



## Article L214-18

Créé par Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 3 JORF 31 décembre 2006

I.- Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit 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 ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen mensuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 mètres cubes par seconde, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure.

II.- Les actes d'autorisation ou de concession peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I. En outre, le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités.

Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I.

III.- L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau les débits minimaux définis aux alinéas précédents.

IV.- Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1er janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites. Cette substitution ne donne lieu à indemnité que dans les conditions prévues au III de l'article L. 214-17.

V.- Le présent article n'est applicable ni au Rhin ni aux parties internationales des cours d'eau partagés.

## Aménagement, nature

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER,  
EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES  
ET DES NÉGOCIATIONS SUR LE CLIMAT

*Direction générale de l'aménagement,  
du logement et de la nature*

*Direction de l'eau et de la biodiversité*

*Sous-direction des espaces naturels*

*Bureau des milieux aquatiques*

*Direction générale de l'énergie et du climat*

*Direction de l'énergie*

### **Circulaire DGALN/DEB/SDEN/EN4 du 21 octobre 2009 relative à la mise en œuvre du relèvement au 1<sup>er</sup> janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants**

NOR : DEVO0918449C

(Texte non paru au *Journal officiel*)

*Références* : article L. 214-18-IV du code de l'environnement.

*Documents modifiés ou abrogés* : néant.

*Pièce jointe* : annexe sur les modalités de mise en œuvre.

*Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, à Messieurs les préfets coordonnateurs de bassin ; Madame et Messieurs les préfets de région ; Mesdames et Messieurs les préfets de département ; DRIRE ; DIREN ; DREAL ; DREAL déléguée de bassin ; services de police de l'eau (pour exécution) ; DGALN/DEB (AT et GR) ; DGEC/DE (SD3) ; secrétariat général du MEEDDM (DAJ et SPES) ; agences de l'eau ; offices de l'eau ; ONEMA ; secrétariat général du MAAP (pour information).*

L'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA), prévoit en son IV que les obligations qu'il établit en matière de débit réservé sont applicables aux ouvrages existants, à la date de renouvellement de leur titre, et au plus tard au 1<sup>er</sup> janvier 2014.

L'obligation principale consiste à maintenir dans le cours d'eau (1) à l'aval 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. Ce débit minimum « biologique », appelé ci-après « débit réservé », ne doit pas être inférieur à un plancher qui est fixé au 10<sup>e</sup> du module interannuel du cours d'eau, pour l'essentiel des installations, et au 20<sup>e</sup> de ce module pour les ouvrages situés sur un cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s, ou pour les ouvrages hydroélectriques contribuant à la production d'électricité en période de pointe de consommation, listés par décret. Si le débit à l'amont immédiat de l'ouvrage est inférieur à ce plancher, c'est ce débit entrant qui doit être respecté à l'aval.

Par ailleurs, l'article L. 214-18 CE prévoit des possibilités de déroger au débit plancher, dans le cas de cours d'eau à fonctionnement atypique ou d'étiage naturel exceptionnel.

Il prévoit enfin la possibilité, tout en respectant en moyenne sur l'année le débit réservé, de moduler celui-ci selon les différentes périodes de l'année, le débit le plus bas devant cependant rester supérieur à la moitié du débit réservé. On parle alors d'un « régime hydraulique réservé ».

Le respect de cette obligation relative au débit réservé va donc au minimum imposer la multiplication par quatre de ce débit, pour toutes les installations existantes qui fonctionnent encore actuellement sur la base d'un débit réservé correspondant au quarantième du module, ou par deux

(1) Cf circulaire ministère de l'écologie DE/SDAGF/BDE n° 3 du 2 mars 2005 relative à la définition de la notion de cours d'eau.

si elles se situent sur un cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s ou si elles figurent dans le décret listant les ouvrages de pointe. Cette obligation concerne tous les ouvrages barrant les cours d'eau quel que soit leur statut ou leur usage : autorisation, concession, fondés en titre, règlement d'eau d'avant 1919, hydroélectricité, irrigation, eau potable, navigation, prévention des crues, etc.

D'après les premières compilations d'inventaires effectuées par l'ONEMA dans le cadre de la mise en place d'un référentiel national des obstacles à l'écoulement (ROE), environ 50 000 ouvrages barrant le lit mineur seraient présents sur l'ensemble des cours d'eau métropolitains. Parmi eux, entre 10 et 20 % auraient un usage avéré, dont 2 000 pour l'hydroélectricité. Parmi ces 2 000, 400 relèvent du régime de concession de l'Etat au titre de la loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie des cours d'eau, lacs et marées.

Les données de 50 000 et de 10 à 20 % sont approximatives, le travail d'inventaire doit être affiné courant 2009. Elles donnent cependant un ordre de grandeur de l'ampleur du travail d'application à l'existant de cette mesure législative.

Afin que cette disposition soit effectivement respectée au 1<sup>er</sup> janvier 2014, il est indispensable de préparer ce relèvement de débit dès à présent.

En effet, le respect de cette obligation peut impliquer pour certaines installations la révision du mode de restitution du débit dans le cours d'eau pouvant nécessiter parfois des travaux de génie civil plus ou moins importants. Il pourra impliquer également, pour certaines installations sur des cours d'eau où l'enjeu du débit réservé est particulièrement fort, une expertise plus approfondie ou un suivi pour établir, si nécessaire, ce débit au-delà du dixième ou du vingtième du module, qui demeurent selon la loi des planchers. Par ailleurs, cette disposition de la LEMA visant le relèvement des débits réservés des ouvrages existants doit bien être comprise comme la volonté du législateur de rééquilibrer les usages de l'eau existants, en faveur de la préservation des milieux. Cette perte partielle d'usage de l'eau est intrinsèque à la disposition légale. Il appartient à l'exploitant de l'ouvrage de gérer cette perte, en l'acceptant ou en étudiant les solutions alternatives pour la compenser s'il l'estime nécessaire.

En conséquence, ce relèvement de débit doit être préparé dès maintenant par les services de l'Etat impliqués mais aussi par les exploitants eux-mêmes à qui les services de police de l'eau ou de contrôle des concessions doivent rappeler la loi en leur expliquant les enjeux et les moyens de la respecter à l'échéance prévue. Les quatre années de délai d'ici à 2014 seront nécessaires au règlement des difficultés qui pourront apparaître au cas par cas en fonction de l'impact de ce relèvement de débit réservé sur les usages.

L'annexe à la présente circulaire précise les modalités de mise en œuvre de cette obligation légale.

Vous voudrez bien me faire connaître les difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de la présente circulaire.

La présente circulaire sera publiée au *Bulletin officiel* du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

Fait à Paris, le 21 octobre 2009.

Pour le ministre d'Etat et par délégation :

*La directrice de l'eau et de la biodiversité,*

O. GAUTHIER

*Le directeur de l'énergie,*

P.-M. ABADIE

*Le préfet, secrétaire général,*

D. LALLEMENT

## ANNEXE

### MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE DU RELÈVEMENT DES DÉBITS RÉSERVÉS AVANT 2014

#### I. – LE CHAMP D'APPLICATION

Le relèvement du débit réservé au 1<sup>er</sup> janvier 2014 concerne l'ensemble des ouvrages barrant les cours d'eau. Néanmoins :

- compte tenu de la difficulté d'agir d'une manière efficace, dans les délais permettant de respecter l'échéance du 1<sup>er</sup> janvier 2014, sur une grande partie des 50 000 ouvrages recensés pour lesquels les informations relatives à leur usage, leur statut et leur responsable au titre de la police de l'eau sont incomplètes ou inexistantes du fait, notamment, de leur présence ancienne dans le cours d'eau pouvant remonter au Moyen Age ;
- compte tenu du fait qu'une grande partie des ouvrages sans usage délivre un débit au cours d'eau répondant d'ores et déjà à l'obligation du L. 214-18 CE en raison de leur état de dégradation avancée ou de leur mise au chômage par relèvement ou enlèvement des vannages ou de l'absence de dérivation en service,

l'essentiel de l'action de l'administration à entreprendre, dans le respect des instructions de la présente circulaire, doit viser en priorité, bien que sans exclusive, les quelque 10 % à 20 % des ouvrages ayant un usage et un responsable au titre de la police de l'eau.

Par ailleurs, les modalités d'application précisées dans cette circulaire sont exceptionnelles et spécifiques au cas particulier du relèvement du débit réservé obligatoire pour l'ensemble des ouvrages existants en 2014. En aucun cas elles ne remettent en cause la procédure normale de détermination du débit réservé à fixer sur la base de l'étude d'incidences adéquate dans le cadre d'une procédure individuelle de délivrance ou de renouvellement d'autorisation ou de concession, que cette procédure ait lieu avant ou après 2014. Elle ne remet pas en cause non plus les possibilités de modification ou de retrait des autorisations, ou de prescriptions additionnelles, établies aux articles L. 214-3 et L. 214-4 du code de l'environnement.

#### II. – LA RÈGLE D'APPLICATION

Le IV du L. 214-18 CE précise que les « obligations » qu'il institue s'appliquent à l'existant au plus tard au 1<sup>er</sup> janvier 2014. Or la seule obligation fixée par cet article, outre la mise en place de dispositifs empêchant l'entrée du poisson dans les canaux d'amenée ou de fuite, concerne le maintien dans le cours d'eau du débit minimal biologique dans le respect des planchers du 10<sup>e</sup> et du 20<sup>e</sup> du module. Le reste des dispositions de l'article (régime réservé ou cours d'eau au fonctionnement atypique) ne sont pas des obligations mais des dérogations possibles, qui ne sauraient s'appliquer de manière automatique.

En effet, les dérogations ne sont pas un droit pour les exploitants mais une possibilité pour le préfet de les accepter, dans le respect des articles R. 214-111 CE et R. 214-111-1 CE, en fonction de leur compatibilité, dûment démontrée, avec le respect du principe de minimum biologique garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces.

L'obligation vise à assurer le maintien dans le cours d'eau du minimum biologique. L'évaluation de celui-ci nécessite normalement une étude particulière réalisée dans le cadre de la procédure d'autorisation ou de concession ou de renouvellement du titre.

Compte tenu du fait :

- qu'à la lumière des débats parlementaires, l'objectif principal visé par le relèvement des débits à la date ultime de 2014 pour tout l'existant, est d'augmenter les chances d'atteinte du bon état des cours d'eau en 2015 en mettant fin une fois pour toute, en les multipliant par 4 ou par 2 selon le cas, aux débits notoirement insuffisants du 40<sup>e</sup> du module, voire inférieurs, qui subsistent encore à l'aval de nombreuses installations, et ce, de manière anticipée par rapport à l'échéance de renouvellement des autorisations et des concessions, parfois lointaine voire inexistante ;
- qu'à chercher trop de précision sur le débit à fixer, dans le cadre de ce relèvement généralisé, il existe un risque certain de ne pas atteindre, à l'échéance prévue, l'objectif global de cette disposition législative ;
- et qu'il est en outre matériellement impossible de faire réaliser de 5 000 à 10 000 études particulières dans les trois à cinq ans à venir ne serait-ce que par manque de bureaux d'études susceptibles de les réaliser et de temps administratif pour les examiner,

Il convient d'adopter les règles pragmatiques d'application suivantes pour le relèvement des débits réservés existants au 1<sup>er</sup> janvier 2014 :

**II.1. D'une manière générale, le débit à respecter est le plancher du 10<sup>e</sup> du module ou du 20<sup>e</sup> selon le cas, à l'exception des cas suivants :**

1.1. Lorsqu'une étude du minimum biologique a été réalisée sur un cours d'eau (études CEMAGREF par exemple ou dans le cadre des études de détermination des volumes prélevables) dont les résultats demeurent pertinents au regard des caractéristiques hydromorphologiques sur lesquelles elle a été basée (pas de bouleversement notable depuis), le débit réservé doit être fixé sur la base de ces études ;

1.2. Lorsque des études, expérimentations ou suivis sont en cours sur une base amiable, dans le cadre de SAGE, de contrats de rivière ou de toutes autres conventions *ad hoc*, le débit réservé à fixer en 2014 doit prendre en compte les résultats de ces expérimentations ou de ces suivis, en concertation avec l'exploitant ; il doit également prendre en compte tout élément de connaissance relatif au débit minimum biologique pouvant être fourni par des acteurs locaux, notamment les fédérations départementales de pêche ;

2. L'acte de l'autorité administrative fixant officiellement le nouveau débit, comportera systématiquement pour tous les ouvrages dont le nouveau débit aura été fixé au plancher sans étude du débit minimum biologique, une clause indiquant la possibilité pour l'autorité administrative d'imposer une expertise ou un suivi de l'effet du nouveau débit, dès 2014, qui pourra aboutir à un réajustement, de ce débit réservé, dans le respect des critères précisés ci-après ;

3. Les installations dont le débit réservé est d'ores et déjà fixé au 10<sup>e</sup> du module ou au-delà, notamment par une autorisation ou une concession délivrée après 1984 (date de la loi sur la pêche qui a instauré pour la première fois le débit minimum biologique avec un plancher au 10<sup>e</sup> de module), continuent de respecter ce débit et ne sont pas concernées par cette circulaire puisqu'elles respectent déjà les obligations du L. 214-18 CE. La circonstance que les dispositions du L. 214-18 CE fixeraient pour ces installations un débit plancher au 20<sup>e</sup> du module et non plus au 10<sup>e</sup>, n'est pas susceptible de remettre en cause, sauf étude contradictoire, le débit fixé après 1984 sur la base d'une étude qui a dû démontrer qu'il respectait le minimum biologique, qui demeure la véritable obligation du L. 214-186 CE ;

4. Les dérogations prévues par l'article L. 214-18 CE, relatives aux cours d'eau au fonctionnement atypique ou à la mise en place d'un régime réservé, ne seront appliquées, le cas échéant, qu'au cas par cas, sur la base d'une étude complémentaire spécifique réalisée par l'exploitant démontrant la compatibilité des débits proposés avec l'obligation de garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces, ou le caractère atypique du cours d'eau et la non pertinence d'un débit plancher.

**III. – LES MODALITÉS D'APPLICATION**

**III.1. Phase préparatoire interservices  
et en concertation avec les représentants des exploitants**

**Année 2009**

Dès 2009, il semble de bonne pédagogie de rendre très largement publique cette circulaire et son annexe, par tous moyens que vous jugerez utiles (réunions d'information, communication sur site de la préfecture, etc.). Nous demanderons en parallèle aux représentants des exploitants d'ouvrages d'assurer également de leur côté le relais de l'information auprès de leurs adhérents.

Dès 2009 toujours, il convient de réunir tous les services impliqués dans l'application de cette disposition législative. Sont notamment concernés les services de bassin, les services chargés de l'eau et des milieux aquatiques et les services de contrôle des concessions des DRIRE ou DREAL, les services de police de l'eau ainsi que des représentants de l'ONEMA et de l'Agence de l'eau.

Les réunions auront pour but de rassembler toutes les informations disponibles notamment sur les études de débit minimum biologique existantes, sur les expérimentations et suivis en cours dans le cadre des SAGE, conventions diverses et contrats de rivières ainsi que par le biais des fédérations départementales de pêche ou des associations environnementales, etc.

Les exploitants, notamment les grands concessionnaires hydroélectriques les plus concernés par les expérimentations ou les études de débits, pourront être sollicités pour simplifier cette compilation d'informations. De même, tout élément que les exploitants pourraient apporter de leur propre initiative pourra être pris en compte.

L'objectif de ce travail de compilation des informations est de simplifier et d'harmoniser à l'échelle de chaque bassin, la mise en œuvre effective du relèvement de débit réservé au 1<sup>er</sup> janvier 2014 en apportant aux exploitants toutes les informations leur permettant de connaître les règles qui leur sont applicables pour établir ce débit réservé. Il ne vise pas à décharger les exploitants de leur responsabilité dans cette mise en œuvre.

Ainsi, le principe en est le suivant :

- dès lors qu'une information est disponible au sein des services administratifs, il est important de la communiquer aux exploitants concernés (module, plancher applicable, 10<sup>e</sup> déjà calculé à l'amont ou l'aval d'un ouvrage, existence d'une étude de débit minimum et valeur de ce débit minimum, existence d'une expérimentation ou d'un suivi particulier à prendre en compte). A l'inverse, lorsque cette information n'est pas disponible simplement, il n'appartient pas aux services de calculer ou proposer eux-mêmes un module par exemple. Si les services ne sont pas en mesure de communiquer un module, ils se doivent, en communiquant les autres informations qu'ils possèdent, de bien rappeler à l'exploitant qu'il lui appartient de proposer un module et un débit plancher conformément aux critères précisés ci-après ;
- dès lors que des exploitants prennent dès 2009 l'initiative de proposer aux services le débit qu'ils auront à respecter en 2014 dans le respect de cette circulaire, en indiquant le module sur lequel ils se basent pour définir le débit plancher, ou, le cas échéant, les expérimentations ou les études existantes qui justifient un débit supérieur, l'autorité administrative se doit de traiter rapidement ces dossiers afin de valider le nouveau débit réservé, dans un délai de trois mois. Cette diligence est indispensable pour que les gros travaux éventuellement nécessaires pour assurer la restitution du nouveau débit réservé puissent être réalisés dans le respect de l'échéance de 2014.

### Année 2010

Sur la base du travail réalisé en 2009 et conformément au principe précisé ci-dessus, les services responsables de la police des ouvrages (services de police de l'eau ou services de contrôle des concessions) procèdent dans le courant du premier semestre 2010 à l'information individuelle des exploitants connus, en joignant systématiquement une copie de la présente circulaire. Ces courriers rappellent aux exploitants la possibilité de faire leurs observations dans un délai fixé. Ils fixent également un délai aux exploitants pour faire leur proposition de module à prendre en compte et donc de débit réservé lorsque cette information ne peut pas être apportée par les services.

Par la même occasion, les services demandent aux exploitants de leur faire connaître les conséquences techniques que peut avoir le relèvement du débit sur l'installation existante et, notamment si des travaux sont nécessaires (modification du mode de restitution, etc.). Ils précisent que dans ce dernier cas, il est de la responsabilité des exploitants d'organiser ces travaux à temps pour que l'échéance de 2014 soit respectée, en tenant compte des délais de procédure d'examen du projet éventuel de travaux par le service de police.

Lorsque des études, expérimentations ou suivis sont en cours sur une base amiable, dans le cadre d'un SAGE, contrats de rivière ou de tout autre convention *ad hoc*, la détermination des débits réservés est faite avec l'ONEMA en concertation avec les partenaires (exploitants, associations, fédération de pêche, collectivités participantes). En cas de conflit ou de désaccords importants la validation du débit réservé à fixer sera faite au niveau national de manière organisée par le MEEDDM.

### Années 2010 et suivantes

Préparation de la détermination des ouvrages pour lesquels un suivi ou une expertise des effets du débit plancher, qui sera délivré en 2014, sera nécessaire.

Après 2014 : mise en place des suivis et expertises et révision, le cas échéant, des débits au vu des résultats obtenus.

## III.2. Règle de fixation des planchers et critères d'imposition d'un suivi et d'une révision du débit réservé

### III.2.1. Règle de fixation des débits planchers

Encore une fois, il est indispensable de procéder de la manière la plus simple et pragmatique possible pour fixer ces planchers sans entrer dans un nouveau calcul systématique du module à prendre en compte. Il convient de s'efforcer tant que possible de multiplier les débits actuellement au 40<sup>e</sup> par 4 pour atteindre le 10<sup>e</sup> ou par 2 pour le 20<sup>e</sup>. Cette règle simple ne peut cependant être appliquée qu'à la condition que les ouvrages délivrent actuellement un débit réservé à un 40<sup>e</sup> de module fixé par un acte officiel de l'autorité administrative sur la base d'un module établi après 1975 et validé.

