DONNÉE HYDROMÉTRIQUE D'ÉTIAGE

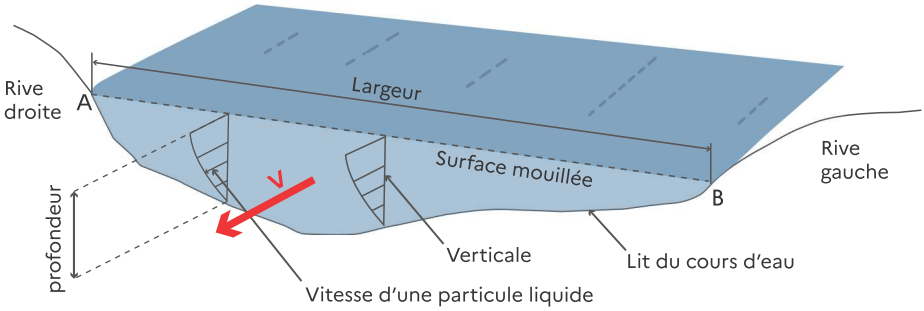
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

VIGICRUES

HydroPortail

COMMENT CONNAÎTRE LE DÉBIT...

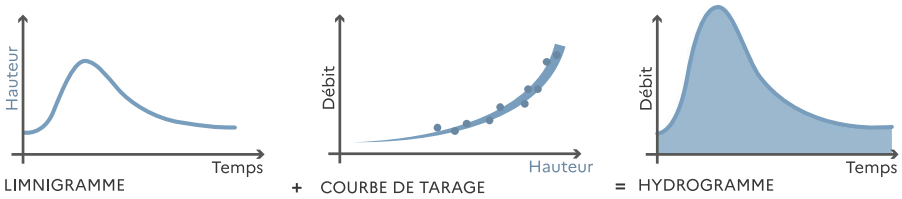
LA MESURE EN CONTINU



DÉBIT (m^3/s) = VITESSE MOYENNE (m/s) * SURFACE MOUILLÉE (m^2)

En pratique, la **mesure directe des débits en continu est rarement possible** ou très coûteuse (mesure en continu des vitesses et de la section mouillée). Le problème est contourné en **mesurant une hauteur** (H) que l'on **convertit en débit** (Q). Ces mesures sont réalisées sur des points fixes le long des cours d'eau appelés, stations hydrométriques.

Station sur l'Indrois à Genillé - DREAL CVL



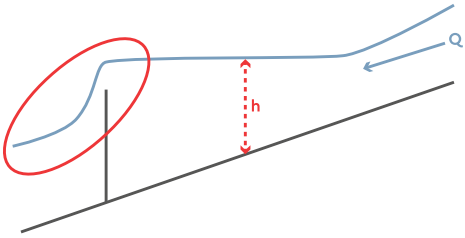
LIMNIGRAMME + COURBE DE TARAGE = HYDROGRAMME

Les hauteurs sont converties en débit au moyen d'une courbe de conversion traduisant la relation entre hauteur et débit et appelée **Courbe de Tarage**[1]. Mais c'est au prix d'une hypothèse forte (et pas toujours vérifiée): pour une même hauteur, les mêmes vitesses sont observées, et donc le même débit.

La courbe de tarage se construit expérimentalement en réalisant des mesures ponctuelles de débits, appelées jaugeages[2].

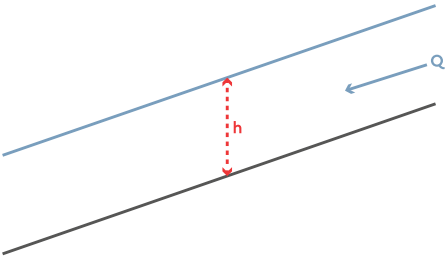
NOTION DE CONTRÔLE HYDRAULIQUE[3]

La relation hauteur – débit dépend de l'environnement aval de la mesure de hauteur, et du « contrôle hydraulique » qui peut être de 2 types.



