



Comprendre les débits

Débits moyens, débit minimum, débit réservé...



Rédaction : Cécile Bellot

*Relecture : Christine Etchegoyhen, Déborah Lepoutre,
Claire-Emmanuelle Mercier, Sophie Lamachère,
Aurélié Dousset, Julien Neveu, Luc Bazerque*

OCTOBRE 2023

Préambule

Le calcul du débit réservé est un point particulièrement important d'un dossier administratif de création ou d'aménagement d'une centrale hydroélectrique. Pour fixer sa valeur, un équilibre doit être trouvé entre tous les usages, notamment la protection de la biodiversité du cours d'eau tout en permettant la production d'hydroélectricité.

Ce guide définit et explique les différentes valeurs de débits pouvant être utilisées dans les dossiers de projets hydroélectriques : débit minimal, débit plancher, débit minimum biologique (DMB), débit minimum réservé, QMNA5, etc.

Table des matières

Préambule	2
Introduction : qu'est-ce que le débit d'un cours d'eau ?	3
I. Des débits moyens pour caractériser le fonctionnement hydrologique d'un cours d'eau	3
II. L'influence des centrales hydroélectriques sur les débits du cours d'eau	5
A. Les différentes échelles d'influence des différents types de centrales	5
B. Focus sur les centrales hydroélectriques en dérivation et le débit minimal	5
III. Un débit minimal pour maintenir la vie dans le tronçon influencé	6
IV. La caractérisation des faibles débits en périodes d'étiage	8
A. L'étiage	8
B. Le QMNA5	8
C. Débits d'étiage et les barrages « réservoirs »	9
Conclusions : les différentes valeurs de débits	10

LES DÉBITS

Cette note fait partie d'une série de publications sur les débits

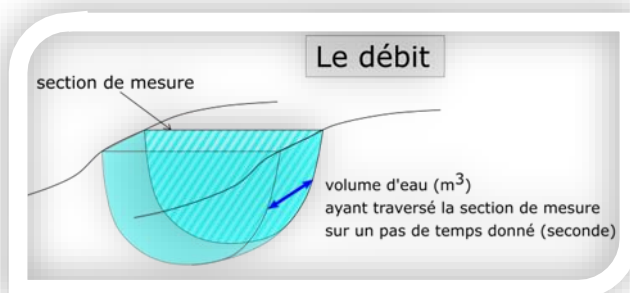
- > Comprendre les débits : Débits moyens, débit minimum, débit réservé... | Octobre 2023
- > La relation entre les débits & la production hydroélectrique | Octobre 2023
- > L'utilisation du QMNA5 et la fixation du débit réservé | Octobre 2023
- > Les débits : réglementation, retours d'expérience et échanges | Juin 2022

A consulter sur www.france-hydro-electricite.fr

Introduction : qu'est-ce que le débit d'un cours d'eau ?

Le débit d'un cours d'eau est le **volume d'eau qui traverse une section donnée du cours d'eau dans un laps de temps déterminé** ; il est exprimé en mètres cube par seconde (m^3/s). Le débit est mesuré en un point précis du cours d'eau. Il dépend des caractéristiques physiques du cours d'eau (sa pente, sa largeur, sa profondeur, etc.) et de la surface du bassin versant qui l'alimente, mais surtout des précipitations,

des échanges avec la nappe d'eau souterraine et éventuellement de la fonte des neiges. Si le débit fluctue naturellement au cours d'une année (source : eaufrance¹), il est également influencé par les prélèvements d'eau des activités humaines (eau potable, agriculture...).



Un réseau de stations de mesure des débits a été mis en place sur les cours d'eau français². Mais ces stations de mesure sont rarement situées au niveau des centrales hydroélectriques. Pour connaître le débit sur un site donné, il faut alors corriger les données d'une station située à proximité (pour prendre en compte la différence de surface de bassin versant). Et s'il y a des perturbations anthropiques des débits, il faut reconstituer les débits « naturels » du cours d'eau, en déduisant les impacts anthropiques.

Pour caractériser le débit d'un cours d'eau et ses fluctuations sur un site, plusieurs valeurs caractéristiques peuvent être calculées : le module, le débit minimal, le DMB, les QMNA5...