Dans tous les autres cas, notamment, lorsque les ouvrages délivrent un débit réservé autre que le 40<sup>e</sup> ou qui n'est pas basé sur un 40<sup>e</sup> de module validé par l'autorité administrative ou que le module pris en compte a été établi avant 1975 ou sur une série de données inférieure à quinze ans, les débits planchers du 10<sup>e</sup> ou 20<sup>e</sup> doivent être établis à partir d'un module actuel ;

En cas de nécessité d'établir un module actuel, il est essentiel de donner ici la bonne interprétation du module à prendre en compte à l'amont de l'ouvrage.

Le débit plancher a été fixé dès 1984 au 10<sup>e</sup> du module, non pour fixer une proportion purement mathématique, mais pour des raisons biologiques. L'expérience et les données de suivi des débits réservés de l'époque ont démontré que le débit du 40<sup>e</sup> souvent fixé jusqu'à cette date, était sans conteste insuffisant et qu'en dessous du 10<sup>e</sup>, ou du 20<sup>e</sup> sur les cours d'eau au module > 80 m<sup>3</sup>/s, il était difficile, dans la très grande majorité des cas, de garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces.

Le module est le débit moyen interannuel, calculé sur une période d'au moins cinq ans. Dans la pratique, sur des cours d'eau non influencés, la convergence vers une valeur stable nécessite entre dix et quinze années de chroniques de bonne qualité. Il est important de bien prendre en compte les débits de crue dans l'estimation de la valeur du module.

L'interpolation à l'intérieur d'un bassin versant, ou l'extrapolation entre bassins versants donne des résultats satisfaisants dès lors que le régime pluviométrique et la géologie sont proches.

La valeur d'un module en un point peut être modifiée par des prélèvements importants définitifs (irrigation, évaporation d'un aérorefrigérant, AEP) ou perturbateurs (transferts de bassin à bassin). Or, compte tenu de l'objectif « biologique » du débit réservé, le pourcentage du 10<sup>e</sup> (ou du 20<sup>e</sup>) n'a de sens que si l'on part d'un module normal, c'est-à-dire non dénaturé. En cas de prélèvements modifiant substantiellement le débit à l'amont d'un ouvrage, le module naturel doit être reconstitué notamment en y réintégrant la valeur du prélèvement amont qui ne retourne pas au cours d'eau et en établissant dans la mesure du possible une cohérence avec les autres données de débits sur le bassin.

Le calcul à partir du module, dans tous les cas de figure, doit tenir compte de l'obligation légale fixée par l'article L. 214-18 CE, qui n'est pas tant de respecter un pourcentage minimal de module, que de garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces. La décision finale, que ce soit par rapport au module à prendre en compte ou au débit réservé à fixer, relève en tout état de cause de l'autorité administrative.

Une circulaire plus générale sur la détermination du débit réservé en application de l'article L. 214-18 CE sera publiée prochainement. La détermination du module y fera l'objet de plus de précisions et les références méthodologiques seront mises à jour.

### *III.2.2. Critères à prendre en compte pour l'imposition d'un suivi ou d'une expertise des effets du débit plancher à partir de 2014*

L'objectif de ces suivis ou expertises est de contrôler, sur certaines sections de cours d'eau où les enjeux liés à l'hydrologie sont déterminants pour l'atteinte ou le maintien du bon état écologique, les effets sur les paramètres biologiques des relèvements de débits qui auront été réalisés en 2014 au niveau des minimums planchers, afin de pouvoir, si nécessaire, réajuster à la hausse le débit réservé. Il ne s'agit pas d'un comparatif avant et après relèvement, mais bien d'une analyse de la situation nouvelle après relèvement.

La procédure de renouvellement demeure la meilleure période pour déterminer au mieux le débit, il convient donc de ne pas généraliser ces suivis à tous les ouvrages, de les limiter dans le temps, de ne l'exiger qu'une fois et de bien de sélectionner les ouvrages pour lesquels ce suivi est vraiment pertinent, selon les critères suivants :

- les informations tirées des SDAGE 2010-2015 sur les cours d'eau à forts enjeux, les axes à grands migrateurs, la présence d'habitats de reproduction d'espèces de poissons inscrits dans l'inventaire de l'article L. 432-3 du code de l'environnement, la présence d'espèces à forte valeur patrimoniale (zone Natura 2000, arrêté de biotope) comme la moule perlière, l'écrevisse à patte blanche ou le desman des Pyrénées, etc. et les objectifs de bon état 2015 ;
- les résultats des travaux préparatoires qui auront pu être effectués par l'ONEMA dans le cadre de l'élaboration du décret listant les ouvrages de pointe dont le plancher est fixé au 20<sup>e</sup> du module ;
- la cohérence, pour d'autres ouvrages, avec les secteurs et les raisons du suivi imposé dans la liste préparée par l'ONEMA ;
- le manque de données pour établir le module ;
- la proximité dans le temps d'une échéance de renouvellement de titre, lorsque ce suivi peut aider à la préparation de l'étude d'impact ;
- au vu des résultats de la mise en œuvre du SDAGE 2010-2015 et de son programme de mesures, et de quelques années de délivrance des débits réservés relevés en application de cette circulaire, la persistance d'une difficulté d'atteinte du bon état ou du bon potentiel d'une masse d'eau, ou d'alertes environnementales de la part des acteurs locaux représentant les usagers, notamment les fédérations départementales de pêche ou les associations, dès lors que ces difficultés ou ces alertes sont liées essentiellement à des facteurs hydrologiques constatés ;

### III.2.3. Critères à prendre en compte pour réviser les débits fixés au plancher

Les critères à prendre en compte sont les suivants :

- principe d'une seule révision ;
- ouvrages n'ayant pas d'échéance et n'étant donc jamais soumis à une procédure de renouvellement permettant de réajuster correctement le débit, et pour lesquels les suivis ou expertises indiquent une insuffisance du débit réservé fixé en 2014 ;
- ne pas demander de révision à moins de cinq ans d'une échéance de renouvellement ;
- prise en compte du rapport coût/bénéfice de cette révision, notamment en appliquant un principe de proportionnalité des travaux nécessaires à cette révision ;
- la révision n'entraîne pas de nouveaux travaux de génie civil à un coût disproportionné sur des ouvrages qui auront déjà fait l'objet de ce type de travaux pour la restitution du nouveau débit réservé en 2014 ;
- bilans d'atteinte des objectifs de bon état ou de bon potentiel et des programmes de mesure établis dans le cadre des bilans à mi-parcours et des révisions des SDAGE, lorsque l'hydrologie est mise en cause.

### III.3. Procédure réglementaire de fixation du nouveau débit réservé et de réalisation éventuelle des travaux de modification des ouvrages

Il importe que les autorités administratives examinent dans les meilleurs délais les propositions de relèvement de débit qui leur seront faites par les intéressés, et notamment les dossiers d'exécution des travaux lorsque le respect du relèvement du débit réservé en 2014 dépend de la réalisation de ces travaux.

1. Pour les ouvrages soumis au régime de l'autorisation (au titre de la loi sur l'eau ou également de la loi de 1919), la procédure applicable pour fixer le nouveau débit, ainsi que les éventuelles prescriptions de travaux ou de modifications des modalités d'exploitation de l'installation liées aux nécessités de restitution de ce nouveau débit, est l'arrêté complémentaire après passage au CODERST pris en application des articles R. 214-17 et R. 214-18 CE. Le cas échéant, un arrêté particulier pour les travaux peut être pris séparément de l'arrêté fixant le nouveau débit et les nouvelles modalités d'exploitation.

2. Pour les ouvrages soumis au régime de concession au titre de la loi de 1919, la procédure à suivre est celle prévue par le décret de n° 94-894 du 13 octobre 1994.

Compte tenu de l'importance du changement de débit réservé pour certaines anciennes concessions et des travaux de génie civil qu'il pourra nécessiter pour sa restitution, il est important que ce débit, ses modalités de délivrance et les travaux qu'ils impliquent soient officialisés par un acte administratif d'une validité juridique solide.

En particulier, les actes pris en application du L. 214-18 CE fixant le débit réservé et ses modalités de délivrance, devront faire l'objet d'un passage systématique au CODERST.

Il convient également de distinguer les concessions exploitées selon un cahier des charges établi sur le modèle-type de 1920 de celles exploitées sur le modèle-type de 1999.

2.1. Pour les concessions régies par un cahier des charges sur le modèle-type de 1999 et un règlement d'eau pris en application de l'article 21 de ce cahier des charges et établi par un arrêté préfectoral en application de l'article 26 du décret n° 94-894, les actes administratifs sont à établir en fonction des cas suivants :

- en l'absence de travaux nécessaires à la mise en place du nouveau débit réservé, celui-ci, ainsi que, le cas échéant, ses modalités de délivrance, sont fixés par un arrêté préfectoral modifiant l'arrêté de règlement d'eau en application de l'article 26 du décret de 1994 précité ;
- si la rédaction du III de l'article 17 du cahier des charges de la concession portant sur la révision du débit réservé dans un cadre bien précis prévoit ce basculement sous le nouveau régime juridique lié aux débits réservés, il conviendra de traduire la souplesse des dispositions de cet article dans le nouvel arrêté ;
- si des travaux modifiant les ouvrages sont nécessaires, la procédure applicable, pour régler ces travaux, est celle de l'article 27 du décret n° 94-894. Le projet d'exécution doit être accompagné de tous les éléments nécessaires à l'appréciation des incidences des travaux sur la gestion équilibrée de l'eau et des milieux aquatiques définie à l'article L. 211-1 CE. L'arrêté autorisant l'exécution des travaux qui sera postérieur à celui fixant le débit réservé et ses modalités de délivrance, fixe, le cas échéant, les prescriptions adéquates pour la préservation de cette gestion équilibrée. Dans cette hypothèse, l'arrêté est pris après avis du CODERST.



2.2. Pour les concessions régies par un cahier des charges sur le modèle-type de 1920, les actes administratifs sont à établir en application des articles 14 et 15 de ce cahier des charges. L'article 14 soumet les concessions aux lois et règlements à venir en matière de police des eaux. L'article 15 réserve tout droit à l'administration de prescrire, sans indemnité, les dispositions nécessaires à la réduction des impacts des éclusées sur l'eau et les milieux aquatiques. Ces articles légitiment l'action unilatérale de l'administration en application de l'article L. 214-18 CE, même pour modifier une disposition inscrite dans le cahier des charges.

Le nouveau débit réservé et ses modalités de délivrance, s'agissant de dispositions de police pouvant être modifiées unilatéralement par l'autorité administrative, doivent être fixés par arrêté préfectoral, par référence à la compétence donnée au préfet par l'article 26 du décret de 1994 précité.

En cas de travaux modifiant les ouvrages, il convient d'appliquer l'article 27 comme précisé plus haut.

#### IV. – POINTS DIVERS

##### IV.1. Précision sur la deuxième obligation établie par le L. 214-18 CE

L'article L. 214-18 prévoit également l'obligation de mettre en place, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite. Cette obligation vise d'une part à éviter la mortalité des poissons par effet de la turbine ou de la conduite forcée, et d'autre part à dissuader le poisson de remonter vers la turbine si celle-ci n'est pas équipée d'une passe, plutôt que vers le barrage et de perdre ainsi un temps qui peut lui être précieux à la montaison.

Cette obligation n'est pas fondamentalement nouvelle pour les ouvrages existants, sauf cas très exceptionnels. La plupart des ouvrages existants auxquels cette obligation s'applique (hydro-électriques) sont équipés à ce titre selon des prescriptions établies dans les limites de la faisabilité technique et des connaissances à un moment donné. Les dispositifs existants peuvent faire l'objet d'améliorations ou d'exigences plus fortes, dans le cadre de la procédure de renouvellement des titres d'autorisation ou de concession, ou, si besoin, par des prescriptions complémentaires nouvelles établies, avant l'échéance, dans le cadre d'objectifs bien particuliers comme le plan de gestion anguille, les classements de cours d'eau, les programmes de mesure des SDAGE ou toute mesure de police justifiée. Le IV de l'article L. 214-18 n'a pas pour objectif, au vu des débats parlementaires, d'imposer la révision généralisée pour une plus grande efficacité d'ici à 2014, de tous les plans de grilles ou dispositifs d'empêchement existants. En revanche, dès lors que des ouvrages n'ont aucun dispositif installé et que la mortalité dans les turbines le justifie, cette obligation d'empêchement d'entrée dans le canal d'amenée et de fuite doit être respectée en 2014, en tenant compte de la faisabilité technique et dans un souci de proportionnalité par rapport aux enjeux et aux coûts. Cela concerne essentiellement les très anciennes installations autorisées par des titres sans échéance de validité, ou fondées en titre, qui, par exemple, fonctionnaient initialement avec une roue à aube et qui ont depuis été équipées d'une turbine sans que des prescriptions particulières n'aient été prises à l'époque pour traiter les impacts de cette modification sur la mortalité des poissons entrant dans le canal d'amenée. Cette obligation peut être respectée par la mise en place de turbine ichtyo-compatibles engendrant une mortalité faible à nulle.

##### IV.2. Mise à jour des arrêtés d'autorisation et actes pris au titre de la police de la pêche

Les démarches nécessaires pour ce relèvement des débits réservés en 2014, et notamment la nécessité de prendre des arrêtés complémentaires, peuvent être une bonne occasion pour les services de réintégrer dans un seul arrêté, l'ensemble des prescriptions établies pour un même ouvrage au titre de la loi sur l'eau et de la loi pêche de 1984 en reprenant les dispositions dispersées parfois dans des actes différents (prescriptions relatives à la vidange ou prescriptions concernant la passe à poissons au titre des anciens articles de la loi pêche), cette dispersion ne facilitant pas le suivi des ouvrages. Ces démarches peuvent être aussi l'occasion, le cas échéant, de vérifier le bon entretien et le bon fonctionnement des ouvrages de franchissement à la montaison et à la dévalaison.

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement

Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature

Direction de l'eau et de la biodiversité

Sous Direction des espaces naturels

Bureau des milieux aquatiques

(AN)

**Circulaire du 5 juillet 2011**

**relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés à maintenir en cours d'eau**

NOR : DEVL1117584C

(Texte non paru au journal officiel)

**La ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement**

**à**

Pour exécution :

Préfets de région

- Directeurs régionaux de l'environnement, (DREAL)
- Directeurs de l'environnement de l'aménagement et du logement (DEAL)
- Directeurs régional et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie

Préfets de département

- Directeurs départementaux des territoires
- Directeurs départementaux des territoires et de la mer

Pour information :

- Directeurs généraux des agences de l'eau
- Directeur général de l'Onema,
- Directeurs généraux des offices de l'eau,
- MEDDTL/DGALN/DEB (AT et GR),
- MEDDTL/DGEC/DE (SD3),
- MEDDTL/SG (SPES et DAJ),
- MAAPRAT/SG
- MAAPRAT/DPMA (BBPC)

Résumé : Cette circulaire constitue un rappel et une mise à jour des principes généraux d'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, concernant l'obligation légale de débit minimal à respecter pour les ouvrages en cours d'eau, garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans le cours d'eau, et de calcul du module. Elle apporte des éléments de méthodologie afin que les services appréhendent au mieux les cas particuliers introduits par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006.

<p>Catégorie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- directive adressée par le ministre aux services chargés de leur application, sous réserve, le cas échéant, de l'examen particulier des situations individuelles,</li> <li>- interprétation à retenir, sous réserve de l'appréciation souveraine du juge, lorsque l'analyse de la portée juridique des textes législatifs ou réglementaires soulève une difficulté particulière.</li> </ul>	<p>Domaine : Ecologie, développement durable</p>		
<p>Mots clés liste fermée : Energie-Environnement</p>	<p>Mots clés libres : débit minimum biologique, débits réservés, cours d'eau, ouvrages, module, cours d'eau atypiques</p>		
<p>Texte de référence : article L. 214-18 du code de l'environnement</p>			
<p>Circulaire abrogée : Circulaire PN - SPH n° 86/15 du 10 mars 1986 relative à l'application de l'article L. 232-5 du Code rural résultant de la loi du 29 juin 1984 sur la pêche en eau douce et la gestion des ressources piscicoles</p>			
<p>Document modifié : Note aux services du 21 juillet 1987 relative au calcul du module interannuel en application de l'article 410 du code rural, du ministère de l'environnement, DNP/DPP, service de l'eau</p>			
<p>Date de mise en application : immédiate</p>			
<p>Pièces annexes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Annexe 1 : Modalités de mise en oeuvre</li> <li>- Annexe 2 : Méthodes d'aide à la détermination des valeurs de débit minimum biologique</li> <li>- Annexe 3 : Guide méthodologique en vue de l'estimation du module</li> <li>- Annexe 4 : Note méthodologique de caractérisation d'un cours d'eau atypique au sens du 1° de l'article R. 214-111 CE</li> <li>- Annexe 5 : Éléments constitutifs du suivi écologique du débit minimal</li> </ul>			
<p>N° d'homologation Cerfa :</p>			
<p>Publication</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> BO</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Site circulaires.gouv.fr</p>	<p><input type="checkbox"/> Non publiée</p>

L'obligation principale de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, créé par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) consiste notamment à 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.

Ce débit minimum biologique doit être déterminé sur la base d'une étude spécifique dans le cadre de la procédure d'autorisation ou de concession, de renouvellement du titre ou de demande de modification des valeurs de débit réservé en cours d'autorisation. Cette étude se doit d'analyser les incidences d'une réduction des valeurs de débit à l'aval de l'ouvrage sur les espèces vivant dans les eaux. Elle doit donc tenir compte des besoins de ces espèces aux différents stades de leur cycle de vie ainsi que du maintien de l'accès aux habitats qui leur sont nécessaires

Le débit minimum biologique qui sera fixé à l'ouvrage, ne doit pas être inférieur à une valeur plancher qui est pour la règle générale le 10<sup>ème</sup> du module interannuel du cours d'eau. Conformément à la jurisprudence<sup>1</sup>, afin de satisfaire l'obligation principale de l'article L.214-18 du code de l'environnement de « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* », le débit minimum biologique peut être supérieur à cette valeur plancher du 10<sup>ème</sup> du module naturel. Ces valeurs, instituées par le législateur en tant que minimum intangible, ne sont en aucun cas des références de qualité ni des normes. Le débit minimum biologique ne saurait donc être assimilé d'emblée au 10<sup>ème</sup> du module.

Ce débit plancher est fixé à la valeur du 20<sup>ème</sup> du module dans le cas des ouvrages situés sur des cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s, ou pour les ouvrages hydroélectriques, listés dans l'article R.214-111-3 du code de l'environnement, qui contribuent par leur capacité de modulation à la production d'électricité en période de pointe de consommation. L'introduction de cette seconde valeur plancher reflète la volonté du législateur d'établir un compromis entre deux exigences différentes : d'une part la protection des milieux aquatiques, d'autre part la préservation d'une capacité de production hydroélectrique de pointe et la sécurisation du réseau électrique français.

Enfin, si le débit à l'amont immédiat de l'ouvrage est inférieur au débit réservé fixé par l'autorité administrative, c'est l'intégralité de ce débit entrant qui doit être restitué au droit ou à l'aval de l'ouvrage.

L'article L. 214-18 du code de l'environnement prévoit également des possibilités de déroger au débit plancher, dans le cas de cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique. Le débit minimum à maintenir au droit ou à l'aval immédiat de l'ouvrage peut alors être fixé à une valeur inférieure.