1. CONTRÔLE HYDRAULIQUE PONCTUEL

La hauteur à l'échelle est sous l'influence d'une chute créée par un obstacle. Elle dépend de la géométrie de l'obstacle. Seules les évolutions d'environnement sur l'obstacle (la chute) ont une influence sur la courbe de tarage



2. CONTRÔLE HYDRAULIQUE TRONÇON

La hauteur à l'échelle n'est pas sous l'influence d'une chute, elle **dépend de la géométrie et de la rugosité[4] d'un linéaire du cours d'eau**. La longueur d'influence dépend de la pente du cours d'eau, et peut atteindre plusieurs kilomètres pour des cours d'eau très plats.

Si le contrôle hydraulique change, la relation H/Q change. C'est ce qu'on appelle un détarage[5].

LA MESURE DES HAUTEURS

L'élément de référence qui **mesure la hauteur d'eau** sur une station hydrométrique est l'**échelle limnimétrique**. Cet élément constitue à lui seul la station. Le capteur électronique associé n'est qu'un lecteur d'échelle parmi d'autres. Il permet seulement l'automatisation de la lecture.

Échelle limnimétrique

Capteur électronique

POUR CONNAÎTRE LE DÉBIT D'UN COURS D'EAU ON **MESURE LA HAUTEUR D'EAU QU'ON CONVERTIT EN DÉBIT** VIA UNE COURBE DE TARAGE. CETTE COURBE DE TARAGE EST CONSTRUITE GRÂCE À DES JAUGEAGES.

ET MAÎTRISER SES INCERTITUDES...

En hydrométrie il est important de différencier la donnée fournie en temps différé de celle fournie en temps réel. La donnée fournie en temps différé comporte un certain nombre de traitements visant à réduire les erreurs et l'incertitude sur les débits. Ces traitements permettent de confirmer la donnée brute ou en assurent une correction. Or, ces traitements prennent quelques jours à quelques semaines. Ces délais sont généralement incompatibles avec le temps de décision nécessaire à la gestion de crise sécheresse. En gestion sécheresse, les autorités peuvent être amenées à utiliser la donnée en temps réel fournie par les mesures brutes. Elle peut être entachée d'erreurs et d'incertitudes importantes. Tout l'art de l'hydrométrie d'étiage consiste à trouver, quand ils existent, des sites d'implantation de station réduisant le plus possible ces erreurs et incertitudes de mesures.

Il existe deux types d'incertitude :

- Les incertitudes intrinsèques à la mesure
- Les incertitudes liées au site de mesure

LES INCERTITUDES INTRINSÈQUES À LA MESURE

La mesure de hauteur

Comme tout appareil de mesure, quelle que soit sa sophistication, le capteur électronique est imparfait :

- il a une incertitude de mesure, souvent de l'ordre du centimètre ;
- il peut dériver[6] dans le temps (erreur).

L'écart entre les capteurs et l'échelle limnimétrique (graduée en cm) est vérifié à chaque passage sur la station : en cas d'écart significatif, les capteurs sont recalés. La mise en place de plusieurs capteurs conforte la mesure.

Jaugeage à l'aDcp (acoustic Doppler current profiler) sur planche

Jaugeage point par point à la perche
(moulinet, courantomètre acoustique ou électromagnétique)

Les jaugeages et la courbe de tarage

Le principe d'un jaugeage est de mesurer les vitesses d'écoulement en différents points et de les moyenner sur la section.

Pour les faibles débits, deux techniques principales (ci-contre) sont utilisées :

- Jaugeage à l'aDcp sur planche
- Jaugeage point par point à la perche

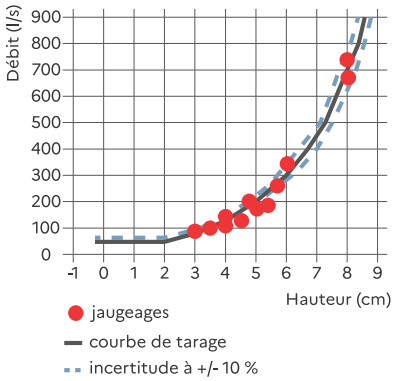
Lorsqu'ils sont réalisés dans les bonnes conditions de mesure les jaugeages comportent donc une incertitude pouvant aller de 5 à 10 % selon la technique de jaugeage utilisée (cf. tableau).

