

Chapitre IV. Hydrométrie

1. Définition : L'hydrométrie est l'ensemble des techniques de mesures des paramètres qui caractérisent les écoulements dans les cours d'eau naturels ou artificiels. Ces paramètres sont :

-La cote de la surface d'eau libre, H (hauteur) exprimée en mètre obtenue par la mesure limnimétrique.

-Le débit du cours d'eau, Q (débit) exprimée en m^3/s ou en l/s . IL s'agit d'un volume total d'eau qui s'écoule à travers une section droite du cours d'eau pendant une unité du temps. Sa mesure est dite la débimétrie.

2. Mesure des débits : Généralement, il difficile d'avoir une mesure continue ou directe des débits. On procède alors à la mesure de la hauteur du plan d'eau dans le cours d'eau considéré dont elle nécessite une corrélation adéquate entre la hauteur et le débit. On passe d'un enregistrement des valeurs de la hauteur d'eau (station hydrométrique) qui donne une courbe $H=f(t)$ appelée **Limnigramme** à celles des débits $Q=f(t)$ appelée **Hydrogramme** à partir de la courbe de **Tarage** $Q=f(H)$ (Fig.1).

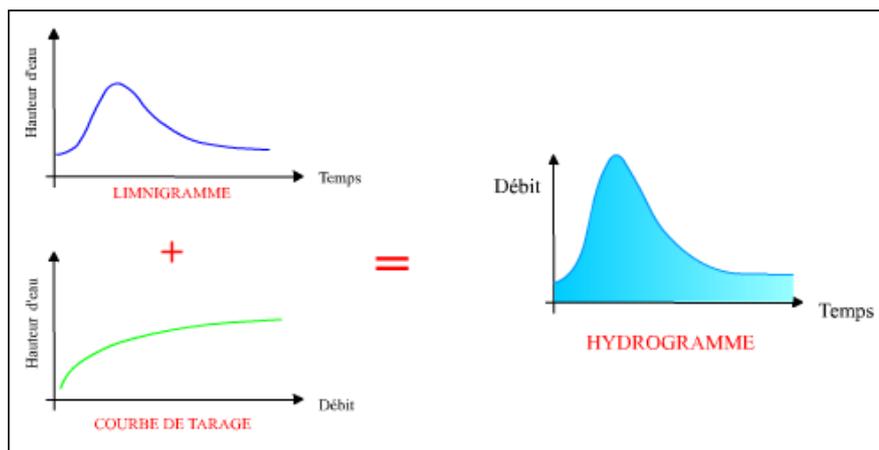


Fig.1 Le passage d'un limnigramme vers un hydrogramme.

NB : La détermination de la courbe de tarage se fait au moyen de campagnes de mesures de débits épisodiques généralement le nombre de points de mesures est de dix (10) minimum répartis entre les basses et les hautes eaux qu'on appelle jaugeage qui est l'ensemble des opérations destinées à mesurer le débit d'une rivière.

2.1. La mesure des hauteurs d'eau (La limnimétrie) (Fig.2) : Elle s'effectue par :

-**Le limnimètre :** Il est constitué par une échelle limnimétrique : c'est une règle ou une tige graduée en métal placée verticalement ou inclinée permettant la lecture directe de la hauteur d'eau, l'échelle est au demi-centimètre.

-**Le limnigraphe à flotteur :** le flotteur est un appareil qui suit les fluctuations au niveau d'eau, qui sont reportées sur un graphe solidaire d'un tambour rotatif (1tour/24hrs ou/seconde ou/minute).

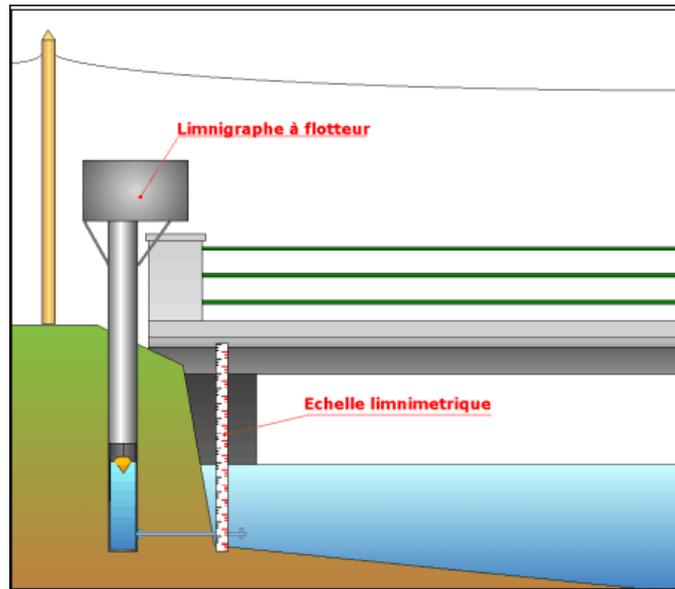


Fig.2 Appareillage de la limnimétrie.