---

<sup>1</sup> Cons. Etat., 15 avril 1996, n° 140965, M. Mortera.

De même, lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement peuvent être fixés par l'autorité administrative.

L'article L. 214-18 du code de l'environnement prévoit également en son II la possibilité de moduler les valeurs du débit minimal à maintenir au droit ou à l'aval immédiat de l'ouvrage, sous condition que la moyenne des débits réglementaires fixée pour les différentes périodes de l'année ne soit pas inférieure aux valeurs de débits minimaux fixées au I de cet article. De plus, la valeur la plus basse du débit ainsi modulé doit rester supérieure à la moitié de la valeur de débit minimal fixée en I. Cette possibilité de modulation, qui constitue une certaine approche de la notion de régime réservé, est intéressante tant au plan technique qu'environnemental, notamment dans le cas des exploitations mentionnées à l'article L.431-6 du code de l'environnement. Elle permet de moduler la valeur du débit minimal selon les saisons, afin de s'adapter au mieux aux variations importantes de débit entre les crues et les étiages.

La valeur de ce débit minimum et ses modulations doivent être compatibles avec les objectifs environnementaux imposés par le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) en application de la directive cadre sur l'eau (DCE) visant à l'atteinte ou à la préservation du bon état, du bon potentiel et au maintien du très bon état des masses d'eau concernées. En outre, la valeur de ce débit minimum devra respecter les intérêts visés à l'article L.211-1 du code de l'environnement, afin de veiller à « une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ».

Par ailleurs l'article L. 214-18 du code de l'environnement, prévoit en son IV, que les obligations qu'il établit en matière de débit minimum sont applicables aux ouvrages existants, à la date de renouvellement de leur titre, et au plus tard au 1<sup>er</sup> janvier 2014. Ce relèvement généralisé des débits réservés à l'aval des ouvrages existants demeure traité selon les dispositions de la circulaire NOR : DEVO0918449C du 21 octobre 2009 relative à la mise en oeuvre du relèvement au 1<sup>er</sup> janvier 2014 qui précise bien que « *les modalités d'application précisées dans cette circulaire sont exceptionnelles et spécifiques au cas particulier du relèvement du débit réservé obligatoire pour l'ensemble des ouvrages existants en 2014. En aucun cas, elles ne remettent en cause la procédure normale de détermination du débit réservé à fixer sur la base de l'étude d'incidences adéquate dans le cadre d'une procédure individuelle de délivrance ou de renouvellement d'autorisation ou de concession, que cette procédure ait lieu avant ou après 2014. Elle ne remet pas en cause non plus, les possibilités de modification ou de retrait des autorisations, ou de prescriptions additionnelles, établies aux articles L214-3 et L.214-4 du code de l'environnement.* »

L'annexe 1 à la présente circulaire précise les modalités de mise en oeuvre de l'article L. 214-18 du code de l'environnement. L'annexe 2 présente les méthodes d'aide à la détermination des valeurs de débit minimal, prévues au I, garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans le cours d'eau, principale obligation de cet article. L'annexe 3 apporte des éléments méthodologiques en vue de l'estimation de ce débit moyen interannuel. L'annexe 4 présente une note méthodologique de caractérisation d'un cours d'eau atypique au sens du 1<sup>o</sup> de l'article R. 214-111 CE. Enfin l'annexe 5 liste les éléments constitutifs du suivi écologique du débit minimal.

Vous voudrez bien me faire connaître, sous le présent timbre, les difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de la présente circulaire.

La présente circulaire sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.

Fait, le 5 juillet 2011

Pour la ministre et par délégation :

La directrice de l'eau et de la biodiversité  
Odile GAUTHIER

Le secrétaire général  
Jean-François MONTEILS

**Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques.**

<b>ANNEXE 1 : Modalités de mise en œuvre de l'article L.214-18 du code de l'environnement</b>
---

**TABLE DES MATIERES**

1.	Champ d'application de l'article L.214-18 du code de l'environnement.....	2
2.	Définitions.....	2
2.1.	Le débit minimum biologique.....	2
2.2.	Le débit plancher.....	2
2.3.	Le débit réservé.....	3
3.	Modalités d'application.....	3
3.1.	Détermination du débit minimum biologique prévu au I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement.....	3
3.2.	Calcul du module naturel du cours d'eau.....	5
3.3.	Les notions de débit plancher.....	6
3.3.1.	Le 10 <sup>ème</sup> du module naturel.....	6
3.3.2.	Le 20 <sup>ème</sup> du module naturel.....	6
3.4.	Cours d'eau ou section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique.....	7
3.4.1.	Cas n°1 : « Son lit mineur présente des caractéristiques géologiques qui sont à l'origine de la disparition d'une part importante des écoulements naturels à certaines périodes de l'année. ».....	7
3.4.2.	Cas n°2 : « Son aval immédiat, issu d'un barrage de classe A ou à usage hydroélectrique d'une puissance supérieure à vingt mégawatts, est noyé par le remous du plan d'eau d'un autre barrage de même nature. ».....	8
3.4.3.	Cas n°3 : « Les espèces énumérées à l'article R. 214-108 du code de l'environnement en sont absentes. ».....	9
3.5.	La possibilité de modulation autour du débit minimal.....	10
3.6.	La notion d' « <i>étiage naturel exceptionnel</i> ».....	11
3.7.	La notion d' « <i>aval immédiat ou au droit de l'ouvrage</i> ».....	11
3.8.	Dispositifs de restitution du débit minimal, contrôle et suivi.....	11
3.8.1.	Dispositifs de restitution du débit minimal.....	12
3.8.2.	Contrôle du débit minimal.....	12
3.8.3.	Suivi écologique du débit minimal.....	13

## **1. Champ d'application de l'article L.214-18 du code de l'environnement**

L'article L. 214-18 du code de l'environnement a été créé par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA). Il reprend, en les modifiant, les dispositions de l'ancien article L.432-5 du même code. Il prévoit en son I que tout ouvrage dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans son lit un débit minimal à l'aval garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans ce cours d'eau.

Le respect de cette obligation intéresse donc l'ensemble des ouvrages barrant partiellement ou totalement le lit d'un cours d'eau et permettant une dérivation et/ou un stockage des eaux sans distinction de statut ou d'usage, quel que soit le régime législatif d'autorisation auquel il est soumis, en tout temps, en dehors du Rhin et des parties internationales des cours d'eau partagés. S'agissant des concessions réunissant des prises d'eau de part et d'autre d'une frontière, l'article L. 214-18 du code de l'environnement s'applique uniquement aux prises d'eau situées sur le territoire français (hors cas du Rhin).

La présente circulaire s'applique dans tous les cas d'autorisations, de déclaration ou de concessions de nouveaux ouvrages dans le lit des cours d'eau, de renouvellements d'autorisation, de déclaration ou de concession de tels ouvrages, ou de toutes autres mesures de police de l'eau liées au débit réservé pouvant être prises en cours d'autorisation, de déclaration ou de concession. En vue de respecter les intérêts énumérés à l'article L.211-1 du code de l'environnement, pour les ouvrages relevant de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, les dispositions techniques de l'article L.214-18 seront traduites, si nécessaire, dans des arrêtés complémentaires aux arrêtés d'autorisation de ces installations classées pour la protection de l'environnement.

La présente circulaire ne s'applique pas à la procédure de mise en œuvre du relèvement généralisé des débits réservés à l'aval des ouvrages existants au plus tard au 1<sup>er</sup> janvier 2014 qui demeure traitée selon les dispositions de la circulaire NOR : DEVO0918449C du 21 octobre 2009.

L'article L. 214-18 du code de l'environnement ne traite que du débit à maintenir dans le lit d'un cours d'eau au droit ou à l'aval immédiat d'un ouvrage en faveur des espèces vivant dans le cours d'eau et de leur habitat et ne s'intéresse donc pas aux débits plus élevés pouvant être nécessaires afin de maintenir les différents usages anthropiques existants en aval de cet ouvrage.

## **2. Définitions**

### **2.1. Le débit minimum biologique**

Ce terme est consacré par l'usage et correspond à la notion définie par le premier paragraphe du I de l'article L214-18 du code de l'environnement : « *débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ». La détermination de ce débit minimum biologique doit faire l'objet d'une étude particulière analysant les incidences d'une réduction des valeurs de débit à l'aval de l'ouvrage sur les espèces vivant dans les eaux, et ce conformément au 3.1. de la présente annexe et à l'annexe 2.

### **2.2. Le débit plancher**

Le débit plancher est défini au second paragraphe du I de l'article L214-18 du code de l'environnement. Il correspond à un minimum intangible servant de protection pour les milieux aquatiques. Il est exprimé en fraction de débit moyen interannuel naturel (module) et correspond au 10<sup>ème</sup> ou 20<sup>ème</sup> de celui-ci suivant les cas. Le 3.2. de la présente annexe précise les modalités de détermination de ce module.



### 2.3. Le débit réservé

Cette notion de « débit réservé » est consacrée elle-aussi par l'usage et est souvent utilisée dans les titres régissant les ouvrages. Elle a une portée législative et réglementaire et désigne la valeur du débit telle qu'elle est fixée par le titre de l'ouvrage, en application *a minima* du I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement ou des textes qui l'ont précédé, et donc la valeur du débit instantané qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter à son aval immédiat. Cette valeur de débit réservé doit correspondre à la plus forte valeur entre le débit minimum biologique et le débit plancher.

## 3. **Modalités d'application**

### 3.1. Détermination du débit minimum biologique prévu au I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement

L'article L. 214-18 du code de l'environnement pose comme principe de base que le débit à maintenir dans le lit des cours d'eau par les propriétaires et/ou gestionnaires d'ouvrages doit remplir l'obligation de résultat, à savoir « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ». A ce titre il est entendu que le débit minimal est un débit instantané transitant dans le lit du cours d'eau.

Ce débit doit faire l'objet d'une étude spécifique à la charge du pétitionnaire, comprenant notamment la description du contexte environnemental, biologique, et les caractéristiques de l'ouvrage. (Cf. §6 annexe 2)

Les méthodes d'aide à la détermination de débits minimum dans les cours d'eau sont nombreuses et parfois utilisées depuis plus de 30 ans à travers le monde. Elles peuvent être classés en 3 grandes catégories :

- les méthodes dites « hydrologiques » basées uniquement sur l'analyse des chroniques de débits,
- les méthodes dites « hydrauliques » basées sur la relation entre les paramètres hydrauliques, la morphologie du cours d'eau et la valeur de débit minimum,
- les méthodes dites « d'habitat » qui croisent l'évolution des caractéristiques hydrauliques avec les préférences biologiques d'espèces.

Ces trois catégories de méthodes ne s'excluent pas mutuellement et peuvent être utilisées en combinaison.

La méthode des micro-habitats est actuellement, la méthode « d'habitat » la plus employée. Elle couple un modèle hydraulique du tronçon à la connaissance des exigences écologiques des organismes pour leur habitat physique (vitesse, hauteur d'eau, et nature du fond) afin d'estimer des surfaces d'habitats hydrauliques à différents débits. Les valeurs d'habitat et leurs variations sont estimées pour différents taxons (généralement espèces ou groupes d'espèces de poissons en routine, avec des ajouts à venir pour les macro invertébrés) à différents stades de développement (alevin, juvénile et adulte).

L'application de cette méthode nécessite des choix d'expert à différents niveaux :

- pour le choix des espèces cibles et des stades de développement de ces espèces à prendre en compte,
- pour le choix du ou des modèles biologiques de préférence appropriés,
- pour l'interprétation des simulations qui doivent notamment être replacées dans le contexte hydrologique et morphologique du tronçon de cours d'eau concerné
- pour comparer des scénarios de débits ou régimes réservés.

Ces choix sont donc à faire par le pétitionnaire ou son prestataire, et doivent être explicitement exposés pour que le service instructeur puisse en apprécier le bien fondé.

Cette méthode étant adaptée à la majorité des rivières hébergeant des espèces sensibles aux conditions hydrauliques (salmonidés, cyprinidés d'eau vives), les résultats obtenus avec celle-ci ne peuvent être écartés sans démonstration que le tronçon de cours d'eau concerné ne se prête pas à sa mise en œuvre.

Des éléments complémentaires sont portés dans l'*annexe 2* relative aux « Méthodes d'aide à la détermination des valeurs de débit minimum biologique ».

L'étude de débit minimum biologique présentée par le pétitionnaire doit :

- mentionner la ou les méthodes utilisées pour la détermination de ce débit minimum biologique,
- inclure une justification de la prise en compte des paramètres de contexte, dont la liste précisée au point 6. de l'*annexe 2* ne prétend pas être exhaustive,
- comprendre la fourniture des modèles de types micro-habitats, si cette méthode est utilisée.

Les services instructeurs peuvent consulter l'Onema dès la phase de détermination du débit minimal afin de juger au mieux des choix d'expert, de la qualité de l'étude présentée, et de la validité du débit minimal proposé par le pétitionnaire *in fine*. Les services s'attacheront aux motivations accompagnant l'avis de l'Onema.

Le débit minimal à maintenir au droit ou à l'aval immédiat d'un ouvrage doit garantir en permanence la vie mais aussi la circulation des espèces vivant dans le cours d'eau. Il doit donc tenir compte du débit éventuellement nécessaire à la circulation de ces espèces, défini sur la base des critères :

- de hauteur d'eau minimale dans les habitats peu profonds du tronçon en débit réservé et au regard des obstacles naturels potentiellement présents (TCC, aval d'un ouvrage de stockage),
- de rapport de débit entre les différents écoulements présents (rejets d'usine, barrage, ouvrage de franchissement, débit d'attrait...),
- de fonctionnement des ouvrages de franchissement piscicole que ce soit pour la montaison et/ou pour la dévalaison.

En tout état de cause, les valeurs de débit réservé adoptées antérieurement pour des ouvrages existants sur un cours d'eau ne sauraient justifier à elles-seules la fixation d'une valeur de débit identique pour un ouvrage projeté sur ce même cours d'eau.

Les échanges, entre le pétitionnaire et le service instructeur, dont l'importance est signalée, lors des différentes phases d'élaboration du débit minimum biologique, pour la fixation *in fine* de celui-ci prendront en compte également la dimension économique et le phasage des travaux.

Les exigences et le niveau de détail de l'analyse conduisant à la détermination du débit minimum biologique et le cas échéant des travaux nécessaires doivent être proportionnés en fonctions des enjeux écologiques présents et des impacts de l'ouvrage sur le cours d'eau.

Les méthodes d'aide à la détermination de débits minimum étant liées aux avancées scientifiques ont un caractère évolutif. Il conviendra, à échéance régulière, de procéder au partage des connaissances afin de veiller au maintien de l'homogénéité des études de détermination de débit minimum biologique présentées.

En application de ce principe, pour les petits aménagements hydroélectriques (puissance inférieure à 4,5 MW), existant ou à venir, les pétitionnaires pourront se référer utilement au « guide pour le développement de petites centrales hydroélectriques dans le respect des milieux naturels », produit par France Hydro-Electricité.

### 3.2. Calcul du module naturel du cours d'eau

L'article L. 214-18 du code de l'environnement mentionne en son I la notion de module ou débit moyen interannuel. Ce débit correspond à la moyenne des débits annuels au point considéré d'un cours d'eau, et est couramment exprimé en m<sup>3</sup>/s. Les valeurs à prendre en compte sont celles du débit qui devrait s'écouler naturellement dans le cours d'eau, en l'absence d'impact de toutes les activités humaines (prélèvements, transfert de bassins versants, restitution, dérivations...).

Le calcul du module, produit par le pétitionnaire, doit, en application de la loi, être effectué à partir de l'ensemble des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années ; toutefois toutes les données disponibles sur une période supérieure à cette durée doivent être exploitées. La donnée publique (banque hydro, calculs DREAL) est utilisée prioritairement et peut être complétée utilement par les données de l'exploitant. S'agissant d'une valeur statistique, sa précision augmente avec le nombre d'années d'observations, à condition qu'il n'y ait pas eu de changements d'usages majeurs durant la chronique utilisée.

Chaque fois que le calcul direct s'avère impossible, notamment en raison de la brièveté de la chronique exploitable, de l'absence de données, de données trop influencées ou d'un grand nombre d'années hydrologiques jugées non caractéristiques, après avis de l'autorité administrative, l'estimation du module ou débit moyen interannuel doit être réalisée selon des méthodes telles que :

- extrapolation,
- corrélation avec un bassin versant de géologie et climatologie voisin,
- relation pluie-débit.

En tout état de cause, les données hydrologiques doivent être privilégiées par rapport aux méthodes d'estimation n'utilisant pas de données observées.

Le pétitionnaire doit fournir tous les éléments justifiant la méthode retenue, les résultats obtenus (éléments morphologiques, données géologiques, données pluviométriques, ...), mais également les incertitudes accompagnant le calcul du module, comme par exemple les renseignements sur l'homogénéité de la chronique utilisée, permettant aux services de réaliser une analyse critique de ce calcul du module.

Pour un ouvrage à construire ou en renouvellement, en présence d'incertitudes trop grandes sur la détermination du module et d'enjeux écologiques, les services peuvent demander que le site envisagé soit équipé d'un dispositif de mesures de débit en continu *in situ*, durant la phase de pré-instruction du dossier. Ces mesures de débit *in situ* constituent un élément d'appréciation supplémentaire, si les modalités en sont jugées techniquement recevables par l'administration (y compris au regard de la longueur de la chronique).

Il appartient aux services d'examiner les propositions des pétitionnaires ou exploitants d'ouvrages en matière de module interannuel. Pour ce faire les services peuvent se référer au « Guide méthodologique en vue de l'estimation du module » présent en annexe 3. La décision finale sur la valeur du module à prendre en compte revient légitimement à l'autorité administrative.

Au regard des valeurs plancher définies ci-après, la détermination du module naturel du cours d'eau au droit de l'ouvrage permet ainsi à l'autorité administrative de s'assurer que la valeur de débit réservé proposé par le pétitionnaire dans l'étude particulière de détermination du débit minimum biologique satisfait bien aux exigences de la loi.

### 3.3. Les notions de débit plancher

#### 3.3.1. Le 10<sup>ème</sup> du module naturel

L'article L. 214-18 du code de l'environnement prévoit que le débit minimal à maintenir dans le lit du cours d'eau « *ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage* ».

Cette valeur de débit plancher a été fixée réglementairement dès 1984 au 10<sup>ème</sup> du module interannuel naturel du cours d'eau à la suite de nombreuses études et expérimentations<sup>1</sup>. Celles-ci ont montré qu'au-dessous de cette valeur les conditions d'habitat hydrauliques et notamment la surface en eau en fonction du débit, sont généralement dégradées, et n'assurent plus le maintien d'un écosystème suffisamment fonctionnel.

Les conclusions de cette étude tirent leur fondement biologique et scientifique du fait que les modules qui ont été calculés correspondent à une situation hydrologique naturelle. La valeur plancher réglementaire du 10<sup>ème</sup> n'a de sens que si elle conserve cette réalité biologique, s'appuyant sur un module non influencé par des prélèvements anthropiques. Cette valeur plancher doit donc être calculée sur le module naturel du cours d'eau ou sur le module reconstitué dans le cas de secteur de cours d'eau à l'hydrologie fortement perturbée par des prélèvements.

Il convient de souligner que la valeur du 10<sup>ème</sup> est fréquemment inférieure à la valeur du débit moyen mensuel sec de récurrence (valeur de référence d'étiage retenue par le code de l'environnement en son article R.214-1)

Cette valeur de débit plancher doit donc être comprise, pour le cas général, comme un choix du législateur de garantir un minimum intangible servant de protection pour les milieux aquatiques.

