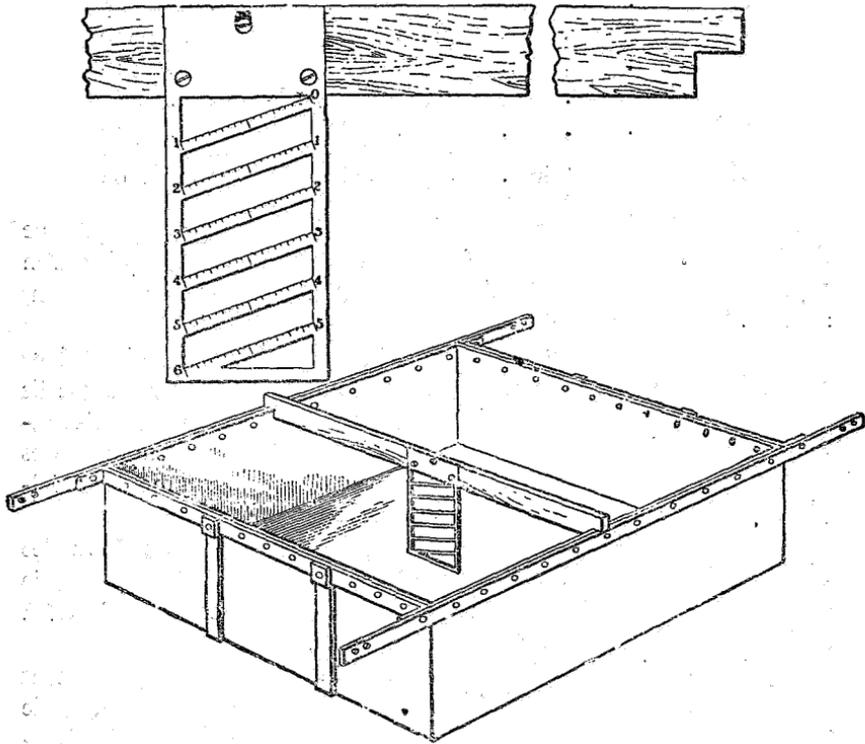


Fig. 7. — Appareil de mesure de l'évaporation à la surface des eaux.

faire les lectures à 0.01 de pouce près. Des résultats intéressants ont été obtenus par une série continue d'observations faites en une dizaine de stations.

Une série continue d'observations faites pendant plusieurs années à Fort Douglass (Utah) et le Fort Bliss (Texas) a donné les résultats suivants :

	Fort Douglass.	Fort Bliss.
Janvier . . . . .	25mm.399	72mm.387
Février . . . . .	38. 098	81. 784
Mars . . . . .	53. 337	142. 742
Avril . . . . .	74. 165	200. 144
Mai . . . . .	109. 977	268. 467
Juin. . . . .	132. 074	299. 708
Juillet . . . . .	183. 634	268. 467

Août . . . . .	195 <sup>mm</sup> .572	261 <sup>mm</sup> .609
Septembre . . . . .	131. 566	233. 670
Octobre . . . . .	73. 657	172. 713
Novembre . . . . .	33. 018	105. 405
Décembre. . . . .	27. 938	74. 927
Evaporation totale . . . . .	<u>1078<sup>mm</sup>.435</u>	<u>2182<sup>mm</sup>. 02</u>

Il résulte du dernier rapport du *Geological Survey* (1892-93) que des jaugeages continus ont été effectués depuis la fin de 1889 jusqu'en 1893, sur une vingtaine de rivières dont les bassins couvrent 250.000 kilomètres carrés.

Les divers rapports du *Geological Survey* donnent, au sujet de leur débit, de nombreux tableaux et des diagrammes fort intéressants ; ils établissent, notamment pour le Potomac, le Connecticut et la Savannah, rivières où les jaugeages ont été effectués depuis de nombreuses années, le rapport entre le débit des cours d'eau et le volume des précipitations atmosphériques tombées sur leur bassin.

De ces calculs il résulte que le débit moyen des cours d'eau des régions arides dépasse rarement un pied cube par seconde et par mille carré de superficie de bassin ; tandis que ce chiffre s'élève de 1,5 à 2 pieds dans les états de l'Est des États-Unis.

Les diagrammes des débits des cours d'eau américains permettent d'étudier très aisément le régime des rivières de ces contrées, étude pour laquelle les rapports du *Geological Survey* résumés ici fournissent des documents très sérieux et très complets.

Le but que nous avons poursuivi en rédigeant cette note a été de signaler de quelle façon on organisait, dans le nouveau monde, le service si important des études hydrologiques des cours d'eau et de permettre aux spécialistes de rechercher, dans les volumineux rapports du service américain, des renseignements pouvant leur rendre de grands services pour les travaux similaires à entreprendre en Europe.

---