

2000

Connaissance de débit et quantification des ressources en eau: note méthodologique

Khalid OBDA

Faculté des Lettres et des Sciences Humaines sais, Fès, Maroc

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/dirassat>



Part of the [Geography Commons](#)

Recommended Citation

OBDA, Khalid (2000) "Connaissance de débit et quantification des ressources en eau: note méthodologique," *Dirassat*. Vol. 10 , Article 21.

Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/dirassat/vol10/iss10/21>

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Dirassat by an authorized editor. The journal is hosted on [Digital Commons](#), an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aarj.edu.jo, marah@aarj.edu.jo, u.murad@aarj.edu.jo.

Connaissance de débit et quantification des ressources en eau : note méthodologique

*OBDA, Khalid
Laboratoire d'Analyse-Géo-Environnementale,
Faculté des lettres et des Sciences Humaines Saïss,
Fès-Saïss*

Introduction

Une meilleure gestion des ressources en eau nécessite un effort de quantification. Cela signifie le calcul des apports des cours d'eau pour répondre aux besoins humains et assurer la protection de l'environnement et les infrastructures menacées par les formes extrêmes de l'écoulement. Mais le calcul de ces apports exige préalablement plusieurs années de mesure de débit afin de bien cerner les irrégularités des ressources en eau. Ceci est un moyen utile pour déterminer les marges de manœuvre des gestionnaires et des aménageurs. Il faut dire qu'aujourd'hui, cette mesure n'est pas satisfaisante. Malgré tout, le débit d'un cours d'eau, à son exutoire, reste le seul élément mesuré avec précision par rapport à d'autres éléments du bilan hydrologique tels que la lame d'eau précipitée sur le bassin versant, la lame d'eau évaporée et la tranche d'eau stockée ou restituée aux réserves d'eau souterraines.

Cet article vise la présentation méthodologique et technique des mesures des débits en utilisant, plus particulièrement, la perche à intégration. Il montre aussi les limites et les inconvénients de ces techniques.

1. Notion de débit

Pour atteindre cet objectif, la connaissance de débit s'impose. Ceci nécessite des mesures précises qui dépendent des facteurs suivants :

- la nature de la section de mesure,
- la nature de l'écoulement,
- l'expérience de jauger,
- le matériel de mesure,

Par définition, le débit est le volume d'eau écoulé (en m³/s ou en l/s) à une section de la rivière. Il s'obtient par l'équation suivante :

$$Q = V.S$$

Q = Débit en m³/s

V = Vitesse en m/s

S = Section mouillée en m²

Le débit est donc calculé à partir de la vitesse moyenne du courant de tous les points de mesures et la surface de la section mouillée.

En perspective, ce débit (pendant un laps de temps d'une seconde) peut être présenté sous la forme géométrique du trièdre curviligne délimité par la droite AB et les courbes AMB et ANB (fig.1). Cette forme géométrique se traduit par l'équation suivante (Aldeghri, 1979).

$$Q = \int_P v dp \int_L dl$$

Q : débit, P : profondeur, v : vitesse

L : Largeur de la section

dl : élément de la largeur

dp : élément de la profondeur

La première intégrale donne la surface du profil des vitesses sur une verticale. En planimétrant celle ci, on obtient le débit élémentaire (P.U. en m²/s) (fig. 2 et 3).

On procède de la même manière pour toutes les verticales. L'intégration de l'ensemble des débits élémentaires suivant la largeur (la seconde intégrale) donnera le débit total de la rivière à la section de mesure.

2. Mesure de débit

2.1. Préparation de la campagne

La réalisation d'une campagne de jaugeage ou des mesures de débit sur un bassin versant exige préalablement un travail de préparation. Pour obtenir des résultats valables à la problématique posée, il faut faire le choix des sites et du temps.