L'autorité administrative s'assurera, en se référant aux 3.1. et 3.2. de la présente annexe, pour les cas où cette valeur plancher sera proposée comme débit réservé, que celle-ci garantit bien « *en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ».

#### 3.3.2. Le 20<sup>ème</sup> du module naturel

Une seconde valeur plancher spécifique est introduite à l'article L. 214-18 du code de l'environnement, qui précise que pour « *les cours d'eau ou partie de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de la consommation* », la valeur du débit réservé ne doit pas être inférieure au 1/20<sup>ème</sup> du module, toujours sous réserve du principe général de « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ».

Les ouvrages dits « de pointe » sont listés dans l'article R.214-111-3 du code de l'environnement, et correspondent aux prises d'eau concourant à l'alimentation en eau des usines hydroélectriques métropolitaines d'une puissance installée supérieure à 20 MW dont la valeur du débit réservé n'a pas encore été fixée à une valeur supérieure au 20<sup>ème</sup>. Pour les ouvrages des territoires insulaires (Corse et Réunion), aucun seuil de puissance n'a été retenu, compte tenu de la taille très réduite des réseaux électriques et de l'absence d'interconnexion.

---

<sup>1</sup> Tennant, D. L., 1975. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. U.S. Fish and Wildlife Service, Billings, Mont.

Ainsi, il revient aux pétitionnaires de proposer des débits réservés assurant au mieux la préservation et la protection des écosystèmes aquatiques tout en permettant d'assurer les besoins d'alimentation en eau des ouvrages de pointe. Ces débits réservés doivent être déterminés prise d'eau par prise d'eau, sur la base d'une étude particulière comprenant une analyse de :

- l'impact sur les écosystèmes aquatiques pour le tronçon de cours d'eau considéré se référant au 3.1. de la présente annexe,
- la contribution de la prise d'eau à la couverture de la capacité de pointe de l'usine à laquelle elle est rattachée.

### 3.4. Cours d'eau ou section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique

L'article L. 214-18 du code de l'environnement mentionne en son I que pour « *les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure* ».

A la différence de l'usage en hydraulique ou hydromorphologie, où le terme de section de cours d'eau désigne généralement un profil en travers du cours d'eau, ce terme est ici à interpréter en tant que portion ou tronçon de cours d'eau.

C'est au seul regard du débit plancher que la définition d'un cours d'eau ou d'une section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rend non pertinente la fixation habituelle du débit réservé. En revanche, elle ne dispense pas de l'obligation de *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux*, ni du recours à une étude spécifique de détermination du débit minimum biologique.

La définition du fonctionnement atypique mentionné au 1° et 3° de l'article R. 214-111. du code de l'environnement doit être établie par tronçon de cours d'eau homogène, quant à ses caractéristiques hydrologiques, hydrauliques, géomorphologiques, et biologiques. Ainsi le fonctionnement atypique d'une portion de cours d'eau ne peut amener la définition automatique de tout le cours d'eau en fonctionnement atypique.

La valeur du débit réservé à fixer pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau au fonctionnement atypique doit rester compatible avec les objectifs environnementaux imposés par le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). En outre, la valeur de ce débit réservé devra respecter les intérêts visés à l'article L.211-1 du code de l'environnement.

L'article R. 214-111 du code de l'environnement définit la notion de cours d'eau ou section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique en distinguant trois cas.

#### 3.4.1. Cas n°1 : « Son lit mineur présente des caractéristiques géologiques qui sont à l'origine de la disparition d'une part importante des écoulements naturels à certaines périodes de l'année. »

Au sens du 1°, il faut comprendre que la section de cours d'eau pouvant être définie comme atypique correspond à une portion de cours d'eau se caractérisant par des formations géologiques pouvant conduire à des disparitions importantes naturelles de débit. On peut communément y inclure les formations karstiques, les réseaux de failles et diaclases, qui sont des caractéristiques géologiques liées à la nature du substratum sous-jacent au cours d'eau et ou à sa modification par des phénomènes tectoniques. De même, la disparition d'une part importante de débit dans des écoulements sous-jacents non visibles, au travers des formations alluvionnaires de surface, perméables et de forte épaisseur dues à un héritage hydromorphologique, peut également conduire à une définition de la portion de cours d'eau concernée en fonctionnement atypique. Il appartient au pétitionnaire de démontrer à l'autorité administrative que le tronçon de

cours d'eau homogène candidat au fonctionnement atypique se situe bien sur de telles formations géologiques, et qu'elles expliquent la disparition d'une part importante des écoulements leur incombe.

C'est au regard des écoulements naturels que la définition du fonctionnement atypique doit se baser. La disparition importante du débit du cours d'eau qui serait liée à des prélèvements amont ou à l'insuffisance d'un débit réservé délivré par un ouvrage existant à l'amont du tronçon de cours d'eau ne peut conduire à caractériser ce tronçon comme atypique à ce titre.

Les cours d'eau temporaires qui s'assèchent naturellement à certaines périodes de l'année, sans lien avec la géologie sous jacente, ne sont pas au sens du 1° des cours d'eau atypiques : la disparition totale ou partielle des écoulements est dans ce cas liée à des caractéristiques hydrologiques et climatiques, et non géologiques.

La part importante de disparition du débit doit s'apprécier, sur la base d'une période représentative d'une année hydrologique normale, au regard de la part de débit subsistant en surface et de l'impact de cette disparition sur la biologie. Le caractère important de la disparition devra être évalué notamment par rapport à la capacité du débit subsistant à garantir la pérennité de la zone hyporhéique et des zones de réapparitions potentielles fonctionnant généralement comme « zones refuges ».

Dans ce cas, la valeur de débit minimal à retenir doit permettre :

- de maintenir un écoulement hyporhéique suffisant,
- de maintenir l'alimentation de zones humides éventuellement présentes,
- de garantir l'intégrité biologique des « zones refuges » dans le tronçon candidat au fonctionnement atypique,
- que les zones situées immédiatement en aval de la portion de cours d'eau en fonctionnement atypique, conservent un débit leur permettant de satisfaire les obligations de résultats du I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement à savoir de « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* »

La fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues au I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement n'étant plus pertinente, l'étude présentée par le pétitionnaire devra être spécifique et intégrer l'ensemble de ces paramètres comme précisé dans la « note méthodologique de caractérisation d'un cours d'eau atypique au sens du 1° de l'article R. 214-111 du code de l'environnement » présente en annexe 4.

### 3.4.2. Cas n°2 : « Son aval immédiat, issu d'un barrage de classe A ou à usage hydroélectrique d'une puissance supérieure à vingt mégawatts, est noyé par le remous du plan d'eau d'un autre barrage de même nature. »

Pour l'application de ce cas, il convient en premier lieu que le pétitionnaire démontre la réalité de l'ennoiement par le remous du plan d'eau aval.

L'autorité administrative peut, pour certains ouvrages, appliquer une marge d'appréciation de l'ennoiement en fonction :

- du linéaire en écoulement potentiellement libre situé entre le pied du premier barrage et la queue de retenue du second
- des variations plus ou moins importantes de ce linéaire liées au marnage
- des périodes, durée et fréquences des conditions de gestion à l'origine de ce linéaire
- de l'absence d'enjeux écologiques sur le linéaire

Le cas des barrages successifs conduit à traiter les débits transitant dans la chaîne selon des dispositions spécifiques. L'ouvrage le plus en aval restant soumis au cas général, il convient de veiller à ce que les dispositions spécifiques pour les zones ennoyées ne

remettent pas en cause l'obligation principale de l'article L. 214-18 CE de maintien dans le lit du cours d'eau en tout temps d' « *un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ».

Le report de cette obligation à l'aval de la chaîne peut imposer la nécessité d'une coordination amont-aval. Toutefois, l'indépendance des concessionnaires hydroélectriques successifs, bien que théoriquement possible, est dans les faits assez rares. En effet, les chaînes d'aménagements sont aujourd'hui majoritairement concédées à un gestionnaire unique et l'autorité administrative a choisi préférentiellement le principe d'un renouvellement par chaîne. Dans le cas contraire, il conviendra de veiller à l'harmonisation de l'ensemble des règlements d'eau.

Dans ces zones ennoyées, le débit instantané ne constitue plus le critère le plus pertinent pour « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ». Il n'en reste pas moins nécessaire d'étudier quelles sont les autres conditions de gestion nécessaires au titre de l'obligation individuelle qui incombe à chaque ouvrage de garantir la circulation des espèces et la qualité du milieu

Ainsi l'autorité administrative s'attache à ce que, pour chaque ouvrage, le débit réservé retenu et ses modalités de restitution garantissent :

- la qualité du milieu (physico-chimie, température, taux de renouvellement, prolifération alguale),
- le fonctionnement des dispositifs de franchissement existants,
- la vie et la circulation des espèces dans le linéaire en écoulement potentiellement libre créé par le marnage en queue de retenue.

### 3.4.3. Cas n°3 : « Les espèces énumérées à l'article R. 214-108 du code de l'environnement en sont absentes. »

L'article R. 214-108 du code de l'environnement liste les espèces devant être absentes pour justifier du fonctionnement atypique. L'absence simultanée et complète de ces espèces ne se rencontrant dans aucune eau superficielle, naturelle ou artificielle, il faut comprendre la volonté du législateur comme celle de désigner par ce cas d'atypicité les situations dans lesquelles les conditions biotiques sont particulièrement ténues. Ces situations sont caractérisées par l'absence d'ichtyofaune et une absence quasi-complète des espèces suivantes :

- faune benthique invertébrée
- macrophytes
- phytoplanctons
- phytobenthos

Les conditions naturelles pouvant conduire à l'absence d'espèces sont par exemple l'altitude, la présence de cascade, de chute importante ou de forte pente dans le tronçon considéré.

Il appartient au pétitionnaire, pour justifier du classement de la section de cours d'eau en atypique, de démontrer :

- l'absence des espèces listées ci-dessus par ordre d'importance, sur la base d'un inventaire approprié,
- que l'absence des espèces est un état de fait historique du cours d'eau lié à des paramètres naturels non influencés par des aménagements anthropiques, et ne peut être compensée par des opérations de renaturation.

L'autorité administrative peut, de plus, se référer aux connaissances existantes en cours d'eau (ONEMA, Fédération de pêche, conseils généraux, parcs nationaux...) mais également à celles liées à la directive Natura 2000 pour les espèces remarquables.

Une attention particulière est portée par l'autorité administrative sur :

- la qualité de l'inventaire démontrant cette absence,
- sa représentativité dans le temps (intersaisons et interannuel),
- la longueur de la section à considérer,
- l'analyse historique des données existantes démontrant l'absence des espèces.

La valeur de débit minimal peut alors être fixée à une valeur inférieure à la valeur plancher du 1/10<sup>ème</sup> du module prévue au I de l'article L. 214-18 du code de l'environnement dans le respect de l'article R. 214-111 du code de l'environnement qui précise que «*Dans le cas prévu au 3°, la fixation d'un débit minimal inférieur est toutefois subordonnée à la condition que ce débit n'ait pas pour conséquence de détériorer l'état du cours d'eau non atypique situé immédiatement à l'aval*».

Il en va de même dans la mesure où le débit réservé (actuel ou à venir) conditionnerait le fonctionnement d'une zone humide située immédiatement en aval du tronçon atypique.

### 3.5. La possibilité de modulation autour du débit minimal

Le deuxième de l'article L. 214-18 du code de l'environnement introduit la possibilité de moduler la valeur du débit minimal, à condition de pouvoir en motiver l'application dans le cadre de la notice ou étude d'impact. Le débit minimal peut ainsi varier autour de sa valeur selon les périodes de l'année et le cycle de vie des espèces (reproduction, croissance, migration) par exemple, pour atteindre des valeurs supérieures à certaines périodes de l'année, et des valeurs inférieures à d'autres périodes, en fonction des besoins des populations vivant dans le cours d'eau.

C'est une certaine approche de la notion de « régime hydraulique réservé », qui prend en compte l'importance de la variabilité naturelle des débits dans le maintien de l'intégrité des écosystèmes aquatiques, tandis que la régulation des fluctuations de niveaux d'eau d'une rivière entraîne une perte de l'hétérogénéité spatiale et temporelle des habitats et, par conséquent, une perte de biodiversité.

Les actes d'autorisation et de concession peuvent donc fixer, sous réserve de toujours respecter un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes dans le cours d'eau, des valeurs de débit réservé différentes selon les périodes de l'année. Il conviendra de s'assurer que :

- la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I,
- le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités au I, soit 1/40<sup>ème</sup> du module pour les ouvrages dont le plancher est le 1/20<sup>ème</sup> du module, et 1/20<sup>ème</sup> du module pour les autres.

Dans cette approche de régime hydrologique réservé, les variations de débit minimal peuvent recréer une saisonnalité des régimes hydrologiques permettant l'accomplissement du cycle biologique des espèces, comme le mentionne le 2. de l'article R. 214-111-1 du code de l'environnement tout en garantissant un usage normal de l'ouvrage, notamment dans le cas des exploitations mentionnées à l'article L.431-6 du code de l'environnement.

Par ailleurs le premier de l'article R. 214-111-1 permet des variations de débit dans le but de satisfaire des usages ou besoins périodiques, à condition de garantir « *en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ». Elles doivent donc être en adéquation avec la gamme de variations naturelles des débits du cours d'eau.

Cette disposition permet aux pétitionnaires et à l'autorité administrative de proposer des modulations des valeurs de débit minimal si celles-ci constituent, par rapport à une



situation de débit minimal non modulé, une préservation ou une amélioration des milieux aquatiques et des usages de l'ouvrage.

Au-delà de ces modulations de débit minimal, les études de détermination de débit minimum biologique doivent prendre en compte l'importance écologique de l'ensemble des caractéristiques du régime hydrologique. Ces modulations peuvent donc permettre de maintenir la dynamique fluviale et les différentes phases des cycles de vie des organismes aquatiques qui en dépendent (besoins spécifiques temporaires pour la migration et la reproduction du saumon par exemple), la capacité auto-épuratoire des cours d'eau à un niveau suffisant à l'étiage, des crues morphogènes et l'inondation des zones de reproductions (pour le brochet en hiver par exemple).

### 3.6. La notion d' « étiage naturel exceptionnel »

Enfin le II de l'article L. 214-18 du code de l'environnement permet à l'autorité administrative de fixer exceptionnellement et de manière temporaire des débits réservés inférieurs au débit minimal prévu au I, lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, et pendant cette seule période. Ces étiages naturels exceptionnels doivent s'entendre comme ayant une période de retour au moins décennale.

Dans ces situations, les règles citées au I continuent de s'appliquer : si le débit à l'amont immédiat de l'ouvrage est inférieur au débit réservé, l'intégralité du débit amont de l'ouvrage doit être restituée en aval. De plus, comme le précise l'article R. 214-111-2, « ces débits temporaires doivent maintenir un écoulement en aval de l'ouvrage ».

Il convient d'éviter la mise en œuvre répétée de ces dispositions qui pourrait avoir des conséquences importantes pour l'écosystème aquatique et sa capacité de régénération. A titre d'exemple, les cours d'eau des régions caractérisées par des régimes hydrologiques contrastés ayant des étiages naturels fréquemment prononcés ne pourront pas justifier l'application régulière de cette disposition.

### 3.7. La notion d'« aval immédiat ou au droit de l'ouvrage »

L'article L.214-18 du code de l'environnement indique que le débit minimal à maintenir dans le lit du cours d'eau doit être délivré «en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage». Cette notion intéresse les tronçons de cours d'eau court-circuités, quels que soient les usages associés à l'utilisation du débit dérivé.

L'autorité administrative peut appliquer une marge d'appréciation pour accepter un partage du débit minimal entre le point le plus amont de l'ouvrage et le point de restitution, en fonction :

- de la longueur entre le pied du barrage et le point de restitution,
- du maintien du débit attractif permettant le franchissement du poisson au droit de l'ouvrage,
- de la disposition en plan de l'ouvrage (oblique ou perpendiculaire au cours d'eau),
- d'absence d'impact lié au report de débit à la restitution à proximité immédiate de l'ouvrage par rapport au droit de l'ouvrage (absence d'impact sur les habitats et leurs fonctionnalités pour les espèces).

### 3.8. Dispositifs de restitution du débit minimal, contrôle et suivi

Lorsque l'obstruction ou l'endommagement du dispositif de restitution diminuent le débit minimal délivré, les difficultés de contrôle à distance de la part de l'exploitant voire de difficultés d'accès aux prises d'eau (enneigement), peuvent conduire à des délais d'intervention de plusieurs jours. Le pétitionnaire doit alors mettre en œuvre des solutions techniques ou organisationnelles réduisant les risques de dysfonctionnement de ces dispositifs, ainsi que les délais de détection et d'intervention en cas d'éventuel incident.

### 3.8.1. Dispositifs de restitution du débit minimal

Une obligation de résultat s'applique au gestionnaire qui doit garantir en permanence le maintien à l'aval de l'ouvrage le débit minimal prévu au I. de l'article L. 214-18 du code de l'environnement. Le III. de l'article L. 214-18 du code de l'environnement précise par ailleurs que « *l'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant* » les débits minimaux fixés au I et II de cet article.

Le dispositif de restitution du débit réservé doit ainsi délivrer en permanence la valeur réglementaire fixée par l'autorité administrative. Il doit être adapté aux variations du niveau d'eau amont par rapport à la côte normale de retenue. Ce dispositif de restitution ne doit en aucun cas constituer un obstacle à l'écoulement. Pour ce faire, le gestionnaire doit mettre en oeuvre toutes les solutions techniques adaptées afin d'éviter son obstruction.

### 3.8.2. Contrôle du débit minimal

Le contrôle du débit minimal est indispensable pour veiller à la bonne application des dispositions de l'article L. 214-18 du code de l'environnement. La mise en place d'un dispositif de contrôle est le meilleur moyen d'assurer ce contrôle par l'autorité administrative. Ce dispositif peut être intégré au dispositif de restitution (échancrure, déversoir) ou distinct (bassin de mesure, venturi), mais ne doit pas non plus constituer un obstacle à l'écoulement.

Pour les ouvrages à construire et ouvrages existants dont l'autorisation ou la concession est renouvelée, l'autorité administrative imposera, dans le règlement d'eau ou le cahier des charges, la mise en place, d'un dispositif de contrôle aux frais du pétitionnaire. L'autorité administrative proposera *a minima* au pétitionnaire la mise en place de repères visuels, sur des sections accessibles et fiables avec fournitures d'abaques, permettant un contrôle rapide par le permissionnaire et les agents de contrôle.

Les exceptions à l'installation de ce dispositif de contrôle devront être justifiées par des difficultés techniques de mise en place entraînant des coûts disproportionnés. Dans ce cas, l'exploitant devra proposer une solution alternative permettant le contrôle du respect du débit réservé.

Lorsqu'un dispositif de mesure *in situ* aura été installé lors de la phase de pré-instruction (cf. 3.2.) afin de valider le module proposé, il conviendra que l'acte administratif prescrive la poursuite de l'exploitation des données sur une période minimale de cinq années.

Pour les ouvrages existants dont le règlement d'eau ou le cahier des charges impose d'ores et déjà un dispositif de contrôle, l'autorité administrative veillera à ce que les prescriptions concernant ce dispositif soient bien respectées. Dans le cas contraire, les services mettront en demeure les propriétaires/gestionnaires d'ouvrages de régulariser la situation dans un délai de dix mois.