I. Des débits moyens pour caractériser le fonctionnement hydrologique d'un cours d'eau

Lorsque l'on mesure le débit dans un cours d'eau, on obtient une valeur de débit à **l'instant de la mesure**, c'est un **débit instantané**.

Pour comprendre le fonctionnement hydrologique des cours d'eau, des valeurs moyennes de débit sont calculées, de façon statistique, majoritairement à partir de mesures de débits instantanés effectuées par des sondes automatisées installées en cours d'eau :

- le **débit (moyen) journalier** : la moyenne des débits instantanés mesurés sur une journée (à des pas de temps à la minute ou à l'heure).
- le **débit (moyen) mensuel** : la moyenne des débits sur un mois du calendrier.

¹ <https://www.eaufrance.fr/le-niveau-deau-et-le-debit-des-rivieres#:~:text=Le%20d%C3%A9bit%20est%20le%20volume,de%20la%20fonte%20des%20neiges.>

² Les données sont accessibles sur l'HydroPortail : <https://www.hydro.eaufrance.fr/>. Il faut bien faire attention à la fiabilité des données référencées et prendre en compte uniquement les données fiabilisées.

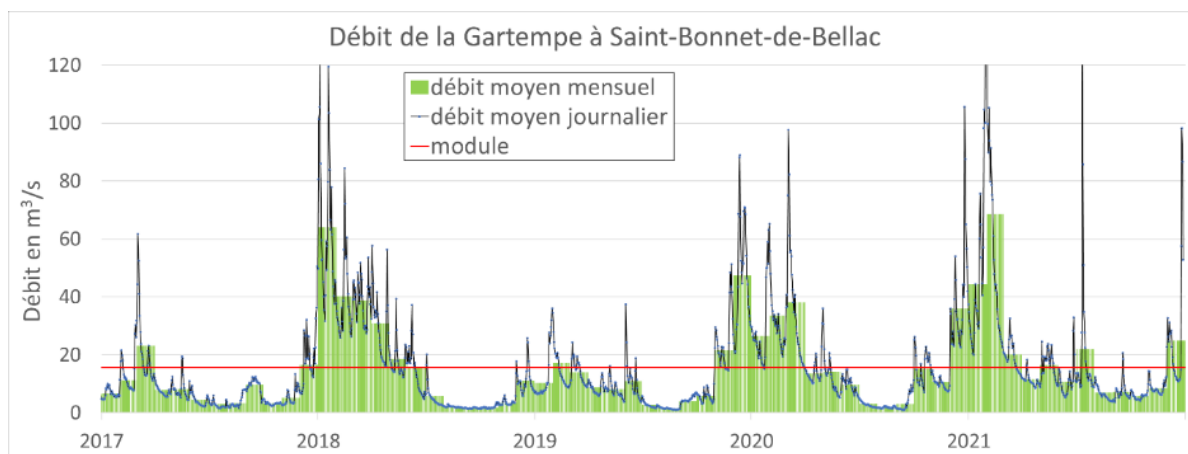


Figure 1 : Les débits de la Gartempe à Saint-Bonnet-de-Bellac de 2017 à 2022, débits mensuels et module

- le **débit (moyen) annuel** : la moyenne annuelle des débits. Il est calculé en additionnant tous les débits journaliers d'une année et en divisant par le nombre de jours dans l'année, on obtient le débit moyen annuel de l'année donnée.
- le **débit (moyen) interannuel ou le module** : la moyenne des débits annuels calculée sur une période minimale de 5 ans. **Cette moyenne interannuelle du débit du cours d'eau est appelée le module du cours d'eau.** A noter qu'il doit être calculé à partir des écoulements naturels du cours d'eau, en supprimant tous les impacts des activités humaines. **C'est la principale valeur de référence utilisée pour caractériser les écoulements moyens d'un cours d'eau** (il est défini dans l'article L214-18 du code de l'environnement).