2.2. La mesure des débits : Un jaugeage est une mesure instantanée du débit d'un cours d'eau. Pour mesurer un débit d'écoulement naturel, il existe quatre méthodes :

- Les méthodes volumétriques (jaugeage à capacité) .
- Les méthodes d'exploitation du champ de vitesse (jaugeage au moulinet).
- Les méthodes hydrauliques qui obéissent aux lois de l'hydraulique tient compte (pesanteur, inertie, viscosité).
- Les méthodes physico-chimiques (méthode par dilution chimique).

2.2.1 La méthode capacitive ou volumétrique : La mesure consiste à déterminer le temps t nécessaire pour remplir un récipient dont le volume v est connu, il est utilisé dans le cas des sources et les petits cours d'eau (Fig.3). Le débit sera égal à :

$$Q = \frac{V}{t}$$

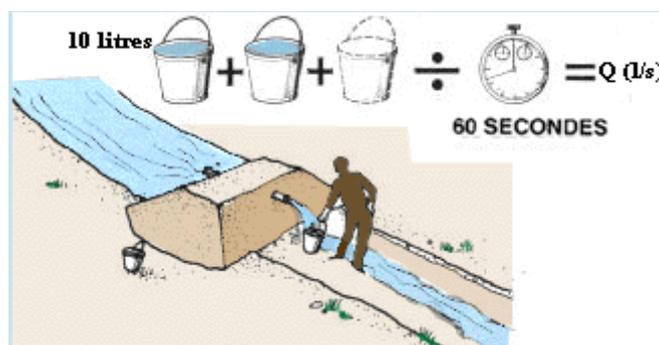


Fig.3 Mesure du débit par la méthode volumétrique.

2.2.2 Jaugeage au moulinet : Appelé aussi jaugeage par exploration du champ des vitesses. Le principe de cette méthode consiste à calculer le débit de l'écoulement à partir de la mesure de la vitesse ponctuelle de l'écoulement en un certain nombre de points situés le long des verticales suivant la profondeur du lit de l'oued (fig.6). Ces verticales seront réparties sur la largeur du cours d'eau. Le débit sera donné par la formule suivante :

$$Q = A \times V$$

Q : Débit, A : Section, V : vitesse du moulinet ou $V = aN + b$, N : nombre des tours du moulinet

a et b sont des constantes données par le constructeur.

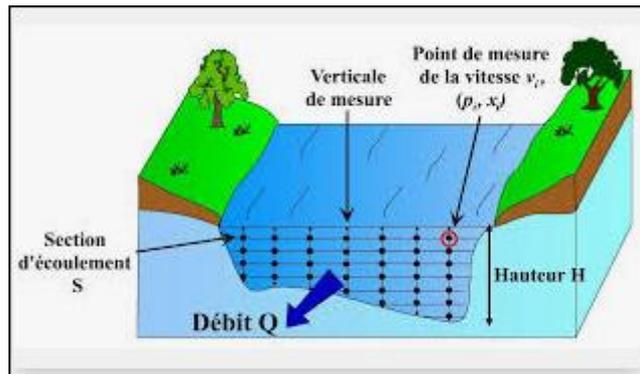


Fig.6 Principe de jaugeage au moulinet.