Enfin, les services chargés de la police de l'eau devront établir un plan de contrôle des débits réservés sur les ouvrages concernés. Ce plan de contrôle ciblera en priorité les ouvrages existants dont le règlement d'eau ou le cahier des charges n'impose pas de dispositif de contrôle.

### *3.8.3. Suivi écologique du débit minimal*

Lorsqu'elle fixe un débit réservé, l'autorité administrative peut imposer, un suivi afin d'évaluer l'impact du nouveau débit minimal sur le milieu afin de le réajuster ultérieurement si nécessaire. Cette prescription doit être motivée par les enjeux écologiques liés au cours d'eau et l'impact du barrage.

Ce suivi peut comporter des analyses physico-chimiques, des résultats d'échantillonnages biologiques (macro-invertébrés, poissons...), et un suivi hydromorphologique. Les compartiments à suivre par paramètre sont à sélectionner parmi ceux listés en annexe 5 relative aux « Eléments constitutifs du suivi écologique du débit minimal ». Les suivis doivent être proportionnés en fonctions des enjeux écologiques présent et des impacts de l'ouvrage sur le cours d'eau. Ces suivis peuvent intégrer les données issues des suivis préexistants (suivi DCE, autres législations) si la localisation des stations de surveillance s'avère pertinente pour le suivi de l'incidence du nouveau débit réservé.

**Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques.**

**ANNEXE 2**

**Les Méthodes d'aide à la  
détermination de valeur  
de débit Minimum**

Les auteurs

---

**Prénom et nom : Philippe Baran**

**Fonction ou mission : Ingénieur**

**Email : philippe.baran@onema.fr**

**Adresse : Pôle d'Ecohydraulique - IMFT, allée du professeur Camille Soula 31400 TOULOUSE**

<b>Droits d'usage :</b>	<b>Accès libre</b>
Couverture géographique :	<b>Nationale</b>
Niveau géographique	
Niveau de lecture:	<b>Professionnels, experts</b>
Nature de la ressource :	<b>Document</b>

# Les méthodes d'aide à la détermination de valeurs de débit minimum

Philippe BARAN

<b>1</b>	<b><i>Contexte et problématique.....</i></b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b><i>Débit minimum et fonctionnement des eaux courantes.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Régimes hydrologiques et fonctionnement des eaux courantes.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Rôles des bas débits dans le fonctionnement des cours d'eau.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Altérations des régimes hydrologiques et incidences sur les eaux courantes.....</i></b>	<b>8</b>
2.3.1	<i>Caractérisation des altérations hydrologiques liées à un prélèvement-restitution.....</i>	8
2.3.2	<i>Incidences de la réduction des débits sur le fonctionnement des écosystèmes.....</i>	9
<b>3</b>	<b><i>Les méthodologies d'aide à la fixation de débit minimum. ....</i></b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Les méthodes hydrologiques.....</i></b>	<b>10</b>
3.1.1	<i>Principes.....</i>	10
3.1.2	<i>Descriptions.....</i>	10
3.1.3	<i>Exemples de résultats.....</i>	11
3.1.4	<i>Valeurs caractéristiques des étiages naturels sur 74 stations réparties dans différentes régions de France.....</i>	13
3.1.5	<i>Intérêts d'application.....</i>	13
3.1.6	<i>Limites d'application.....</i>	13
3.1.6	<i>Préconisations pour l'utilisation de ces méthodes.....</i>	14
<b>3.2</b>	<b><i>Les méthodes hydrauliques.....</i></b>	<b>14</b>
3.2.1	<i>Principes.....</i>	14
3.2.2	<i>Descriptions.....</i>	15
3.2.3	<i>Exemples de résultats.....</i>	15
3.2.4	<i>Intérêts d'application.....</i>	16
3.2.5	<i>Limites d'application.....</i>	16
3.2.6	<i>Préconisations d'utilisation.....</i>	17
<b>3.3</b>	<b><i>Les méthodes d'habitat.....</i></b>	<b>17</b>
3.3.1	<i>Principes.....</i>	17
3.3.2	<i>Descriptions.....</i>	17
3.3.3	<i>Exemples de résultats.....</i>	20
3.3.4	<i>Limites d'application.....</i>	20
3.3.5	<i>Préconisations d'utilisation.....</i>	22
<b>4</b>	<b><i>DEBITS MINIMUMS ET CONTINUITÉ ECOLOGIQUE.....</i></b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b><i>PRECONISATIONS.....</i></b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b><i>ELEMENTS CONSTITUTIFS DE L'ETUDE DE DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE PRESENTÉE PAR LE PETITIONNAIRE.....</i></b>	<b>24</b>

## SYNTHESE

Les débits minimums biologiques doivent garantir la reproduction, la croissance et les déplacements des organismes aquatiques. Ces valeurs peuvent être différentes selon le contexte hydrologique, morphologique et biologique des masses d'eau ainsi que selon les enjeux écologiques (maintien des habitats et/ou de la continuité écologique).

La réduction des valeurs de débits minimums peut profondément modifier les communautés biologiques tant au niveau de leur croissance, leur survie que de leur déplacement et leur migration. De très nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence des impacts importants principalement sur les communautés piscicoles (modification des structures de peuplement, réduction des abondances, changements dans les structures en âge). Ils dépendent de l'intensité des perturbations hydrauliques et morphologiques.

Il est donc nécessaire de disposer d'outils d'aide à la définition de ces valeurs minimales. Ces valeurs de débits devront garantir les habitats en aval des dérivation et/ou des prélèvements mais également la libre circulation des espèces dans les tronçons de rivières et au droit des ouvrages de prélèvement et dérivation d'eau.

Nous avons donc distingué les méthodes et les approches propres aux débits minimums et aux habitats des tronçons aval des ouvrages et les approches propres à la libre circulation piscicoles.

Les outils disponibles pour les débits minimums et les habitats ont été développés depuis plus de 30 ans dans de très nombreux pays.

### 1) Trois catégories de méthodes existent actuellement.

- les méthodes dites hydrologiques basées uniquement sur l'analyse des chroniques de débits,
- les méthodes dites hydraulique basées sur la relation entre les paramètres hydrauliques, la morphologie du cours d'eau et la valeur de débit minimum,
- les méthodes dites d'habitat qui croise l'évolution des caractéristiques hydrauliques avec les préférences biologiques d'espèces, de stades de développement ou de groupes d'espèces.

Ces 3 catégories de méthodes ne s'excluent pas mutuellement. Elles doivent être utilisées en combinaison

2) **Les méthodes hydrologiques fixent des valeurs** seuils en se basant soit sur les courbes de débits classés (Q99, Q97.5, Q95 ou le Q90), soit sur des valeurs moyennes de débits associées à des durées (VCN7 de retour 10 ans), soit sur le pourcentage d'une valeur caractéristique du régime hydrologique (30 à 75% des débits moyens minimum mensuels de retour 5 ans ; 2,5 à 50% de débit moyen interannuel)

L'analyse des étiages de 74 régimes hydrologiques peu perturbés montre que les étiages des cours d'eau de moyenne et haute montagne sont très souvent supérieurs au 1/10ème du module. Seuls 21,6% des sites présentent des débits d'étiage mensuels de retour 5 ans inférieurs au 1/10ème du module et cette valeur tombe à 5,4% pour les moyennes interannuelles (QMNA). Ces résultats sont très variables en fonction des régions avec des étiages sévères (<10% du module) pour les rivières méditerranéennes, des étiages marqués (proche de 10% du module) pour les rivières de Bretagne, du sud de la Normandie, du Massif-Central (bassin de la Dordogne) et du Jura, des étiages modérés (15% du module) pour les Vosges et l'est du Massif-Central et enfin des étiages soutenus (>20% du module) pour les Alpes et les Pyrénées.

3) **Les méthodes hydrauliques** s'appuient essentiellement sur la relation entre la surface mouillée et la valeur de débit. Cette relation dépend de la morphologie du cours d'eau avec toutefois trois plages de débits :

- une plage de débit pour lesquels la surface mouillée diminue très significativement,
- une plage de débit où la surface mouillée évolue peu,
- une plage de débit correspondant au basculement entre les deux précédentes.

Le choix des débits minimums doit s'effectuer au sein de cette dernière plage.

Globalement, l'application des méthodes hydrauliques montre que la plage de débit à partir de laquelle les conditions hydrauliques et la surface mouillée évoluent très nettement se situe très souvent entre 15 et 35% du module.

4) **Les méthodes d'habitat** se sont développées à partir des années 1970 au USA et 1980 en France. La plus connue d'entre elle en France est la méthode des microhabitats (Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) aux USA).

Ces méthodes font plusieurs postulats :

- la majorité des organismes aquatiques d'eaux courantes présentent des préférences marquées pour les conditions hydrauliques (vitesse et hauteur d'eau) ainsi souvent que pour les substrats,
- les modifications de ces conditions hydrauliques en fonction des valeurs de débits affecteront donc les organismes aquatiques dans leur distribution, leur comportement et leur croissance,

En connaissant l'évolution des conditions hydrauliques dans un tronçon de cours d'eau en fonction du débit ainsi que les préférences des espèces présentes, il est donc possible d'établir une relation entre un potentiel d'accueil pour les espèces et la valeur de débit et ainsi d'effectuer un choix. En France, trois approches ont été développées :

- la méthode EVHA (Evaluation de l'Habitat), qui repose sur la caractérisation hydraulique et topographique d'une station et l'utilisation d'un modèle hydraulique pour calculer les différentes valeurs de vitesses et de hauteur d'eau à plusieurs débits,
- la méthode LAMMI (Logiciel d'Application de la Méthode des Microhabitats) qui mesure directement les conditions de hauteurs d'eau et de vitesses à différents débits,
- la méthode ESTIMHAB qui est un fait une modélisation des résultats de la méthode EVHA. L'évolution des surfaces d'habitat disponibles en fonction du débit a été directement reliée à la géométrie du lit, aux grandeurs hydrauliques que sont le nombre de Froude et le nombre de Reynolds et à la valeur de débit médian du cours d'eau. On retrouve dans cette approche les principes des relations entre hydrauliques, surface mouillée et géométrie du cours d'eau qui dépend elle-même de l'hydrologie.

Les résultats issus de ces méthodes sont très sensibles :

- à la représentativité des sites de mesures et à leur caractéristique topographique. Les outils EVHA et ESTIMHAB ont été surtout développés pour les cours d'eau de pente <5%,
- au choix des modèles biologiques utilisés,



- à la situation morphologique du cours d'eau. Dans des situations hydrologiques et morphologiques modifiés (tronçon dérivé par exemple), la réponse des habitats au débit sera calée sur le module effectif du cours d'eau et non pas sur le module naturel.

Leur utilisation doit donc préalablement reposer sur un choix de cible biologique précise tant en matière d'espèce que de stade de développement. Il est nécessaire de privilégier les espèces sensibles aux conditions hydrauliques telles que les salmonidés et les cyprinidés d'eau vives ainsi que les stades adultes et/ou la reproduction.

5) **La définition d'une valeur de débit minimum pour garantir les habitats** dans un tronçon de rivière doit croiser l'ensemble des méthodologies dans une approche hiérarchique qui progresse par étape successive et qui n'oriente pas systématiquement vers les méthodes d'habitat les plus sophistiquées. Elle s'appuiera sur une très bonne connaissance :

- de la situation écologique du tronçon de cours d'eau (espèces et les stades de développement réellement sensibles à la réduction des débits),
- de l'emprise de l'installation qui définira le niveau d'impact potentiel (longueur du tronçon court-circuité, débit d'équipement, hauteur de l'ouvrage rapportée à la pente du cours d'eau...),
- de l'ensemble des modifications hydrologiques apportées par le projet (valeurs de débit minimum, débits de crues, amplitudes et gradients de variations),
- des modifications morphologiques du tronçon déjà impacté dans le cas d'un aménagement existant (travailler en complément sur un site témoin si ces modifications sont importantes),
- des enjeux vis-à-vis de la continuité écologique afin de baser les valeurs de débit favorisant l'attractivité des dispositifs de franchissement en montaison et en dévalaison.

## 1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

La fixation de valeurs de débit minimum dans les cours d'eau constitue une mesure correctrice importante pour garantir le fonctionnement des écosystèmes soumis à des pressions de prélèvements et/ou de dérivation d'eau. La loi sur l'eau dans son article L214-18 a fixé les conditions réglementaires permettant de définir des valeurs de débit minimum dans les cours d'eau soumis à des activités influençant les volumes d'eau écoulés dans un tronçon de rivière.

Ces valeurs ont pour objectif de garantir à minima l'intégrité du cours d'eau soumis à de fortes pressions d'usages de l'eau. La forte variabilité des enjeux environnementaux à l'échelle du territoire nationale, la diversité des contextes hydrologiques ainsi que des usages doit amener à proposer des outils et des démarches permettant selon les situations de proposer des valeurs de débit minimal adaptées à chaque situation.

Ces valeurs minimales constitueront le débit réservé (débit réglementaire délivré au droit des ouvrages) et seront en fait composées :

- d'un débit minimum garantissant la vie, la reproduction et la circulation des poissons dans le tronçon court-circuité lorsque celui-ci existe,
- d'un débit minimum assurant le fonctionnement des dispositifs de montaison qu'il soit situé au droit du barrage et/ou de l'usine,
- d'un débit minimum permettant l'évacuation des poissons en amont des ouvrages (barrage, usine).

Depuis la Loi pêche de 1984 et avec les renouvellements des concessions et autorisations de nombreux ouvrages, différents outils et méthodes ont été proposés et utilisés pour aider à la définition de débit minimum biologique.

La mise en œuvre du nouveau cadre réglementaire réclame de faire un bilan des différentes méthodes disponibles dans le domaine ainsi que de présenter des éléments de réflexion sur les démarches à adopter en fonction des différents contextes et des enjeux. Cette démarche est d'autant plus importante que les méthodes disponibles mettent l'accent sur l'un des enjeux à savoir le maintien des habitats dans le tronçon court-circuité et qu'il convient d'y ajouter les enjeux associés à la continuité écologique.

Le pôle d'écohydraulique, régulièrement sollicité pour l'appui technique dans le domaine de l'application des méthodes d'aide à la fixation de des débits minimums ainsi que dans celui des ouvrages dédiés et donc des débits à la libre circulation a proposé de réaliser une note technique sur ce thème.

La présente note a pour objectifs :

- de rappeler le rôle des débits minimums dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et les impacts induits par les altérations des ces valeurs de bas débits,
- de présenter et d'analyser les méthodes disponibles pour l'aide à la fixation de valeurs seuils,
- de proposer une démarche hiérarchique permettant d'adapter le choix et la mise en œuvre des méthodes aux contextes et aux enjeux.

## **2 DEBIT MINIMUM ET FONCTIONNEMENT DES EAUX COURANTES**

### **2.1 Régimes hydrologiques et fonctionnement des eaux courantes.**

Le débit constitue la variable clé du fonctionnement des cours d'eau. Les régimes hydrologiques vont conditionner la morphologie de la rivière, les habitats et la biologie. Ce sont l'ensemble des caractéristiques des régimes qui interviennent :

- les volumes écoulés à différentes échelles de temps (journalières, saisonnière, annuelles),
- les fréquences auxquelles certaines valeurs de débits particulières sont observées,
- les durées de certaines valeurs de débits (périodes durant lesquelles le débit dépasse ou est inférieur à une valeur seuil donnée),
- la prévisibilité des événements (régularité avec laquelle certains épisodes hydrologiques reviennent),

Si les fortes valeurs de débits conditionnent beaucoup la morphologie et le renouvellement des habitats, les bas débits peuvent fortement influencer les organismes aquatiques en terme notamment de capacité de survie. Le maintien de valeurs minimales est donc essentiel pour garantir l'état écologique des masses d'eau.

### **2.2 Rôles des bas débits dans le fonctionnement des cours d'eau.**

Les valeurs de faibles débits vont conditionner :

- la situation morphologique du cours d'eau en terme de surface en eau,
- les conditions hydrauliques (hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement),
- les conditions physico-chimiques, principalement la température et l'oxygène dissous.

Ces caractéristiques vont directement influencer :

- l'habitat des espèces en quantité et en qualité,
- les possibilités de déplacements et de migration des espèces (continuité écologique),
- les capacités de dilution de rejets.

La valeur de débit minimum doit donc être analysée au travers de ces 3 critères (habitat, continuité écologique, qualité des eaux).

### **2.3 Altérations des régimes hydrologiques et incidences sur les eaux courantes**

#### **2.3.1 Caractérisation des altérations hydrologiques liées à un prélèvement-restitution.**

Les prélèvements d'eau en rivière vont modifier plusieurs des caractéristiques des régimes hydrologiques.

Par rapport à des situations d'étiage non influencées sur des cours d'eau présentant un potentiel pour la production hydroélectrique, les débits réservés au 1/40<sup>ème</sup> du module représentent globalement des diminutions de 75 à 90% des valeurs caractéristiques des étiages (QMNA, VCN10, Q90, Q95) tandis que le 1/10<sup>ème</sup> du module représente une valeur de 17 à 60% inférieure aux situations naturelles. Cette valeur correspond à des débits

rencontrés en moyenne moins de 1% du temps dans des régimes naturels de cours d'eau de basse à haute montagne.

Les rapports entre les débits minimaux et maximaux lors de certains événements (crues, déversements aux barrages de prise d'eau) vont également être plus forts qu'en régime naturel ceci en fonction du débit prélevé (débit d'équipement de l'installation dans le cas de l'hydroélectricité) et de l'importance de l'évènement hydrologique de crue.

Dans des cours d'eau de moyenne et haute montagne, pour des crues de 2 à 6 fois le module, le rapport (débit max./débit min) passe de valeurs variant entre 4 et 20 à des valeurs de 25 à plus de 100.

La prévisibilité des événements hydrologiques est également modifiée notamment en terme de bas débit. Alors qu'en régime naturel, les situations d'étiage reviennent globalement aux mêmes périodes (été ou hiver), en situation de débit dérivé, les périodes de faible débit interviendront à différentes saisons.

### 2.3.2 Incidences de la réduction des débits sur le fonctionnement des écosystèmes.

Les modifications des régimes hydrologiques par des activités de prélèvements, de stockage et/ou de restitution peuvent avoir de nombreuses incidences sur le fonctionnement biologique des cours d'eau. Dans la présente note, nous ne nous intéresserons qu'aux impacts induits directement ou indirectement par la réduction des valeurs de bas débits.

#### *2.3.2.1 Les incidences morphologiques, hydrauliques et sur les habitats.*

La réduction des valeurs de bas débits conduit à des modifications des conditions hydrauliques (10 à 90% de réduction de la hauteur d'eau et des vitesses) et des pertes de surfaces mouillées proportionnelles à la valeur de débit (respectivement 25% et 75% en moyenne pour des débits réservés proches du 1/10<sup>ème</sup> et du 1/40<sup>ème</sup> du module dans des rivières de montagne).

#### *2.3.2.2 Les incidences biologiques*

##### **2.3.2.2.1 Sur la végétation.**

Les réductions de valeurs de débits sur des périodes assez longues se traduisent par des développements de macrophytes plus accentués surtout lorsqu'en plus des étiages, les débits de crue sont également très réduits. Les développements de périlython sont souvent plus importants dans les tronçons à débit réduits ceci en raison des changements dans les communautés d'invertébrés qui modifient les cycles de la matière organique.

##### **2.3.2.2.2 Sur la faune d'invertébrés.**

Les faunes d'invertébrés sont surtout modifiées dans leur structure et dans les équilibres entre les différents groupes fonctionnels en regard de leur aptitude à dégrader la matière organique. Les taxons à très fort degré de rhéophilie peuvent également être pénalisés. Les changements quantitatifs sont en revanche moins marqués.