Cependant, plus les hauteurs d'eau et les vitesses sont faibles (plus le débit est faible) plus la précision de leur mesure est faible et plus les incertitudes sont grandes (jusqu'à plus que 20%).

Les jaugeages sont réalisés sur les sections les plus adaptées aux basses eaux. L'incertitude est estimée pour chaque jaugeage.

	Moulinet	Courantomètre acoustique	Courantomètre électromagnétique	Profileur acoustique (aDcp)	Radar de surface	Dilution
Incertitude relative	7 à 15 %			5 à 10 %	15 à 20 %	3 à 10 %
	Dans des conditions bien adaptées : 5 à 10 %			Dans des conditions bien adaptées : 5 %		Dans des conditions bien adaptées : 3 à 5 %

Charte qualité de l'hydrométrie - Guide de bonnes pratiques, 2017



La courbe de tarage est construite à partir des jaugeages. À cause des incertitudes citées ci-avant, il est admis qu'une **courbe de tarage donne les débits avec une incertitude minimale de plus ou moins 10 %.**

Dans le cas de jaugeages très dispersés ou très incertains l'incertitude sur la courbe de tarage peut être plus importante.

LES INCERTITUDES LIÉES AU SITE DE MESURE

La sensibilité[7] de la station

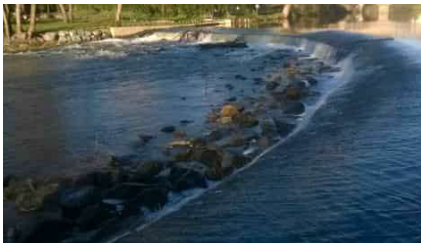
Pour être mesurable, il faut que la variation de débit que l'on souhaite caractériser soit associée à une variation suffisante de hauteur.

Concrètement, plus la surface mouillée est compacte (étroite), meilleure est la sensibilité de la relation hauteur/débit.

La sensibilité d'une station doit influer sur son utilisation et doit être prise en compte dans la détermination des seuils réglementaires / de gestion des étiages.

Une contraction des écoulements en aval de la station (seuil, engraissement rivulaire…) peut améliorer la sensibilité.

Concentration de l'écoulement sur une petite largeur en basses eaux : bonne sensibilité



Étalement de l'écoulement sur une très grande largeur en basses eaux : mauvaise sensibilité

La stabilité dans le temps de la station

Dépôt alluvionnaire en bord de berge lors d'une crue estivale (2021)

Problèmes liés à l'évolution naturelle du lit

Le lit mineur des rivières évolue naturellement au gré de la survenue des évènements « morphogènes[8] » que sont les crues.

D'un été à l'autre la courbe de tarage peut ainsi s'en trouver modifiée notamment dans sa partie basses eaux (cela peut aussi arriver en cours d'étiage si de fortes crues estivales surviennent).

À l'amorce de la baisse des débits au printemps, seuls les jaugeages permettent de vérifier que la relation de l'année précédente est toujours valable.

Plus les hauteurs (et les débits) sont faibles, plus l'influence des petites variations du contrôle hydraulique se fait sentir. En cas de détarage, on avance à vue au cours de la saison d'étiage en établissant une nouvelle courbe de tarage, ce qui nécessite des jaugeages réguliers.

Un ouvrage (seuil, radier) permet de fixer la relation H/Q et une géométrie étudiée améliore les conditions de mesure.

Problèmes liés à la végétation

En cas de développement de végétation aquatique, on observe des hauteurs plus importantes pour un même débit (rugosité augmentée, section d'écoulement réduite).

Cette influence est variable dans le temps (typiquement phases de croissance puis de déclin de la végétation) et peut dépendre également du débit (herbes plus ou moins couchées).

Il faut alors jauger très régulièrement pour caractériser cette influence et établir des corrections de hauteurs sur la relation de H/Q de la courbe de tarage (CorTH).

Cette correction permet de calculer le débit à partir d'une hauteur d'eau reconstituée, qui aurait été observée si la végétation n'avait pas été présente.