Le choix des sites relève de l'analyse combinée de documents cartographiques et de la prospection sur le terrain. Ce choix dépend essentiellement de la problématique et de l'objectif de l'étude. S'il s'agit par exemple de spatialiser les données hydrologiques, dans ce cas, il faut établir un réseau de points de mesures denses et suffisant pour permettre la connaissance de débits de tout le réseau hydrographiques et les sources alimentant celui-ci. Donc, il est nécessaire de situer les points de mesures en fonction de ce réseau (à l'amont et à l'aval de chaque confluence des cours d'eau), en fonction des influences naturelles (perte et émergence dans le lit de la rivière) et en fonction des actions anthropiques (les prises d'eau pour l'irrigation, pour l'usage domestique et pour l'industrie).

Le choix du temps : s'il s'agit d'étudier les étiages, il faut que la campagne se déroule durant les périodes où le débit est au minimum possible et quant le régime de la rivière est stabilisé (non influencé par les pluies, la fonte de neige et des intenses irrigations).

A la veille de la campagne, il faut préparer tout le matériel nécessaire à la mesure : perche équipée d'un moulinet, hélices, bottes, décimètre et fiches de jaugeage contenant tous les paramètres utiles à l'accomplissement des mesures de débit.

2.2. Réalisation de la mesure

Nous avons vu que le paramètre essentiel pour le calcul de débit est la vitesse, elle peut être connue par des mesures indirectes telles que les sondes

(utilisées surtout dans les laboratoires) et les mesures directes qui utilisent les flotteurs et les moulinets. Nous insisterons, ici, sur le jaugeage au moulinet qui est le plus utilisé.

2.2.1. Mesure de débit par un moulinet

Les moulinets sont les appareils les plus adaptés et les plus utilisés actuellement dans les jaugeages des cours d'eau. Ils sont équipés d'un rotor dont la vitesse de la rotation est en fonction de la vitesse locale du courant où il se trouve. Il existe deux types de moulinets : le moulinet à axe vertical, appelé aussi le moulinet à coupelle qui est utilisé surtout aux Etats Unis, et le moulinet à axe horizontal ou à hélice, qui est utilisé au Maroc et dans tous les pays d'Europe et d'Afrique. Il comporte : un axe horizontal tournant sur lequel on monte l'hélice qui tourne et fait tourner cet axe d'autant plus vite que la vitesse du courant est plus forte. Cet équipement, relié à un dispositif étalonné, permet le calcul de la vitesse. Ce dispositif est constitué de deux principaux compteurs (liés et synchronisés) à savoir : le compteur de nombre de contacts en fonction du nombre de tours de l'hélice et le chronomètre.

Ces moulinets sont montés sur deux sortes de supports : les perches et les saumons qui sont conçus pour ne pas être dérivés ou emportés facilement par les forts courants, notamment les crues. Leurs poids peuvent varier entre 5 et 200 Kg.

Il y a plusieurs sortes de perches, la plus pratique est la perche à intégration qui permet d'avoir la vitesse moyenne sur toute la verticale. Ce moulinet est coulissé sur la perche graduée par un micromoteur. Il permet des mesures par intégration continue. Tous les constituants de la perche à intégration (micromoteur, batteries, compteurs et chronomètre) sont protégés dans un boîtier (sauf le moulinet qui coulisse sur la perche).

L'hélice est un élément de moulinet. On change celle-ci selon la nature de l'écoulement. Les petits pas sont conçus pour les faibles vitesses et les grands pas sont conçus pour les fortes vitesses car une hélice se caractérise par deux paramètres :

Le pas de l'hélice et son diamètre.

1. Les diamètres courants varient entre 125 et 30 mm et même de quelques mm, les petits diamètres permettent les mesures des faibles profondeurs.

2. Le pas de l'hélice est la distance parcourue par un moulinet déplacé en eau calme lorsque l'hélice a fait exactement un tour.

Pendant la mesure, si l'hélice tourne à une vitesse de rotation d'un tours, la vitesse en m/s de courant d'eau mesuré est approximativement égale à la valeur du pas de l'hélice. Pour une seule hélice il y a toujours deux sortes de pas : le pas nominal qui est donné par le constructeur et le pas réel qui est obtenu après tarage de celle-ci. La différence entre les deux est due aux imperfections de l'usinage. Les pas nominaux courants varient entre 0,05 et 1m.