##### **2.3.2.2.3 Sur les poissons.**

La grande majorité des travaux sur les incidences des réductions de débits ont conclu à de fortes modifications qualitatives et quantitatives dans les communautés piscicoles. Dans des peuplements monospécifiques de truites, les abondances sont réduites de 10 à plus de 80% selon la valeur de débit réservé (Shirvell, 1979 ; Baran *et al.*, 1995 ; Demars, 1985). Dans les zones moins apicales, les peuplements évoluent vers une dominante d'espèces et d'individus de petites tailles au détriment des espèces et individus de grande taille (Reijol;

2002 ; Ovidio *et al.*, 2008). Les caractéristiques biologiques telle que la croissance peuvent également être modifiées (Lagarrigue, 2000).

### **3 LES METHODOLOGIES D'AIDE A LA FIXATION DE DEBIT MINIMUM.**

Dans ce chapitre, nous aborderons les débits minimums nécessaires au maintien des habitats de croissance et de reproduction des espèces dans les tronçons court-circuités.

Les méthodes d'aide à la détermination de débits minimum dans les cours d'eau ont surtout été développées au cours des 40 dernières années. Ces différents outils peuvent être classés en 3 grandes catégories :

- les méthodes dites hydrologiques basées uniquement sur l'analyse des chroniques de débits,
- les méthodes dites hydraulique basées sur la relation entre les paramètres hydrauliques, la morphologie du cours d'eau et la valeur de débit minimum,
- les méthodes dites d'habitat qui croise l'évolution des caractéristiques hydrauliques avec les préférences biologiques d'espèces, de stades de développement ou de groupes d'espèces.

A ces 3 groupes, il faut ajouter les méthodes dont l'objectif n'est pas uniquement de fixer des valeurs de débits minimum mais d'aider à la définition de régimes hydrologiques. Elles reposent sur la prise en compte de l'ensemble du fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes en tenant des besoins des tous les compartiments. Ces méthodes développées au cours des 15 dernières années sont appelées méthodes holistiques. Nous ne les décrivons pas dans cette note car les termes de la Loi ne définissent qu'une seule exigence de valeur minimum ou éventuellement une modulation et pas un ensemble de caractéristiques du régime hydrologique.

Il existe également un ensemble de méthodes qui croisent les informations des 3 catégories précédemment citées.

#### **3.1 Les méthodes hydrologiques.**

##### **3.1.1 Principes.**

Ces méthodes ont été les premières à être mises au point. Elles sont utilisées dans de nombreux pays (25% des usages aux USA, 40% au Canada ou en Grande-Bretagne, plus de 50% en Espagne ou au Portugal (Tharme, 2003)). Elles reposent toutes sur l'analyse du cycle hydrologique naturel et plus particulièrement sur les valeurs caractéristiques des conditions d'étiage.

Elles font le postulat du rôle clé de l'hydrologie et plus particulièrement des bas débits dans le fonctionnement des cours d'eau et sur la nécessité de maintenir un certain niveau de débit proportionnel à la situation naturelle afin de garantir un niveau minimum de perturbations.

##### **3.1.2 Descriptions.**

Les différentes méthodes hydrologiques se classent en 3 catégories selon le type de données de débit qu'elles utilisent.

- Les méthodes s'appuyant sur les courbes de débits classés.

Ces méthodes se basent sur la courbe des débits classés du cours d'eau et définissent des valeurs seuils pour fixer le débit minimum. On retrouve de nombreuses valeurs parmi lesquelles :

- le Q99, Q97.5, Q95 ou le Q90 qui retiennent les valeurs de débits dépassées pendant 99%, 97.5%, 95% ou 90% du temps dans l'année,
- Les méthodes s'appuyant sur des valeurs moyennes de débits associées à des durées.

Ces méthodes utilisent les valeurs moyennes de débits pendant des périodes de temps donné. Elles correspondent aux VCN. Au Brésil, en Amérique du Nord ou en Italie, c'est la valeur du débit moyen sur 7 jours consécutifs avec une probabilité de n'être dépassée qu'une fois tous les 10 ans qui est utilisée.

- Les méthodes s'appuyant sur le pourcentage d'une valeur caractéristique du régime hydrologique :
  - Valeurs caractéristiques des étiages : 30-75% des débits moyens minimum mensuels de retour 5 ans (Nouvelle-Zélande),
  - Valeurs de débit moyen interannuel : de 2,5 à 50% selon les pays et les régions.

L'ensemble de ces méthodes demande une bonne connaissance de l'hydrologie naturelle du cours d'eau sur une période de temps relativement longue afin de fournir des valeurs statistiques fiables.

Ces méthodes ne reposent pas directement sur des validations biologiques. Aucune étude permettant de relier un état écologique d'un cours d'eau avec une valeur caractéristique des étiages n'est en effet disponible. Seule les travaux de Tennant sur les cours d'eau du Montana ont permis de fournir une base sur la relation entre débit minimum exprimé en % du module et situation morphologique et biologique du cours d'eau.

### 3.1.3 Exemples de résultats.

Afin de fournir des éléments guides concernant les méthodes hydrologiques, nous avons analysé les régimes hydrologiques de 74 stations de la banque HYDRO représentant différents types de régimes hydrologiques dans différentes régions.

Nous avons ainsi extrait les valeurs caractéristiques des étiages (QMNA ; QMNA5, VCN3 et VCN10) ainsi que celles utilisées dans un certain nombre de méthodes (Q90, Q95, Q99).

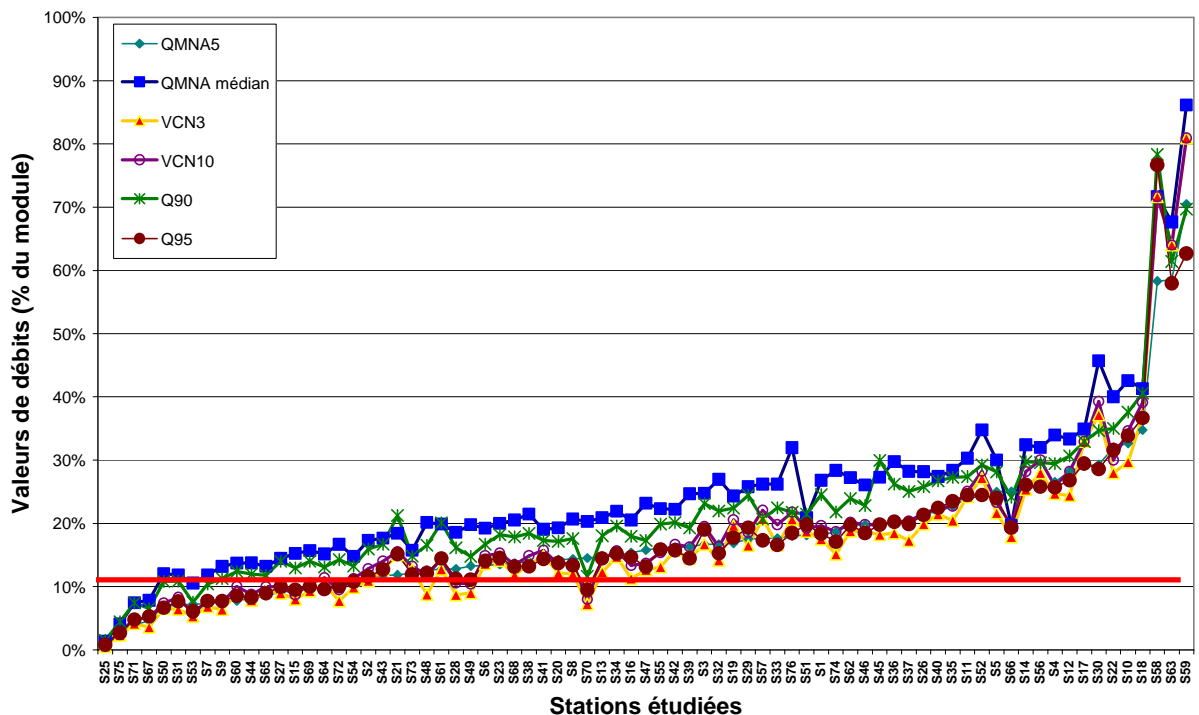
	Moyenne (en % du module)	Médiane (en % du module)	1 <sup>er</sup> quartile (en % du module)	Nombre de sites <10% du module
<b>QMNA5</b>	17.9%	15.6%	11.6%	21.6%
<b>QMNA</b>	24.4%	21.2%	16.8%	5.4%
<b>VCN3</b>	17.4%	14.3%	9.3%	29.7%
<b>VCN10</b>	18.9%	15.6%	10.7%	14.9%
<b>Q90</b>	21.9%	19.7%	14.4%	6.8%
<b>Q95</b>	17.9%	14.9%	10.9%	21.6%
<b>Q364</b>	10.1%	6.9%	4.6%	70.3%
<b>VCN7<sub>10</sub></b>	12.0%	8.8%	5.5%	56.0%

### Moyennes des caractéristiques d'étiage et des valeurs utilisées dans certaines méthodes hydrologiques exprimées en % du module.

Les valeurs moyennes et médianes caractérisant les étiages sur les 74 stations étudiées sont toujours supérieures au 1/10<sup>ème</sup> du module à l'exception des valeurs du Q364 qui correspond au débit minimal journalier rencontré 1 jour par an et du VCN7 de retour 10 ans. Pour plus de 75% des sites, les valeurs sont proches ou supérieures au 1/10<sup>ème</sup> du module pour quasiment toutes les variables étudiées.

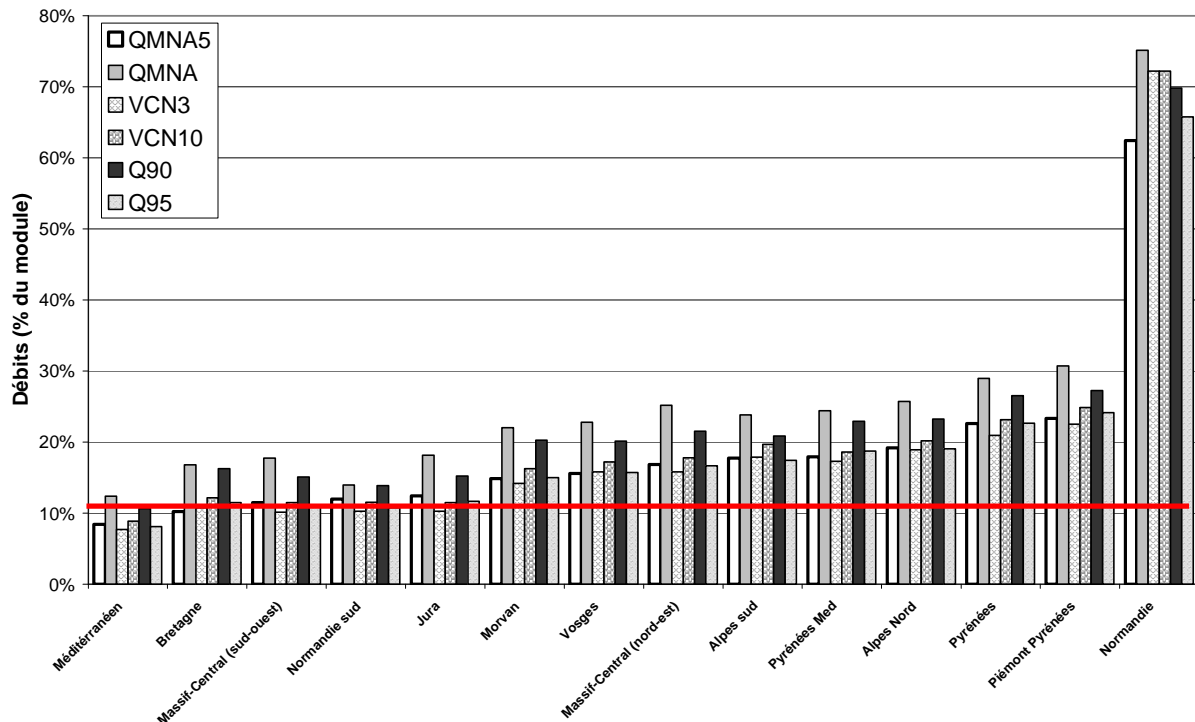
En terme de débits mensuels, seuls 21,6% des sites présentent des débits d'étiage mensuels de retour 5 ans inférieurs au 1/10<sup>ème</sup> du module et cette valeur tombe à 5,4% pour les moyennes interannuelles (QMNA). Le 1/10<sup>ème</sup> du module représente 65% du QMNA5 et 50% du QMNA pour plus de la moitié des sites.

Les moyennes des valeurs d'étiage sur 3 jours consécutifs sont inférieures à 10% du module dans 30% des sites. En terme de débits classés, le 1/10<sup>ème</sup> du module ne correspond au débit dépassé 90% du temps que pour seulement 7% des stations retenues.



*Valeurs caractéristiques des débits d'étiages pour les 74 stations étudiées.*

Les débits caractéristiques d'étiage inférieurs à 10% du module ne sont pas des situations très fréquentes ni dans le temps ni à l'échelle du territoire Français.



*Valeurs caractéristiques des étiages naturels sur 74 stations réparties dans différentes régions de France.*

Il existe une forte variabilité régionale en terme de débits minimum d'étiage. La hiérarchie s'établit depuis les cours d'eau méditerranéens jusqu'aux rivières de nappes Normandes (Bresle, Durdent, Touques...) en passant par les rivières de Bretagne, du sud de la Normandie, du Massif-Central (bassin de la Dordogne) des Vosges puis des deux grands massifs montagneux que sont les Alpes et les Pyrénées. Globalement, hormis sur la façade ouest du Massif-Central et dans le Jura, les cours d'eau de montagne fortement utilisés pour la production hydroélectrique présentent des débits d'étiage largement supérieurs à 10% du module. Dans les Alpes, les Pyrénées et même les cours d'eau de la partie amont du bassin de la Loire, les débits d'étiage mensuels varient entre 16 et 30% du module. Dans les Pyrénées, seuls le Q364 est proche du 1/10<sup>ème</sup> du module. Dans zones de haute de montagne, seul les cours d'eau de très haute altitude soumis à la prise en glace et en neige peuvent présenter des valeurs ponctuellement inférieures à 10% du module.

#### 3.1.4 Intérêts d'application.

Les méthodes basées sur les cycles hydrologiques permettent souvent une approche simple et relativement rapide en terme de valeurs de débit minimum. Elles réclament une bonne analyse des cycles hydrologiques et notamment une bonne description des situations d'étiage ce qui permet d'effectuer une réelle comparaison avec la situation modifiée par un projet de prélèvement ou de dérivation.

Elles constituent une base de référence pour la mise en œuvre d'autres méthodes car elles permettent de remettre en perspective la valeur de débit minimum proposée pour un aménagement avec les conditions naturelles d'étiage.

#### 3.1.5 Limites d'application.

Ces méthodes comportent toutefois un certain nombre de limites.



Aucune des valeurs guides indiquées dans les méthodes (Q99, Q97.5, Q95, Q90, Q95, VCN7 décennale, pourcentage du module ou des étiages mensuels...) ne reposent réellement sur des bases hydromorphologiques, hydrauliques ou écologiques. Elles n'ont pas été directement fixées à partir du croisement de chroniques hydrologiques et de chroniques biologiques indiquant les seuils en dessous desquels la qualité écologique des écosystèmes diminuait très significativement. De la même façon, aucune étude n'a réellement montré qu'en moyenne les paramètres hydrauliques et les surfaces mouillées diminuaient très nettement pour des débits inférieurs au Q90, au Q95 ou au Q99.

Les méthodes hydrologiques réclament également une bonne connaissance des cycles de débits avec des chroniques relativement longues et surtout des situations hydrologiques peu perturbées en étiage ce qui est assez peu souvent le cas.

Si elles ne sont pas régionalisées, ce qui est rarement le cas, ces méthodes ne tiennent alors pas compte de la morphologie du cours d'eau qui peut largement influencer la sensibilité des communautés biologiques (Beecher, 1990).

### 3.1.6 Préconisations pour l'utilisation de ces méthodes.

- Disposer de chroniques hydrologiques de référence (peu perturbées par des prélèvements et/ou des transferts) relativement longues (plus de 10 années) soit dans le bassin concerné soit dans un bassin aux caractéristiques les plus proches possibles,
- Analyser les étiages du cours d'eau tant au niveau des valeurs moyennes mensuels que des durées. Les valeurs de retour biennuel et les durées continues supérieures à 10 jours constituent des références écologiquement pertinentes pour le fonctionnement écologique du cours d'eau. Les valeurs caractérisant des étiages de retour supérieur à 5 ans représentent des conditions exceptionnelles et non des références pour le fonctionnement de la rivière. Le choix de ce type de valeur minimale constituera une altération très significative des conditions d'étiage pour le cours d'eau.
- L'analyse devra s'appuyer sur les valeurs moyennes mais aussi sur la variabilité des conditions d'étiage. En effet, pour une même valeur moyenne, certains cours d'eau peuvent présenter de très fortes variations inter-annuelles alors que d'autres seront beaucoup plus stables.

## 3.2 **Les méthodes hydrauliques**

### 3.2.1 Principes.

Les méthodes hydrauliques ont été développées dans les années 1960-1970. Il en existe environ 23 types d'application (Tharme 2003) dont beaucoup concernent des cours d'eau à salmonidés. La plus utilisée est la méthode dite du périmètre mouillé.

Le principe de ces méthodes repose sur l'étude des variations des paramètres hydrauliques et des surfaces en eau en fonction de la valeur de débit. Ces relations sont de type puissance :

$$Larg\ eur = D\ ébit^{(0.45 / 0;54)} \quad (\text{Park , 1977 ; Kellerhals et Church, 1989 ; Mosley, 1982}).$$

Elles font le postulat qu'une réduction significative de certains paramètres et notamment des surfaces mouillées peut avoir des incidences fortes sur les communautés biologiques notamment par l'intermédiaire d'une perte des surfaces de production de nourriture (périphyton, invertébrés) que sont les substrats du fond (White, 1976 ; Jowett, 1997). Ces différentes méthodes proposent de définir une valeur de débit minimum qui correspond à celle à partir de laquelle les caractéristiques hydrauliques (surtout les profondeurs) et les

surfaces en eau diminuent très significativement. L'objectif est de maintenir un maximum de surface de production en eau.