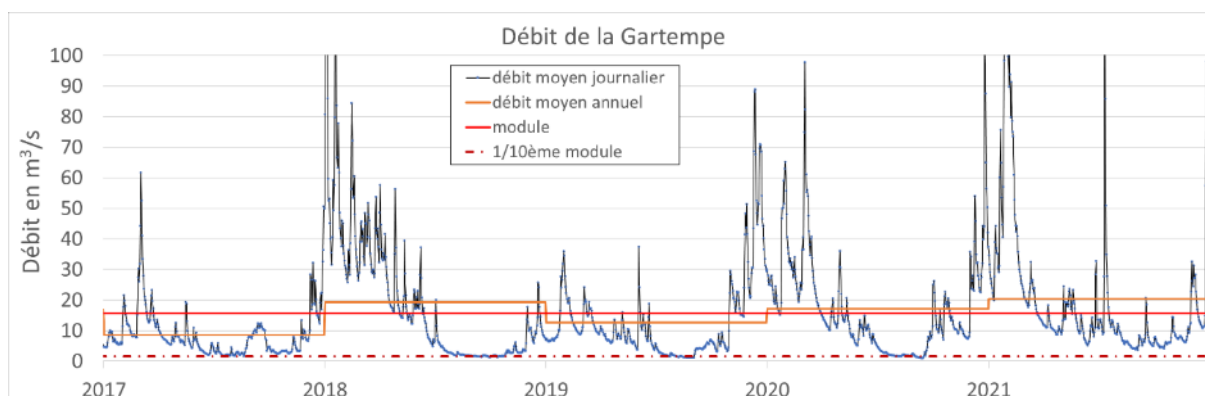


Figure 2 : Les débits de la Gartempe à Saint-Bonnet-de-Bellac de 2017 à 2022, débits moyens annuels et 10^{ème} du module

Ces moyennes sont utiles pour analyser le fonctionnement hydrologique d'un cours d'eau. Mais il ne faut pas perdre de vue que cela « lisse » les données et **ne traduit pas toute la variabilité des débits** d'un cours d'eau en « dissimulant » les valeurs les plus extrêmes des débits instantanés qui peuvent être ponctuellement atteintes en crue ou à l'étiage. Ce sont des **statistiques hydrologiques** : elles sont calculées grâce à des formules mathématiques à partir d'une chronique de débits (un ensemble de mesures de débits sur plusieurs années). Elles évolueront selon les années prises en compte dans le calcul.

Toutes ces valeurs sont valables en un point du cours d'eau, là où les mesures sont effectuées.

II. L'influence des centrales hydroélectriques sur les débits du cours d'eau

A. Les différentes échelles d'influence des différents types de centrales

Rappelons en premier lieu que les **centrales hydroélectriques ne consomment pas l'eau** : elles la dévient (ou la retiennent temporairement) et la restituent toujours intégralement dans le cours d'eau.

Il existe différentes sortes de centrales hydroélectriques, avec ou sans réservoir, qui influencent donc différemment les débits des cours d'eau sur lesquels elles sont implantées (voir Figure 3).

Les **centrales hydroélectriques au fil de l'eau** localisées sur le barrage n'ont aucune influence sur les débits dans le cours d'eau.

Les **centrales hydroélectriques en dérivation ou de haute chute** n'influencent le débit **que sur la longueur du tronçon influencé**, entre le barrage de prise d'eau et la restitution de la centrale (voir Figure 4 ci-dessous). Ces types de centrales n'influencent donc que très localement les débits du cours d'eau.

Seuls les **grands barrages « réservoirs »** peuvent influencer les débits sur tout l'aval du cours d'eau via leur capacité de stockage : ils peuvent réduire l'impact d'une crue (en stockant de l'eau) ou aider au soutien d'étiage (en déstockant de l'eau). Via ce stockage, ces sites peuvent induire un délai dans la restitution de l'eau, mais in fine, toute l'eau retourne dans le cours d'eau après avoir été turbinée. Certains grands barrages fonctionnent par écluse : ils déstockent pour quelques heures des volumes d'eau importants, souvent pour répondre aux besoins du réseau électrique. Ce fonctionnement doit être bien encadré pour limiter l'impact sur les espèces vivant dans le cours d'eau.