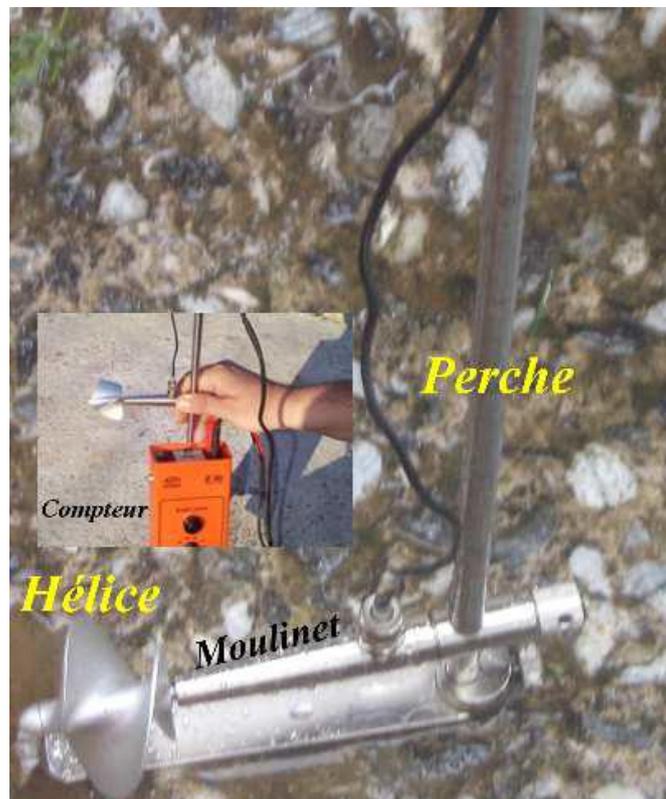


Fig.7 Principaux éléments d'un moulinet hydrométrique.

Hélices (Fig.7) : Les diamètres des hélices vont de 25 à 125 mm. Elles peuvent être en aluminium anodisé, laiton ou en plastique.

Perche : Elle permet de mesurer la profondeur de la section du cours d'eau sélectionnée pour le jaugeage. Il s'agit d'une tige en acier graduée en centimètres ou en décimètres, à son extrémité inférieure on trouve une butée ou semelle empêchant la perche de s'enfoncer dans le lit du cours d'eau.

Moulinets : Ils ont pour objet de transformer la vitesse de rotation de l'hélice en impulsion électrique.

Compteurs : Ils totalisent les impulsions électriques émises par le moulinet.

2.2.3 Jaugeage chimique (méthode par dilution) : s'applique à des torrents ou des rivières à fortes pentes où l'écoulement est turbulent. Le principe général consiste à injecter en amont de la rivière une solution concentrée d'un traceur (sel, colorant,..) et à rechercher dans quelle proportion cette solution a été diluée par la rivière, ceci s'effectue par prélèvement d'eau en aval du point d'injection. L'injection peut être à débit constant ou à injection instantanée.

La méthode par dilution chimique exige :

- Le bon mélange de l'eau entre le point d'injection (I) et le point du prélèvement (P). Cette distance du bon brassage est donnée par la formule suivante :

$$L \approx 0.13 \times C \times B^2 \times \frac{(0.70 \times C + 6)}{g \times y}$$

C : coefficient de rugosité du chenal (tabulé) de Chezy.

B : la largeur moyenne définie par le rapport de la section mouillée à la profondeur moyenne y e est l'accélération de la pesanteur.

Cette formule est applicable si $15 \leq C \leq 58$.

- La concentration à l'aval (P) représente au mieux la concentration moyenne dans toute la section à l'instant considérée.

- Pas de perte entre le point d'injection et le point du prélèvement.

-Caractéristiques du traceur

Il est recommandé d'utiliser le traceur possédant les propriétés suivantes:

- facilement soluble dans l'eau à la température ambiante,
- chimiquement stable en solution,
- inoffensif à la communauté biologique du cours d'eau,
- peu coûteux et facilement détectable par des procédés ou moyens simples,
- non adsorbable par les matières en suspension ou au contact des rives de l'oued,
- absent ou préexistant à faibles concentrations dans l'eau.

- Exemples de traceurs utilisés en hydrologie

Dans la pratique on utilise, selon les conditions citées plus haut, les produits facilement mesurables Suivants:

- *conductimétrie* : Chlorure de sodium (NaCl ou sel de table),
- *colorimétrie*: Bichromate de sodium (Na₂CrO₄),
- *fluorométrie*: Fluorescéine, Rhodamine B, Rhodamine W et autres colorants synthétiques,
- *radiométrie*: Or radioactif (Au198), Sodium radioactif (Na24), autres radio-isotopes.

2.2.3.1 Cas d'injection à débit constant (Fig.8) : le débit est supposé constant le long de la section concernée pendant la durée de la mesure. Le débit est estimé par la relation suivante où le rapport C_1/C_2 représente la dilution :

$$Q = K \frac{C_1}{C_2}$$

Q : débit de cours d'eau (l/s)

C₁ : concentration de la solution injectée dans le cours d'eau (g/l)

C₂ : concentration de la solution restante dans des échantillons prélevés à l'aval du point d'injection (g/l).

K : coefficient caractéristique du procédé et du matériel utilisé.