### 3.2.2 Descriptions.

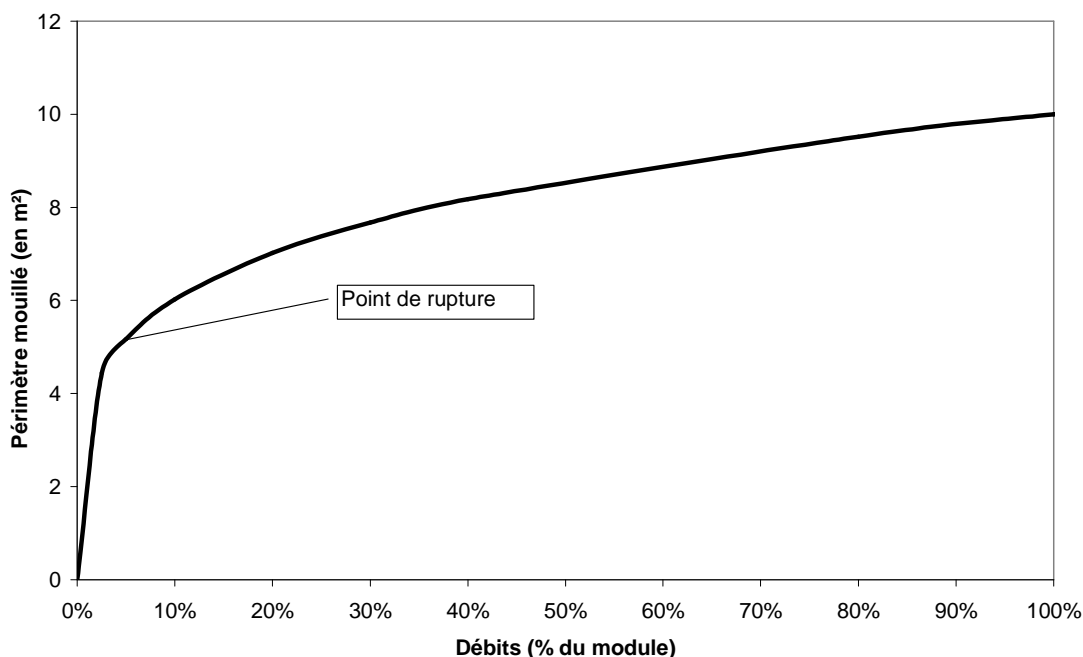
Toutes les méthodes adoptent pratiquement le même protocole. Sur une station représentative, les conditions hydrauliques de hauteurs d'eau et de vitesses de courant sont décrites à partir de transects à une valeur de débit donné. Ensuite, soit ces mesures sont répétées à plusieurs débits soit des modèles hydrauliques sont utilisés afin de calculer les valeurs des paramètres à différents débits.

L'évolution de plusieurs caractéristiques peut être appréhendée :

- les vitesses et hauteurs d'eau moyenne,
- les largeurs mouillées,
- le périmètre mouillé.

L'analyse peut porter sur la totalité de la station ou uniquement sur les faciès jugés les plus sensibles lors des variations de débits (en général, les faciès de type radier).

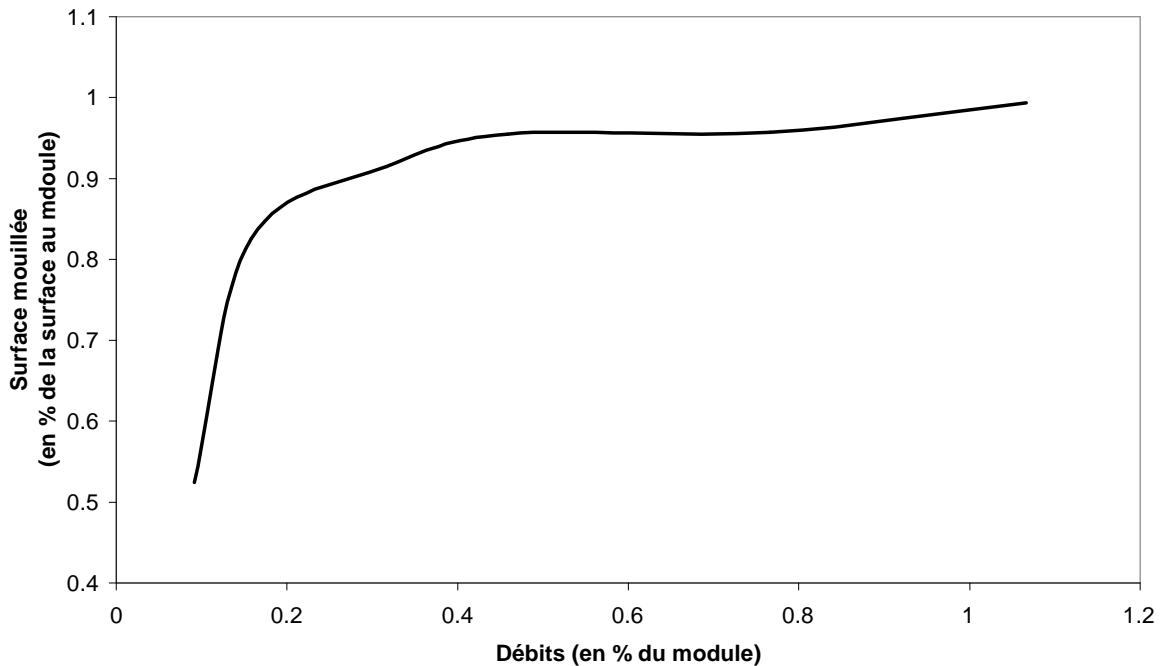
Une fois les relations établies, la valeur de débit minimum retenue correspond en général au point de rupture de la courbe à partir duquel les caractéristiques diminuent très significativement.



*Evolution du périmètre mouillé en fonction du débit et définition de la valeur seuil de débit correspond au point d'inflexion de la fonction  $P = f(Q)$ .*

### 3.2.3 Exemples de résultats.

Une synthèse de l'application de ces outils à différents types de cours d'eau Français de moyenne et haute montagne montre que les valeurs de débits à partir desquels les pertes de surface en eau deviennent très significatives varient de 15 à 35% du module avec une majorité de situations autour de 18-22% du module.



M

*oyennes des évolutions de la largeur mouillée en fonction du débit – cours d'eau de haute et moyenne montagne*

En comparaison, les résultats obtenus sur différents cours d'eau Français sont très proches de ceux obtenus au USA avec des points de basculement qui se situent entre 10 et 35% du module pour des valeurs moyennes proches de 17% (O'Shea, 1995 ; Mann, 2006).

Cette relation dépend beaucoup de la taille du cours d'eau mais également du type d'habitat considéré avec des réductions beaucoup plus significatives pour les faciès de type radiers (faciès très utilisés pour le reproduction des poissons et la production d'invertébrés)

#### 3.2.4 Intérêts d'application.

Les méthodes hydrauliques réclament des investigations sur le terrain en matière de description de caractéristiques hydrauliques et morphologiques. Elles permettent donc, contrairement aux méthodes hydrologiques, de tenir compte des spécificités morphologiques des cours d'eau (pente, rugosité des fonds, forme des berges).

Leur utilisation permet assez rapidement d'obtenir des éléments quant à la sensibilité du cours d'eau à la réduction du débit. Les évolutions de surfaces mouillées présentent des profils particuliers avec très souvent une valeur seuil de débit en-deçà de laquelle une réduction très importante est observée.

#### 3.2.5 Limites d'application.

Ces méthodes réclament comme toute investigation sur le terrain un choix pertinent et représentatif en matière de site de mesures.

Les éléments qu'elles appréhendent ne sont fondés que sur les caractéristiques physiques. Elles dépendent directement du rapport entre régime hydrologique et géométrie du lit. Aucun critère biologique n'est pris en compte. L'absence d'élément écologique limite les interprétations notamment sur les valeurs brutes des paramètres hydrauliques (des valeurs de 20 cm de profondeur ou de 10 cm/s de vitesse de courant sont-elles

satisfaisantes pour les espèces présentes ; les radiers ou les profonds jouent-ils un rôle majeur dans le fonctionnement des communautés biologiques ?).

**Ces méthodes s'appliquent parfaitement dans des morphologies à chenal unique peu ou pas modifiées.** Par contre, pour des cours d'eau en tresse, l'évolution est beaucoup plus complexe. L'identification d'un seul point de basculement dans la courbe largeur = f(débit) est beaucoup plus délicate. Plusieurs seuils pourront être détectés en fonction des bras mis en eau.

#### 3.2.6 Préconisations d'utilisation.

- Disposer d'une ou plusieurs stations d'au moins 20 fois la largeur du cours d'eau et parfaitement représentatives du tronçon impacté par l'aménagement (éviter les singularités et notamment la partie aval des tronçons court-circuités dont la ligne d'eau peut être influencée par la restitution de l'usine),
- S'assurer de la pertinence de la modélisation hydraulique utilisée en effectuant au moins deux séries de mesures de largeur et de profondeur à des débits suffisamment différents,
- Se concentrer sur les habitats les plus impactés par la perte de surface mouillée (en général les radiers),
- Définir une valeur de débit minimal correspondant au seuil à partir duquel la surface mouillée et la hauteur d'eau diminuent significativement,
- Dans des tronçons à hydrologie modifiée, l'application de ces méthodes réclame des mesures sur une station de référence à morphologie similaire.

### **3.3 Les méthodes d'habitat**

#### 3.3.1 Principes.

Les méthodes d'habitat se sont développées à partir des années 1970 au USA et 1980 en France. Elles constituent aujourd'hui pratiquement 30% des méthodes disponibles. La plus connue d'entre elle en France est la méthode des microhabitats (Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) aux USA (Bovee, 1982).

Le principe de ces méthodes repose sur la relation entre les organismes aquatiques et les conditions hydrauliques. Elles font plusieurs postulats :

- la majorité des organismes aquatiques d'eaux courantes présentent des préférences marquées pour les conditions hydrauliques (vitesse et hauteur d'eau) ainsi souvent que pour les substrats,
- les modifications de ces conditions hydrauliques en fonction des valeurs de débits affecteront donc les organismes aquatiques dans leur distribution, leur comportement et leur croissance,

En connaissant l'évolution des conditions hydrauliques dans un tronçon de cours d'eau en fonction du débit ainsi que les préférences des espèces présentes, il est donc possible d'établir une relation entre un potentiel d'accueil pour les espèces et la valeur de débit et ainsi d'effectuer un choix.

#### 3.3.2 Descriptions.

Ces méthodes se basent sur une description des caractéristiques hydrauliques, des substrats du fond et de la topographie d'un tronçon de rivière et le croisement à un débit donné de ces caractéristiques avec les préférences d'une ou plusieurs espèces cibles à différents stades de développement.

Aux USA, le principal outil utilisé est le Physical HABitat SIMulation (PHABSIM). En France, trois approches ont été développées :

- la méthode EVHA (Evaluation de l'Habitat), qui repose sur la caractérisation hydraulique et topographique d'une station et l'utilisation d'un modèle hydraulique pour calculer les différentes valeurs de vitesses et de hauteur d'eau à plusieurs débits (Ginot, 1998 ; Ginot *et al.*, 1998),
- la méthode LAMMI (Sabaton *et al.*, 1995 ; Tissot *et al.*, 2008) (Logiciel d'Application de la Méthode des Microhabitats) qui mesure directement les conditions de hauteurs d'eau et de vitesses à différents débits,
- la méthode ESTIMHAB (Lamouroux *et Capra*, 2002, Lamouroux *et Souchon*, 2002 ; Souchon *et al.*, 2003; Sabaton, 2003) qui est une modélisation des résultats de la méthode EVHA. L'évolution des surfaces d'habitat disponibles en fonction du débit a été directement reliée à la géométrie du lit, aux grandeurs hydrauliques que sont le nombre de Froude et le nombre de Reynolds et à la valeur de débit médian du cours d'eau. On retrouve dans cette approche les principes des relations entre hydrauliques, surface mouillée et géométrie du cours d'eau qui dépend elle-même de l'hydrologie.

Trois éléments clés vont donc conditionner les résultats de ces approches :

- le choix des sites de mesures et le niveau de représentativité du tronçon de cours d'eau concerné,
- le choix des espèces cibles et de leur stade de développement ainsi que la connaissance de leur préférence pour les conditions hydrauliques et le substrat,
- la qualité de la modélisation hydraulique.

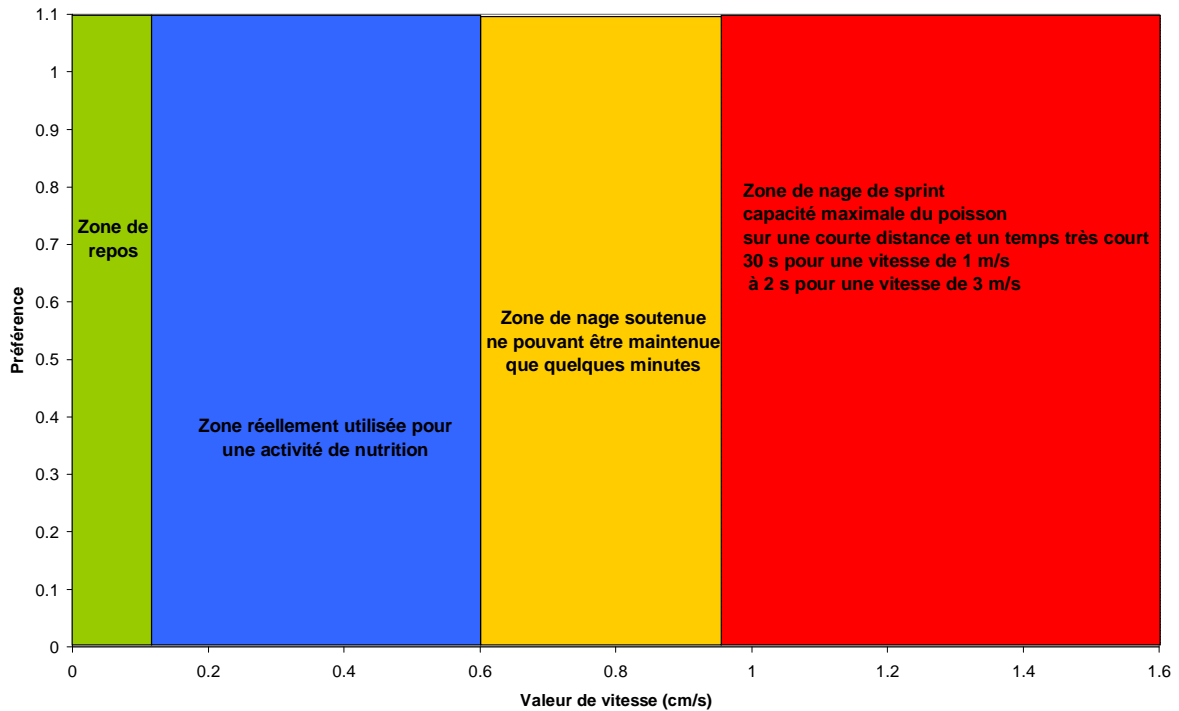
Des critères précis ont été définis dans les différentes approches Françaises afin d'assurer une bonne représentativité des sites d'étude (nombre de faciès d'écoulement, nombre de transects et de points de mesures).

Concernant les espèces, la majorité des développements ont été effectués pour la truite commune et dans une moindre mesure pour le saumon atlantique. Pour les autres espèces (principalement les cyprinidés d'eau vive), une caractérisation des préférences a été effectuée sur certains cours d'eau.

Le terme préférence recoupe en fait plusieurs aspects du comportement du poisson :

- la recherche de conditions hydrauliques et de substrat précises pour satisfaire un besoin particulier (reproduction, nutrition) ;
- la recherche de conditions hydrauliques assurant un minimum de dépense énergétique et un refuge pour le repos,
- les capacités de nage des espèces et des individus avec des valeurs limites ne permettant pas au poisson de se maintenir dans le cours d'eau.

Une courbe de préférence pour une espèce et un stade de développement englobe donc tous ces aspects et représente ainsi une description très générale de l'activité d'un individu.

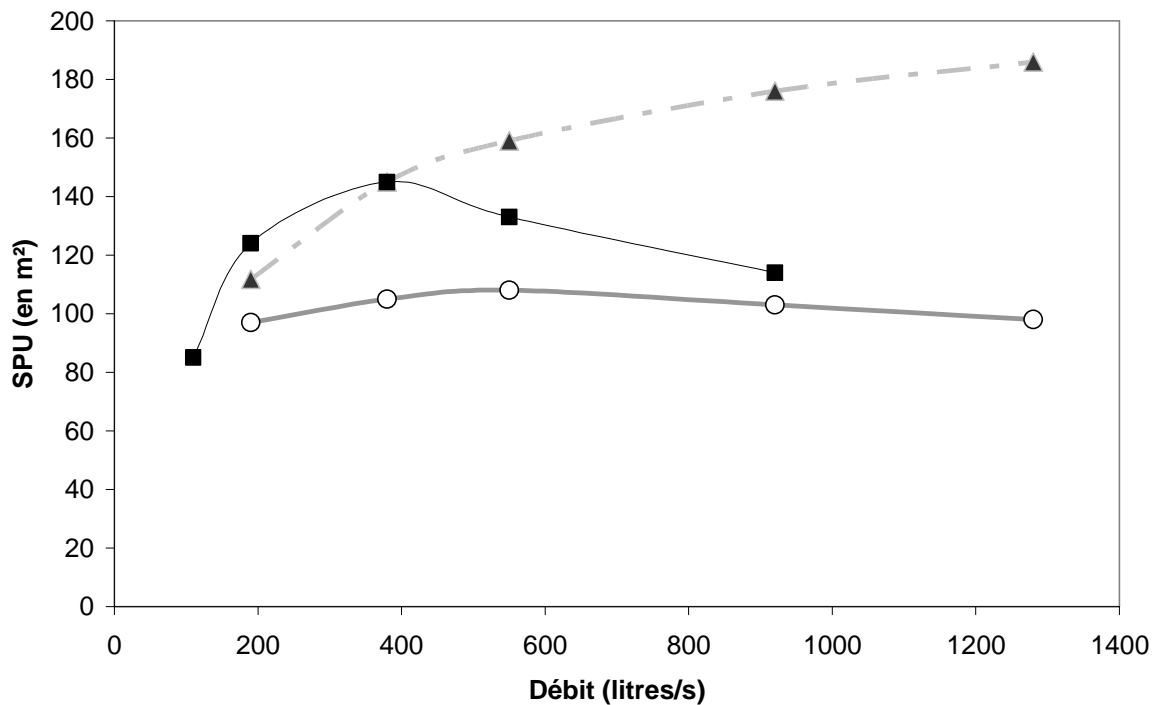


*Exemple de courbes de préférence de la truite adulte (>16-18cm) pour la vitesse du courant utilisée dans le modèle EVHA (source CEMAGREF).*

Comme le montre l'exemple de la courbe de préférence de la truite commune pour la vitesse du courant, plusieurs types de comportement et de capacité de nage sont inclus dans cette courbe. Ces comportements n'ont pas du tout la même signification biologique et ne mettent pas en jeu les mêmes mécanismes physiologiques et les mêmes relations avec les congénères.

En matière de modélisation hydraulique, les outils développés permettent des approches globales sur des valeurs moyennes qui sont ensuite redistribuées en chaque point de mesures. Ces modèles sont très sensibles à la rugosité des fonds et aux conditions aval qui fixe l'évolution de la ligne d'eau.

### 3.3.3 Exemples de résultats.



*Exemples de 3 types d'évolution caractéristiques de l'habitat de la truite adulte en fonction de la valeur de débit.*

En général, trois types d'évolution sont observés :

- un gain très significatif d'habitat pour les faibles valeurs, une plage avec un optimum et une baisse progressive,
- un gain quasiment régulier de surfaces d'habitat favorables avec le débit,
- une quasi stagnation des surfaces favorables quelque soit la valeur de débit.