B. Focus sur les centrales hydroélectriques en dérivation et le débit minimal

Pour les centrales hydroélectriques en dérivation, une partie de l'eau du cours d'eau est déviée à l'aide d'un barrage vers un canal amenant l'eau à la centrale. L'eau est ensuite entièrement restituée au cours d'eau par un canal de restitution (voir Figure 4). Cette dérivation permet d'augmenter la hauteur de chute à la centrale et ainsi améliorer la production d'hydroélectricité.

La partie du cours d'eau entre le barrage et la restitution est alors « privée » de l'eau déviée, c'est ce que l'on appelle le **tronçon influencé** (ou court-circuité). Selon les installations, le tronçon influencé peut être inexistant (centrale sur le barrage) ou sa longueur peut varier de quelques mètres à plusieurs kilomètres (centrale de haute montagne). La **légalisation impose** de maintenir dans ce tronçon influencé la circulation d'un minimum d'eau appelé le **débit minimal** (voir partie III).

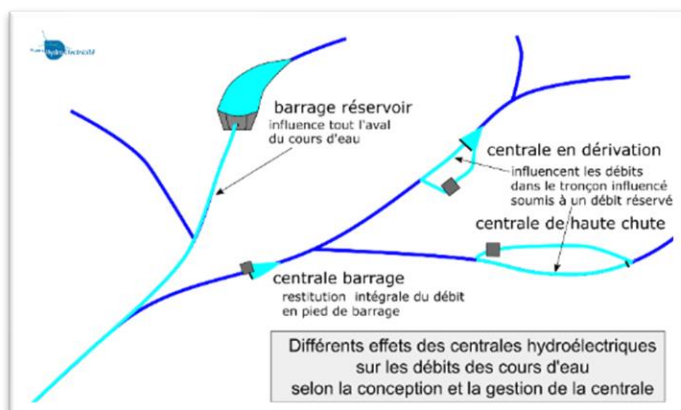


Figure 3 : différents effets des centrales hydroélectriques sur les débits des cours d'eau selon la conception et la gestion de la centrale

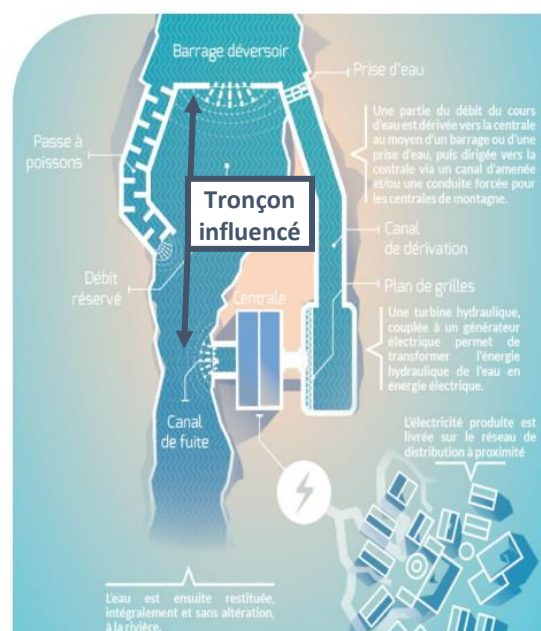


Figure 4 : le tronçon influencé d'une centrale hydroélectrique en dérivation

III. Un débit minimal pour maintenir la vie dans le tronçon influencé

Un **débit minimal** (voir le focus) doit transiter en permanence dans le tronçon influencé des centrales hydroélectriques, pour y maintenir la vie et les usages du cours d'eau (pompage, sports d'eau vive, etc.). **C'est la valeur du débit minimal, proposée après une étude adéquat réalisée par le producteur d'hydroélectricité, qui sert de base à l'administration pour fixer la valeur du débit réservé.**

Focus : Le débit minimal dans la législation et la réglementation

L'article L. 214-18 du code de l'environnement impose à tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours d'eau (seuils et barrages) de « *maintenir en tout temps, dans le cours d'eau au droit ou à l'aval immédiat de l'ouvrage, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage.* »

Le débit minimal est donc un **débit instantané à maintenir en permanence** au pied de l'ouvrage, pour permettre à la biodiversité présente dans le tronçon influencé de s'y maintenir. A noter que l'article L. 214-18 ne parle ni de « **débit minimum biologique (DMB)** », ni de « **débit réservé** ».