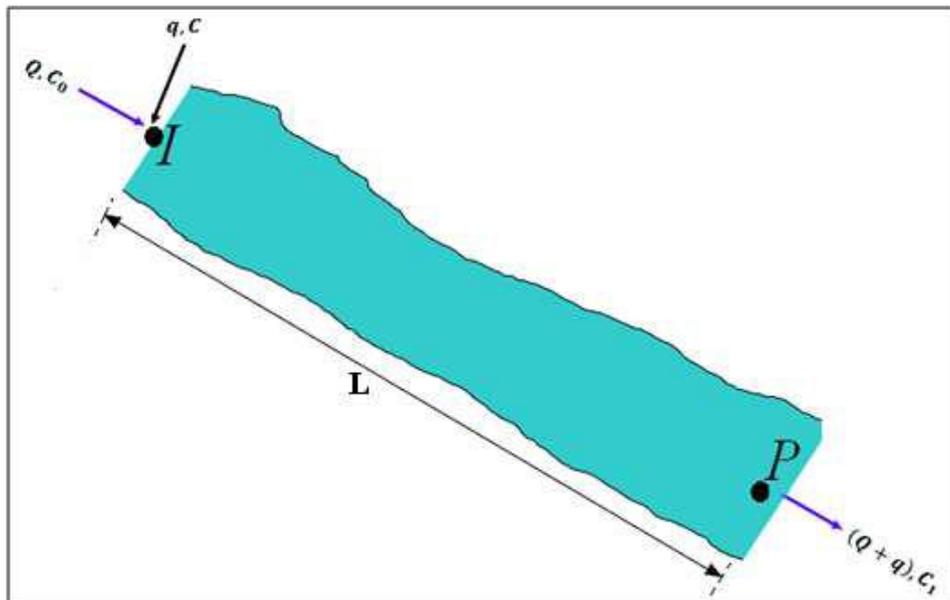


Fig.8 Injection à débit constant.

2.2.3.2 Cas d'injection instantanée (Fig.9) : Elle est la plus utilisée, soit :

C_0 : concentration du traceur injectée.

En aval du point d'injection on prend des échantillons par un intervalle de temps régulier (Δt). Ces prélèvements sont effectués de la section pour obtenir une concentration moyenne qui évolue en fonction du temps et du point de prélèvement et on peut ainsi construire la courbe de restitution du traceur $C(t)$ et de déterminer t_0 et t_1 correspondant au temps avant et après le passage du traceur. Selon le principe de conservation de masse le débit sera calculé par la formule suivante :

$$Q = \frac{VC_0}{\int_{t_0}^{t_1} C(t)dt}$$

Par intégration on estime le débit par l'équation suivante :

$$Q = \frac{VC_0}{\Delta t \Sigma C}$$

VC_0 : La masse initiale.

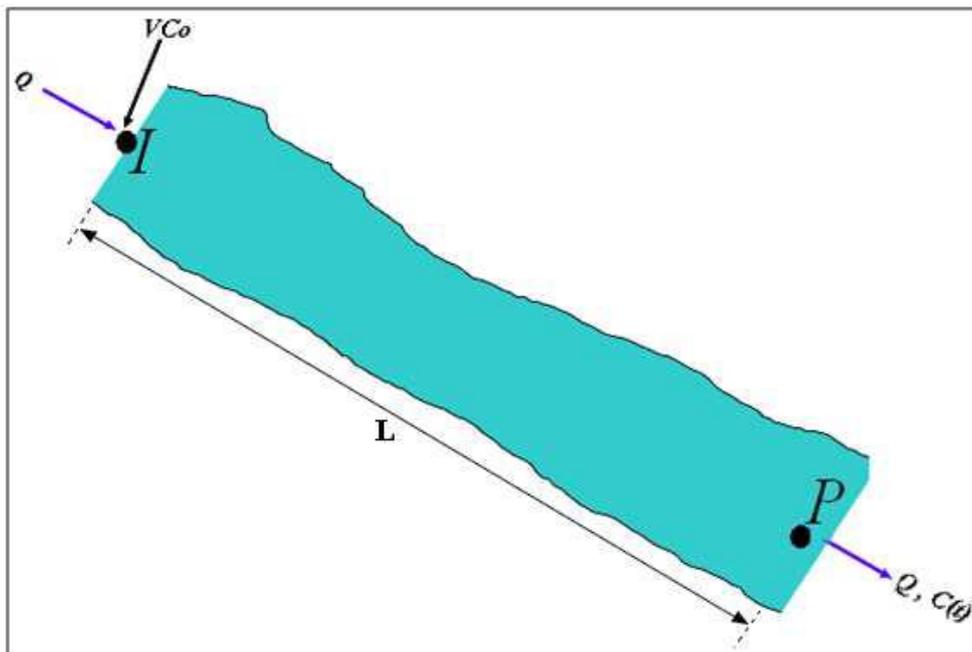


Fig.9 Injection instantanée.