Le tarage de moulinet :

C'est la définition de la fonction suivante :

$V=f(n)$ où V est la vitesse du courant d'eau n est la vitesse de rotation de l'hélice ou le nombre de tours par seconde.

La tarage se fait par le déplacement du moulinet à une vitesse constante dans un canal assez large et avec de l'eau immobile. Il permet d'obtenir des droites d'équation :

$$V = an+b$$

V : Vitesse du courant en m/s,

a : Le pas réel de l'hélice,

b : Vitesse minimale de l'eau avec laquelle l'hélice commence à tourner, autrement dit valeur de V pour $n = 0$. C'est pourquoi, il est appelé aussi la vitesse de frottements ou de démarrage.

Exemple : Les formules de moulinet de Laboratoire d'Analyse Géo-Environnementale à Fès (L.A.G.E.) selon le certificat de tarage délivré par le constructeur sont de la forme suivante :

$$V = an_1+b_1 \text{ pour } n < n_1$$

$$V = an_2+b_2 \text{ pour } n > n_1$$

Le pas nominal de l'hélice n° 2-65360 est 0,10m

Le pas réel : 0,1070 et 0,1053m

La vitesse de démarrage : 0,009 et 0,017

$n < 4,71$ $v = 0,1070n + 0,009$

$n > 4,71$ $v = 0,1053n + 0,017$

Le pas nominal de l'hélice n° 1-67180 est 0,05m

Le pas réel : 0,0658, 0,0613 et 0,0543

La vitesse de démarrage : 0,010, 0,020 et 0,060

$n < 2,22$ $v = 0,0658n + 0,010$

$n > 2,22$ et 6,15 $v = 0,0613n + 0,020$

$n > 6,15$ $v = 0,0548n + 0,060$

2.2.2. Mesure de débit par un flotteur (Fig. 4)

La mesure des vitesses par des flotteurs peut se faire en surface et en profondeur selon la nature de celui-ci. Nous donnerons un exemple de jaugeage au flotteur naturel de surface réalisé sur l'Oued Guigou ou Moyen Atlas (30/04/97). A cet endroit, il y avait juste un filet d'eau. La rivière était presque sèche à cause des grosses pertes à l'amont. La faible profondeur ne permet pas l'utilisation de moulinet car le diamètre de l'hélice est 5 cm alors que la profondeur moyenne est de l'ordre de 1 cm. Nous avons mesuré les paramètres suivants :

La vitesse en surface par un flotteur qui a donné une vitesse moyenne de 0,5m/s.

La largeur (L) : 0,6m

La profondeur moyenne (P) : 0,01m

La section mouillée (S) :

$$S(m^2) = P \times L = 0,6m \times 0,01m = 0,006m^2$$

$$Q(m^3/s) = 0,006m^2 \times 0,5m/s = 0,003m^3/s = 3(1/s).$$

2.2.3. Mesure de débit par un déversoir

Le jaugeage par un déversoir consiste à obtenir le débit de l'épaisseur de la lame d'eau sur le déversoir. Il existe des déversoirs conventionnels avec des formules qui permettent le calcul des débits directement en mesurant seulement la hauteur et la largeur de déversoir. Le choix de la formule dépend de la nature de déversoir. On peut même étalonner un déversoir par l'établissement d'une relation linéaire entre la hauteur (h) et le débit (Q). Nous donnerons un exemple de mesure de débit sur déversoir situé sur l'Oued Guigou à l'amont de Timahdite (au Fom Khneg). Nous avons mesuré la largeur de déversoir (L) et la hauteur d'eau (h) sur celui-ci. Le débit est donné par la formule suivante :

$$Qm^3/s=0,4Lh \sqrt{2gh}$$

$$g : \text{la pesanteur} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$L = 17\text{m}$$

$$h = 0,15\text{m}$$

$$Q = a \times 17 \times 0,15^2 \times 9,81 \times 0,15 = 1,7498\text{m}^3/\text{s}$$

3. Type de données

3.1. Données sur le site

Elles sont appelées les données de localisation. Elles sont déterminées à partir des cartes et sur le terrain. Un exemple des données de localisation d'un jaugeage sur l'Oued Guigou est ci-joint :

Localisation :

Service : L.A.G.E.