Une précision est apportée par l'arrêté ministériel du 11/09/2015 dit "APTG 3110" (article 12). Il précise que le « débit minimal » à maintenir à l'aval d'un barrage comprend le **DMB** (article L. 214-18) ainsi que « *le cas échéant, le débit nécessaire à garantir les droits d'usage de l'eau existants et la protection des intérêts de la gestion équilibrée et durable de l'eau énumérés à l'article L211-1 présentant un enjeu dans le tronçon concerné* ».

Donc le débit minimal prend en compte le(s) DMB mais également les autres usages.

Une circulaire (du 5 juillet 2011) vient préciser la méthodologie permettant de fixer la valeur du débit minimal et du débit réservé, schématisé à la Figure 5 :

- Le **débit plancher** correspond au 1/10^{ème}* du module du cours d'eau. C'est la valeur minimale à laisser dans un tronçon influencé (*ou au 1/20^{ème} sur les cours d'eau de module supérieur à 80 m³/s ou d'importance nationale cités à l'article R214-111-3 code env.).
- Le **débit minimum biologique (DMB)** est le débit « *minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage* ». Le débit minimum biologique est calculé en fonction des espèces vivant dans le cours d'eau. Si plusieurs espèces doivent être considérées alors plusieurs DMB peuvent être calculés et c'est une valeur globale qu'il faudra prendre en compte. Si cette définition du DMB semble identique à celle du débit minimal, il est clair que la détermination du DMB est uniquement ciblée sur la biologie et ne prend pas en compte les usages, contrairement au débit minimal (cf. APTG).
- Le **débit réservé** correspond à la valeur du débit **instantané** qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter **en permanence** à son aval immédiat (sauf lors d'étiages sévères où le débit arrivant sur le site est inférieur au débit réservé). Cette valeur est fixée par le titre administratif de l'ouvrage (règlement d'eau ou cahier des charges) et **doit correspondre à la plus forte valeur entre le débit minimum biologique (+ les autres usages) et le débit plancher** (annexe 1 page 3 de la circulaire). A noter que le débit réservé fixé par l'administration dans le titre administratif d'un ouvrage peut être différent (souvent supérieur) au débit minimal calculé et proposé par le porteur de projet, mais dans ce cas l'administration doit le justifier.

Donc, même s'ils sont proches, le débit minimal, le débit minimum biologique (DMB), le débit plancher et le débit réservé **ne sont pas équivalents**.