Ci-contre, la végétation entre le seuil et la mesure de hauteur a contraint le gestionnaire à installer une échelle et un capteur spécifique à la mesure d'étiage, en plus de la gestion par CorTH

Problèmes liés aux constructions inopinées

De petits barrages qui modifient le contrôle hydraulique sont parfois construits par des personnes (baigneurs, promeneurs) ou des animaux (castors)

L'ENSEMBLE CUMULÉ DE CES DIFFÉRENTS PHÉNOMÈNES PEUT RENDRE **LA DONNÉE DE DÉBIT TRÈS INCERTAINE EN TEMPS RÉEL À L'ÉTIAGE.**

LA CONFIGURATION ET L'ENVIRONNEMENT D'UNE STATION DOIVENT ÊTRE PRIS EN COMPTE POUR LA CHOISIR, OU NON, COMME STATION DE SUIVI RÉGLEMENTAIRE DE L'ÉTIAGE.

...POUR BIEN UTILISER LA DONNÉE EN ÉTIAGE

Un débit « calculé » en temps réel est une prédiction, croisement d'une hauteur observée – non encore vérifiée – avec une courbe de tarage établie précédemment, supposée encore valable.

Les unités hydrométries (UH) des DREAL minimisent les erreurs et les incertitudes en choisissant : des stations à contrôles hydrauliques stables et suffisamment sensibles, en équipant les stations de plusieurs capteurs de hauteurs, en multipliant les jaugeages, en actualisant dès que possible les courbes de tarage et de correction.

Des vérifications sur les données sont également faites régulièrement. Le statut (brut, corrigé, pré-validé) de la donnée publiée indique le niveau de vérification que l'UH a déployé.

Ces opérations de vérification (terrain ou bureau) peuvent amener les UH à réviser une donnée de débit précédemment publiée : c'est le rôle de l'UH que de fournir la meilleure donnée disponible à un moment donné.

Un utilisateur averti doit vérifier le contexte des données qu'il utilise : fiabilité de la station, délai depuis le dernier jaugeage ou dernier contrôle de la hauteur à l'échelle, statut ou niveau de contrôle.

Les données doivent être utilisées par chacun avec le niveau de fiabilité adapté à son usage.

LEXIQUE

1. Courbe de tarage : courbe qui traduit graphiquement et mathématiquement la relation entre hauteur d'eau et débit du cours d'eau, en une section donnée du cours d'eau.

2. Jaugeage : mesure ponctuelle du débit ; un jaugeage peut être effectué au niveau de l'échelle limnimétrique de la station, ou dans une section à proximité.

3. Contrôle hydraulique : désigne l'influence mécanique (hydraulique) de certains paramètres physiques d'un cours d'eau ou des ouvrages construits dans son lit sur la relation hauteur/débit de ce cours d'eau. Par extension, désigne ces paramètres ou ouvrages.

4. Rugosité : état de surface du lit du cours d'eau, une rugosité faible (béton lisse) implique une vitesse importante, donc un débit plus fort qu'une rugosité élevée (graviers, végétation).

5. Détarage : changement de la relation hauteur/débit, donc de la courbe de tarage, constaté visuellement sur le terrain (végétation, changement du lit) ou par un jaugeage.

6. Dérive d'un capteur : variation indésirable, lente et continue, de la mesure d'une grandeur physique.

7. Sensibilité : la sensibilité se traduit à travers la variation relative du débit pour une variation de 1 cm de hauteur. Une bonne (mauvaise) sensibilité = faible (forte) variation de débit pour 1 cm.

8. Crue morphogène : se dit d'une crue qui fait évoluer fortement la forme du lit du cours d'eau.

POUR PLUS D'INFORMATIONS

Service Central Vigicrues

Unités d'Hydrométrie de chaque
Direction Régionale de l'Environnement,
de l'Aménagement et du Logement

schapi@developpement-durable.gouv.fr

HydroPortail

hydro.eaufrance.fr

Guide circulaire de mise en œuvre
des mesures de restriction des usages
de l'eau en période de sécheresse

mtect.fr/687

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

VIGICRUES

HydroPortail