N° du point : GG6

N° du Jaugeage : GG6

Bassin Versant : Guigou

Rivière : Guigou

Code hydrologique : GG6

Point kilométrique :

Surface du bassin Versant	: 266 km ²
Province	: Azrou
Commune	: Timahdite
Site et situation	: Foum khneg 200m amont prise de séguia

COORDOEEES

Nom de la carte	: Azrou 1/100 000
Système LAMBERT	: Nord Maroc
Coordonnée en X (km)	: 531,84
Corrdonnée en Y (km)	: 283.52
Coordonnée en Z (m)	: 1925

Le code GG6 est celui adopté par l'équipe de l'Action Intégrée 1005/95 (Faculté des Lettres Saïs, FES, MAROC et celle de Metz France), depuis le début de ces travaux en 1995.

3.2. Données sur la section

Elles sont des données tirées des observations sur la section de mesure et du lit mineur de ce cours d'eau (type de la section et des berges, nature du fond du lit, végétation aquatique et obstacle eventuels) et la nature de l'écoulement (sa répartition dans la section, type d'écoulement, variation de la hauteur d'eau au moment de la mesure).

Nous donnons les caractéristiques de la section de jaugeage du site précédent comme exemple :

type : section régulière,

type de berge : rive droite abrupte et rive gauche non abrupte,

nature du fond du lit : lit à dépôts mous,

obstacles : végétation aquatique et blocs basaltiques,

répartition de l'écoulement : bien réparti dans la section,

hauteur d'eau moyenne $> 0.10\text{m}$

type d'écoulement : laminaire,

variation de la hauteur d'eau : nulle ou faible

conditions de la mesure : médiocres

3.3 Données de la mesure

Elles comportent :

- Les verticales : sont le nombre des points choisis sur la section. Elles varient selon la largeur de la section et la variation de la vitesse dans celle-ci.

- Les abscisses : donnent la distance (en m ou en cm) des verticales entre les deux rives (gauche et droite).

- La profondeur d'eau (en cm) : est lue quand le moulinet atteint le fond du lit à la verticale choisie.

- Le nombre de tours : est le nombre de rotations de l'hélice durant la montée du moulinet à la surface d'eau. Il varie selon la vitesse du courant.

- Le temps : est le nombre de secondes pour que le moulinet atteigne la surface.

Le tableau suivant donne les données de la mesure au point précédemment signalé lors de la campagne de jaugeage effectuée en mai 1997.

Vert	Abs(m)	Prof. (cm)	Nombre de tours	Temps (sec)
Rive gauche	2.00	0.00		
1	14.50	27	43	21.1
2	14.00	38.5	62	22.8
3	12.70	42.5	76	26.5
4	11.40	52.5	90	30.4
5	10.10	43.5	48	25.0
6	9.10	42.0	57	24.6
7	8.50	33.5	41	19.3
8	7.20	26.5	41	15.5
9	5.90	30.5	46	17.6
10	4.60	33.0	67	19.3
11	3.30	20.0	25	11.8
12	3.00	1.0	18	10.0
13	2.70	18.0	21	10.4
14	2.30	17.0	15	10.0
15	2.25	15.0	0	9.0
Rive droite	14.70	30		

3.4. Résultats

Les résultats sont des données quantitatives tirées des données de mesures. Le débit est la donnée principale de ces résultats. La quantification des ressources en eau se fait à partir de la connaissance des débits et leur variations dans le temps et dans l'espace.

Il y a comme résultats : le rayon hydraulique, le périmètre mouillé, la profondeur moyenne et la largeur du lit à la section. Ces données sont visualisées

sur un graphique afin de mieux contrôler les mesures. Il permet de juger la qualité des résultats obtenus. Le graphique du point GG6 (fig. 2) reflète le gros bloc du basalte près de la rive gauche. Ceci rend les conditions de la mesure médiocre, tandis que le graphique du point GG1 (fig. 3) montre les bonnes conditions de la mesure.