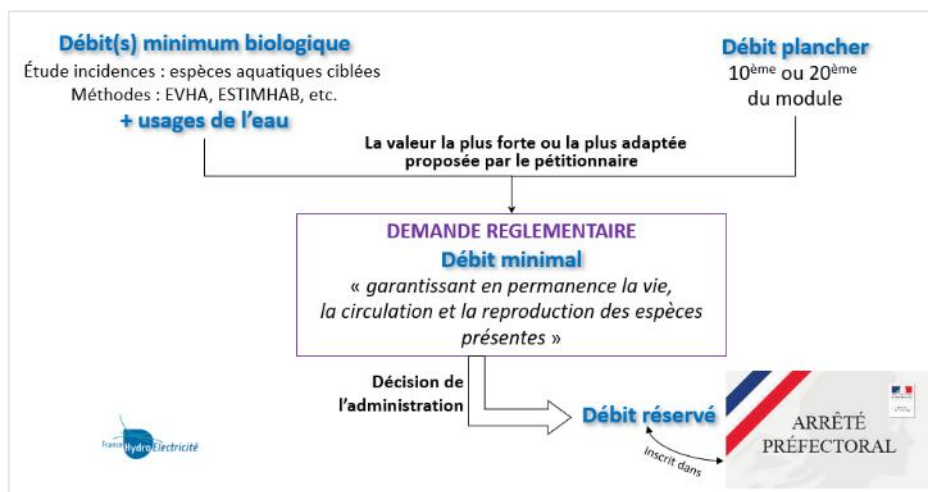


Figure 5 : Schématisation du processus de fixation du débit réservé

IV. La caractérisation des faibles débits en périodes d'étiage

A. L'étiage

L'étiage est la période où un cours d'eau présente ses plus faibles débits. Il peut avoir lieu en été (généralement d'août à septembre) ou en hiver pour les cours d'eau de montagne lorsque l'eau reste sous forme de neige jusqu'à la fonte. On peut considérer que l'étiage est un **facteur biologique limitant naturel** : les espèces (faune et flore) présentes dans le cours d'eau sont le plus souvent adaptées aux conditions imposées lors des faibles débits naturels de l'étiage. Ces périodes de faibles débits seront donc particulièrement intéressantes à étudier pour fixer la valeur d'un débit minimal acceptable dans le tronçon influencé.

Comme le rappelle le site PATBiodiv³, **plusieurs valeurs de débit permettent de caractériser l'étiage** d'un cours d'eau : QMNA, VCN, Q₉₅... L'administration cherche souvent à se rapprocher du QMNA5, qui est qualifié de « débit minimum d'étiage » mais sans justifier l'utilisation de cette valeur.

B. Le QMNA5

Le QMNA5⁴ est le débit (Q) mensuel (M) minimal (N) ayant la probabilité 1/5 (5) de ne pas être dépassée une année (A) donnée : c'est donc la valeur du **débit moyen mensuel minimal telle qu'elle ne se produit, en moyenne, qu'une année sur cinq** ou vingt années par siècle. Il est également qualifié dans les SDAGE de « débit d'étiage quinquennal ».

Le QMNA5 se calcule à partir des débits moyens mensuels qui se basent sur les **mois du calendrier**. Est défini pour chaque année le mois qui présente le débit moyen le plus faible (c'est le QMNA de l'année, qui pourra être un mois différent selon les années). Sur une chronique de données bien plus longue que la période de retour⁵ de 5 ans, est déterminée la valeur du QMNA rencontrée **une année sur cinq** ou vingt années par siècle, c'est le QMNA5.

L'AVIS DE FRANCE HYDRO ELECTRICITE

Il faut bien noter que ce QMNA5 est calé sur les mois calendaires, ce qui ne permet pas de cibler précisément les périodes présentant les plus faibles débits et qui conduit à une **surestimation** du débit d'étiage.

Ce QMNA5 est une **valeur statistique hydrologique**, il n'a aucun lien avec la biodiversité du cours d'eau. C'est une moyenne mensuelle qui, sans étude complémentaire, semble peu pertinente à utiliser pour calculer un débit minimal (instantané) qui doit permettre de maintenir la vie dans le cours d'eau. Seule une **étude de DMB**, basée sur les espèces présentes dans le cours d'eau et les capacités de ce cours d'eau à les accueillir, couplée à une analyse hydrologique, permet de calculer une valeur de débit minimal adaptée au site.

> **Consulter le site de France Hydro Electricité pour lire la fiche dédiée au QMNA5**

³ <https://patbiodiv.ofb.fr/fiche-methodologique/hydroelectricite/debits-detiage-qmna-vcn-113>

⁴ Dans la réglementation (**décrets n° 93742 et 93743 du 29 mars 1993**, pris en application de la **loi sur l'eau du 3 janvier 1992**), le QMNA5 est « *un débit d'étiage typique d'une année sèche* », il « *est utilisé dans le traitement des dossiers de rejet et de prélèvement* ».

⁵ Intervalles de temps moyen séparant deux événements semblables.

C. Débits d'étiage et les barrages « réservoirs »

Sur les sites de centrales hydroélectriques en période d'étiage, **l'arrêté ministériel du 11/09/2015, dit "APTG 3110"**, précise **que lorsque le débit entrant sur le site est inférieur au débit minimal fixé, le débit maintenu à l'aval est au moins égal au débit entrant**. Ce qui veut dire qu'en période d'étiage, le débit restitué en pied de barrage peut être inférieur au débit minimal, tant que les apports entrants sont intégralement restitués.

Sur certains barrages « réservoirs »⁶ le débit minimal est délivré même si les apports entrants sont inférieurs : le réservoir se vide et joue un rôle de soutien d'étiage. Certains sites ont ce rôle de soutien d'étiage clairement défini dans leur titre pour maintenir des usages tels que l'irrigation, l'alimentation en eau potable, etc. Le débit de soutien d'étiage délivré est plus important qu'un débit réservé, c'est **un service que rend l'ouvrage** au cours d'eau.

En période de sécheresse, le volume des retenues servant de soutien d'étiage étant limité, des dérogations peuvent être délivrées par l'Etat autorisant à baisser les débits délivrés en rivière afin d'économiser au maximum les ressources en eau disponibles. Ceci afin de garantir une alimentation régulière des cours d'eau dans la durée et éviter de se retrouver avec des rivières « à sec ».

⁶ Barrage réservoir : ouvrage stockant de l'eau à l'amont du barrage, avec une retenue d'eau importante qui sort du lit mineur du cours d'eau. Ils ont la possibilité de faire du marnage : faire varier le niveau d'eau dans le réservoir en fonction des besoins.

Conclusions : les différentes valeurs de débits

Chaque valeur de débit a son propre mode de calcul et sa signification, en se focalisant sur différentes caractéristiques du cours d'eau (voir Figure 6).

Il est important de retenir que certaines valeurs de débits sont des **valeurs statistiques** qui pourront évoluer selon la période couverte par la chronique de données prises en compte, et qui ne sont pas mesurables dans le cours d'eau.

D'autres valeurs sont des **débits instantanés**, qui sont mesurables in situ, et peuvent faire l'objet d'une surveillance par la police de l'eau lorsqu'ils sont définis réglementairement.

Débit	Description	Échelle	Mode de calcul	justification	Texte	
Module	Débit moyen interannuel	station	Valeur statistique calculée à partir des débits naturels (reconstitués)	Hydrologie naturelle	L. 214-18	naturel
Débit plancher	10 ^{ème} (ou 20 ^{ème}) du module				L. 214-18 (IV)	
DMB	Débit instantané favorable à une espèce	Station ou tronçon	débit instantané	Biologie	Circulaire du 05/07/11 et son annexe 1	Influencé par les usages
Débit minimal	Débit garantissant la vie et les droits d'usage	Pied de barrage pour alimentation tronçon influencé	débit instantané (mesurable in situ)	Biologie et hydrologie influencées par tous les usages	L. 214-18 APTG 3110	
Débit réservé	Débit fixé par le titre de l'ouvrage				Circulaire du 05/07/11 et son annexe 1	légale réglementaire
QMNA5	Débit moyen mensuel minimal interannuel qui se produit une année sur 5	station	Valeur statistique	Hydrologie (naturelle ?)	Décret du 29-03-93	

statistique

Mesurable in situ

hydrologique

biologique

Figure 6 : Récapitulatif des différents débits et leur signification

De nombreuses autres valeurs de débit peuvent être utilisées pour caractériser un cours d'eau : VCN, Q95, débit naturel du cours d'eau, débit soutenu du cours d'eau, débit restitué, etc.

Dans les années à venir, le changement climatique va impacter le cycle de l'eau. Tous les rapports du GIEC convergent et concluent à une baisse probable des débits des cours d'eau en période d'étiage et à tout le moins une variabilité accrue des débits au cours d'une année (crues et étiages plus marqués et moins prévisibles) mais aussi entre les années.

La faune et la flore seront donc obligées de s'adapter à ces nouvelles conditions, à des débits d'étiage naturels plus réduits qui ne pourront pas être compensés par des accroissements des débits réglementaires. Ces conditions hydrologiques nouvelles pourront éventuellement conduire à une modification importante des peuplements animaux et végétaux. Ces modifications doivent être prises en compte dans les études des centrales hydroélectriques (qui sont autorisées pour plusieurs dizaines d'années) mais doivent encore fait l'objet de recherches scientifiques car les connaissances de l'impact concret et local du changement climatique restent parcellaires sur bien des sujets.