Résultats de jaugeage :

Débit :	: 1,296m ³ /s	Profondeur moyenne :	0,36m
Section mouillée :	4,692m ²	Rayon hydraulique :	0,35m
Vitesse moyenne :	0,28m/s	Périmètre mouillé :	13,20m
Largeur :	12,70m		

Conclusion

La mesure de débit est à la base de la quantification des ressources en eau. La réalisation de cette mesure est une opération délicate qui nécessite, en plus du matériel fiable, beaucoup de soin de la part de l'opérateur (le jaugeur). La production de ses propres données (avec un matériel fiable) ou la connaissance des circonstances de leur production facilitent la critique de ces données, leur compréhension et leur interprétation.

Toutes les techniques et les méthodes de mesure ont leurs limites d'utilisation. La réalisation des mesures des débits par la méthode dite d'intégration est efficace, rapide et précise. Une campagne de jaugeage sur un grand bassin versant (le cas de nombreux points de mesures) nécessite obligatoirement cette méthode pour saisir une situation hydrologique stabilisée de la rivière car la méthode dite point par point est longue et moins précise. La variation du niveau d'eau est probable au moment de la mesure, ce qui détériore la qualité des données. En plus, une campagne de jaugeage qui dure plusieurs jours a moins de chance de saisir une situation hydrologique non influencée.

Les inconvénients de la perche à intégration sont :

- Le coût qui est actuellement de l'ordre de 120 000 DH à 150 000 DH avec ses accessoires (hélices, batteries,, chargeurs de batteries règle).
- La fragilité et la sensibilité de ses composantes électroniques.
- La profondeur d'utilisation est limitée par le diamètre de l'hélice, la règle du moulinet et la taille de jaugeur.
- La vitesses des courants d'eau trop faibles ou trop fortes ne peuvent aussi, être mesurées par cette perche.

Les inconvénients des déversoirs sont :

- Le coût élevé de la réalisation et de l'entretien surtout pour les rivières avec des lits larges.
- Les déversoirs sont fixes ne pouvant pas répondre à certaines problématiques. Il existe des déversoirs portables mais pour des petits débits tels que les débits des sources. L'intérêt du déversoir réside dans le calcul directe du débit à partir de sa formule en mesurant simplement la hauteur d'eau et la largeur du déversoir.

La mesure de débit par des flotteurs donne de bons résultats pour des faibles profondeurs sur des rivières canalisées et aussi pour des gros débits de crues lorsqu'on manque du matériel de mesure conçu pour ces phénomènes extrêmes.

Bibliographie

- ALDEGHERI M. 1979, *Manuel d'Hydrométrie*, Tome II Mesure des Débits à Partir des Vitesses : ORSTOM, Paris, 313 p.
- ANDRE H., AUDINET M., MAZERAN M., et RICHER C., 1976, *Hydrométrie Pratique des Cours d'Eau*, Edition Eyrolles, Paris, 260 p.
- OBDA KH., 1991, *Etude Hydrologique de l'Oued Nekor (Rif)*. Précipitations, Ecoulement et Gestion des Ressources en Eau. Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy II, 343, p. 114 annexes.
- REMENIERAS G., 1980, *L'Hydrologie de l'Ingénieur*, Edition Eyrolles, Paris, 456 p.
- ROCHE M., 1963, *Hydrologie de Surface*, ORSTOM-Gauthier-Villars, Paris, 430 p.
- SARY M. et FRANOIS D., 1994, *Etude Méthodologique des Débits d'Etage*. Agence de l'Eau Rhinmeuse, 19 p. + 10 annexes.
- TROSKOLANSKI A.T., 1962, *Théorie et Pratique des Mesures Hydrauliques*, Dunod-Paris.
- ZUMSTEINJ-F., 1976, *Contribution à l'Elaboration des Cartes d'Etiage Mensuels des Bassins de la Meuse et de la Moselle de 1969 à 1973*. Houille Blanche, n° 6.