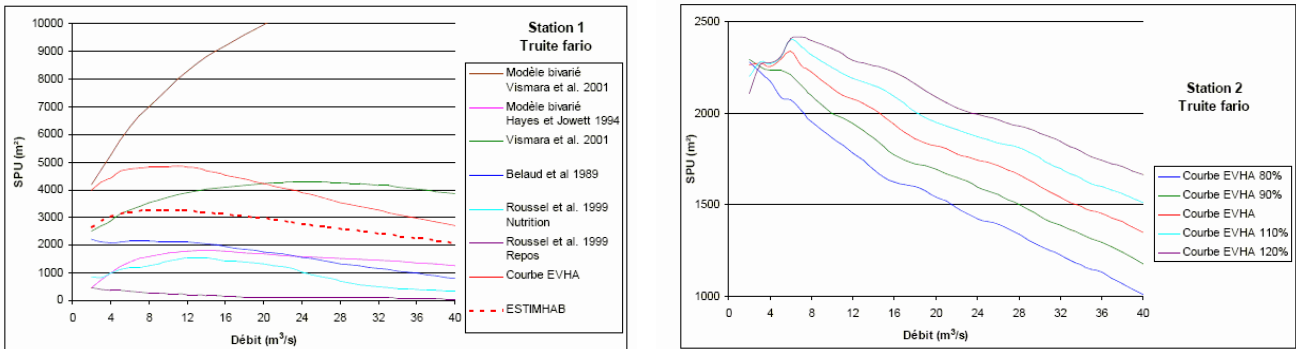
Certaines espèces présentent pour le stade adulte des évolutions particulières avec une progression ou une régression quasi constante de l'habitat disponible avec le débit. C'est le cas de

Au sein d'une même espèce, les stades de développement ne réagissent pas forcément de la même manière. En général, les alevins et les juvéniles présentent des profils assez proches tandis que les adultes se différencient nettement. Cette situation est extrêmement fréquente.

### 3.3.4 Limites d'application

Les résultats des méthodes d'habitat sont sensibles aux choix et à la pertinence du modèle biologique, au calage du modèle hydraulique à la mise en œuvre des mesures de terrain, aux modifications de la morphologie. La méthode est de plus limitée vis-à-vis de certains stades de développement ou d'espèces.

### 3.3.4.1 Incidences des courbes de préférence



*Evolution des surfaces d'habitats favorables à la truite commune en fonction du type de modèle biologique utilisé ou d'une variation d'une même courbe (Courret 2005).*

De nombreuses études ont montré la forte sensibilité des réponses de l'habitat en fonction de la courbe de préférence choisie. Courret (2005) a montré sur une même station, que l'évolution de l'habitat de la truite adulte pouvait être totalement différente selon la courbe de préférence choisie. De la même façon, une variation de  $\pm 10$  ou 20% autour de la préférence pouvait générer une réponse très variable de l'habitat estimé par la méthode des microhabitats.

Les modèles biologiques aujourd'hui disponibles sont très généralistes. Ils rassemblent des probabilités qu'un habitat soit utilisé par une espèce à un stade de développement donné pour une large gamme d'activité (repos, abris/refuge, nutrition). Ils sont basés sur des conditions hydrauliques moyennes de la colonne d'eau, conditions qui peuvent être bien représentatives pour de faible valeur de débit mais qui perdent très nettement de leur représentativité lorsque le débit et la rugosité augmente. Ainsi, sur un cours d'eau des Pyrénées à régime naturel, la valeur d'habitat pour les truites adultes passe de 24 % à 43% lorsqu'elle est calculée en utilisant les vitesses prises à 0,2, 0,4 et 0,8 de la colonne d'eau ou en utilisant la seulement vitesse à 5 cm du fond. La confrontation à l'abondance des poissons présents sur le site montre que la valeur d'habitat calculée en utilisant les vitesses au fond est beaucoup plus pertinente (Baran, 1994).

#### 3.3.4.2 Calage du modèle hydraulique.

Le modèle hydraulique utilisé réclame une attention particulière quant aux conditions aval des stations avec la présence nécessaire d'un seuil naturel (radier) ou alors une modification des conditions dans le modèle. Les tests effectués dans différents cours d'eau montrent que dans une gamme de débits situés entre l'étiage et le module, la restitution des lignes d'eau par le modèle est relativement conforme aux mesures *in situ*.

#### 3.3.4.3 Influence de la morphologie.

**L'application de la méthode sur un tronçon de cours d'eau dont la morphologie est modifiée présente des biais très importants vis-à-vis du choix d'une valeur de débit minimum.** En effet, dans une situation d'hydrologie très modifiée, le lit mineur du cours d'eau s'est souvent ajusté aux nouvelles conditions avec notamment une réduction de la largeur mouillée. Ces morphologies imposent une nouvelle sensibilité au débit avec des valeurs optimales qui sont en rapport avec le nouveau module du cours d'eau. Cette situation est très fréquente pour les tronçons situés sous les grands barrages écrétant fortement les crues voir même dans des tronçons court-circuité au fil de l'eau.



#### 3.3.4.4 *Limites de la méthode pour certains stades de développement.*

L'utilisation de la méthode des microhabitats basée sur une description des conditions hydrauliques et des substrats par transects n'est pas adaptée aux stades de développement qui utilisent des habitats très particuliers et très spatialisés. C'est le cas de la reproduction. L'approche directement par « patch » de graviers pour la truite commune est largement plus pertinente (Delacoste *et al.*, 1995). De même, les habitats des 1<sup>ers</sup> stades larvaires ainsi que des jeunes alevins qui utilisent très majoritairement des zones de bordure (Copp 1992; Sempeki, 1995 ; Liebig, 1998) ne peuvent être quantifiés par une approche de transects.

Les relations aux conditions hydrauliques du cours d'eau et la capacité de les décrire peut être également très limitée pour des espèces de fond utilisant la rugosité des substrats et pour lesquelles, il est très difficile d'appréhender les véritables conditions de vie. C'est le cas du chabot ou de la loche franche.

De même, des espèces adaptées aux habitats lenticules comme le gardon, le rotengle ou la brème ne constitueront pas des cibles biologiques pertinentes pour la définition de valeur minimale de débit. Le comportement de recherche de nourriture de ces espèces n'est absolument pas dépendant des conditions hydrauliques à l'inverse des cyprinidés d'eaux vives comme le barbeau, le spirilin, le blageon ou le hotu.

#### 3.3.5 Préconisations d'utilisation.

Les préconisations sont similaires à celles des méthodes hydrauliques en y ajoutant :

- le choix d'un ou plusieurs cibles biologiques pertinentes tant du point de vue des espèces que des stades de développement,
- l'intégration par rapport au cycle hydrologique afin de définir les durées d'habitat limitant dans le tronçon,

## **4 DEBITS MINIMUMS ET CONTINUITÉ ECOLOGIQUE.**

De nombreuses espèces de poissons et plus particulièrement les migrateurs amphihalins ont des besoins impératifs en terme de libre circulation pour accéder aux habitats vitaux pour l'accomplissement de leur cycle biologique. Les dispositifs permettant le franchissement de ces espèces, que ce soit pour la dévalaison ou pour la montaison, nécessitent également des débits minimums afin de garantir leur efficacité. Dans le cas d'un barrage-usine sans tronçon court-circuité, il est donc tout de même nécessaire de définir un débit réservé pour l'alimentation des dispositifs de franchissement (montaison, dévalaison). Dans le cas d'une usine en dérivation, on peut être amené à construire soit une seule passe à l'usine ou au barrage, soit deux passes, en particulier lorsque la dérivation est longue et les déversements fréquents. Le choix de l'implantation de la ou des passes dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels le débit d'équipement de la centrale, sa configuration (hauteur de chute à l'usine, longueur du tronçon court-circuité, ...), ainsi que les conditions hydrologiques en période de migration. Dans le cas où il est difficile d'aménager une passe à poissons à la centrale (présence d'une conduite forcée, chute importante), il conviendra de rendre le tronçon court-circuité attractif en y délivrant en permanence un débit suffisant. Le débit alimentant une passe implantée au barrage sera inclus dans le débit minimum délivré dans le tronçon court-circuité, celui alimentant une passe à l'usine s'y rajoutera. Les dispositifs de dévalaison étant généralement associés aux plans de grille disposés à l'amont des centrales, les débits les alimentant s'ajouteront au débit minimum délivré dans les tronçons court-circuités. On peut néanmoins envisager de traiter la dévalaison au niveau du départ du canal d'amenée, le débit étant alors inclus dans le débit minimum délivré dans le tronçon

court-circuité. Les débits assurant une bonne efficacité des ouvrages de franchissement (montaison + dévalaison) peuvent être très variables suivant les enjeux migratoires et les caractéristiques de l'aménagement. Ils peuvent atteindre de 10% à plus de 20% du module avec une saisonnalité pour le débit attribué à la dévalaison. On rappelle qu'outre la libre circulation piscicole, la continuité écologique englobe également le transit des sédiments. Pour être effectivement transparent vis-à-vis du transport solide, un aménagement hydroélectrique devra être équipé d'ouvrages évacuateurs adaptés (possibilité d'effacer le barrage ou vannes de fond expressément dimensionnées, ...) et géré de manière adéquate en terme de nombre, de timing et de durée des opérations de transparence.

## **5 PRECONISATIONS.**

De nombreux outils sont disponibles pour aider à définir des valeurs de débit minimum dans des tronçons de cours d'eau. Les enjeux de ces choix étant très importants tant du point de vue énergétique qu'écologique, il est nécessaire de conduire une véritable démarche construite et hiérarchisée s'appuyant sur le maximum d'informations disponibles.

### **Préconisation 1**

Les 3 types de méthodes doivent être appliquées :

- méthode hydrologique permettant de caractériser le plus finement possible les conditions d'étiage naturelles et ainsi de replacer les modifications hydrologiques par rapport à ces conditions,
- méthode hydraulique permettant d'appréhender l'évolution de la morphologie et de l'hydraulique du cours d'eau en fonction du débit,
- méthode d'habitat permettant d'affiner les résultats précédents en s'appuyant sur des cibles écologiques préalablement définies.

### **Préconisation 2**

Avoir une très bonne connaissance :

- de la situation écologique du tronçon de cours d'eau pour identifier les enjeux et surtout les espèces et les stades de développement réellement sensibles à la réduction des débits,
- de l'emprise de l'installation qui définira le niveau d'impact potentiel (longueur du tronçon court-circuité, débit d'équipement, hauteur de l'ouvrage rapportée à la pente du cours d'eau...).

### **Préconisation 3**

Caractériser l'ensemble des modifications hydrologiques apportées par le projet pas uniquement sur les valeurs de débit minimum mais également sur les débits de crues, les amplitudes de variations et éventuellement les gradients de variations.

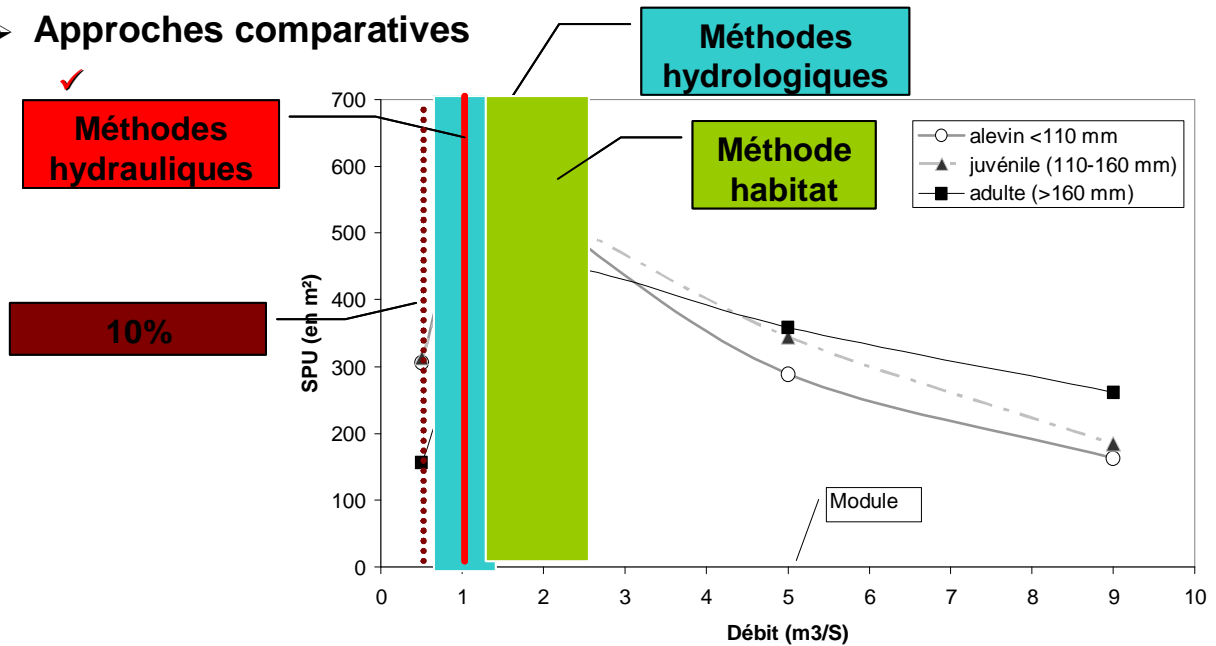
### **Préconisation 4**

Dans le cas d'un aménagement existant, ne pas se limiter à la description de stations déjà impactées par des modifications de débit mais travailler également sur un site témoin à hydrologie non modifiée et à morphologie similaire.

### **Préconisation 5**

La valeur de débit réservé peut être fixée également pour des objectifs de continuité écologique notamment pour le fonctionnement et l'attractivité des dispositifs de franchissement en montaison et en dévalaison. Ce débit peut selon les situations (grands migrateurs amphihalins par exemple) devenir prioritaire.

➤ **Approches comparatives**



**Préconisation 6**

En contexte de variation brutale de débit (régime d'éclusées), la fixation du débit minimum (ou plus exactement du débit de base), doit s'appuyer sur la bonne connaissance du régime d'éclusée (fréquence, amplitudes, gradients...) et de la morphologie (présence de bras et cordons rivulaires...) en tenant compte des spécificités des espèces biologiques concernées (mise en assec de frayères, échouage et piégeage des larves...).

**6 ELEMENTS CONSTITUTIFS DE L'ETUDE DE DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE PRESENTEE PAR LE PETITIONNAIRE.**

L'étude de débit minimum biologique présentée par le pétitionnaire doit :

- mentionner la ou les méthodes utilisées pour la détermination de ce débit minimum biologique,
- comprendre la fourniture des modèles de types micro-habitats, si cette méthode est utilisée
- inclure une justification de la prise en compte des paramètres de contexte, dont la liste ci dessous ne prétend pas être exhaustive

- contexte environnemental
  - régime hydrologique naturel (crues morphogènes, débits caractéristiques d'étiages, lithologie, apports intermédiaires...),
  - géomorphologie du cours d'eau (pente moyenne, forme de la section mouillée, granulométrie du substrat, colmatage éventuel, succession des faciès d'écoulement),
  - connectivité longitudinale, latérale, verticale,
  - régime thermique,
  - apport de matières en suspension,
  - qualité de l'eau,
  - état écologique et objectifs au sens de la Directive Cadre sur l'Eau des masses d'eau concernées.
  
- contexte biologique
  - populations en place en particulier les poissons migrateurs et notamment amphihalins,
  - habitats (zones de frayères dont celles délimitées dans l'application de l'article L. 432-3 du code de l'environnement, alimentation, croissance, refuges),
  - exigence faune/flore pour équilibre milieu, état des réseaux trophiques,
  - biodiversité régionale (Natura 2000, réservoirs biologiques), espèces protégées, espèces invasives
  - cycle de vie des espèces.
  
- caractéristiques de l'ouvrage
  - longueur tronçon court circuité,
  - usages, modes de fonctionnement et contraintes techniques,
  - caractérisation des éclusées si présence (amplitude, gradient de montée et de baisse),
  - succession d'ouvrages (effets néfastes cumulatifs).

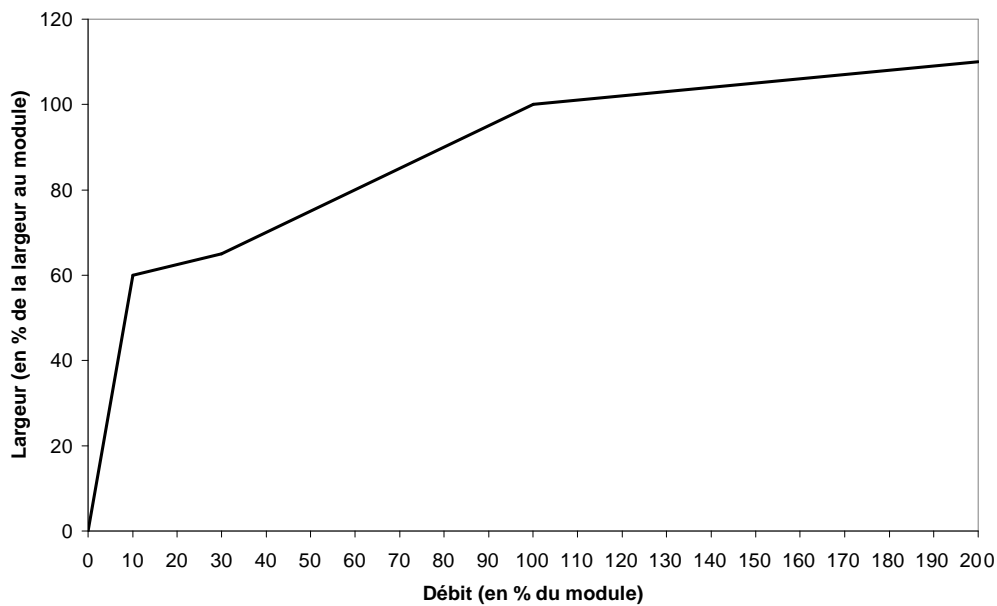
## Bibliographie

- Baran P., Delacoste M., Dauba F., Lascaux J.M. et Belaud A., 1995. Effects of reduced flow on brown trout populations downstream dams in French Pyrenees. *Regulated Rivers : Research and Management*, 10, 347-361.
- Beecher, H. A., 1990. Standards for instream flows. *Rivers* 1, 97–109.
- Bovee, K. D., 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Fort Collins, Colorado, U.S.D.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services: 248 p.
- Courret D., 2005. Etude de l'impact de la gestion des ouvrages hydroélectriques sur le saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Réflexions sur la méthodologie et études de cas. Rapport GHAPPE, 156p.
- Copp G., 1992. Comparative microhabitat use of cyprinid larvae and juveniles in a lotic floodplain channel. *Environmental biology of fishes* 33, 181-193.
- Delacoste M., Baran P., Lascaux J.M., Segura G. et Belaud A., 1995. Capacité de la méthode des microhabitats à prédire l'habitat de reproduction de la truite commune. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 337/338/339, 345 - 353.
- Demars J.J., 1985. Repercussion of small hydroelectric power stations on populations of brown trout in rivers in the French Massif-Central. In Alabaster (Ed), *Habitat modification and freshwater Fisheries*. FAO EIFAC, Rome, 53-61
- Ginot, V., 1998. Logiciel EVHA 2.0. Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière, Cemagref BEA/LHQ et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement : guide d'utilisation. 108 p.
- Ginot, V., Y. Souchon, H. Capra, P. Breil, S. Valentin, 1998. Logiciel EVHA 2.0. Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière, Cemagref BEA/LHQ et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement : guide méthodologique. 82p.
- Jowett I.G., 1997. Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches. *Regulated Rivers: Research & Management*, Volume 13: 115-127.
- Kellerhals R. Church, M., 1989. The morphology of large rivers: characterization and management. In Dodge D. P. (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106, 31–48.
- Lagarigue T., 2000. *Croissance de la truite commune (Salmo trutta L.) dans les Pyrénées Françaises – Analyse régionale et locale des principaux facteurs de variabilité en rivière de montagne*. Thèse de l'INP-ENSAT, Toulouse.
- Lamouroux N., Capra H., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47 (8), 1543-1556.
- Lamouroux N., Souchon Y., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. *Freshwater Biology*, 47, 1531-1542.
- Liebig H., 1998. Etude du recrutement de la truite commune (*Salmo trutta* L.) d'une rivière de moyenne montagne – Effets de la gestion par éclusées d'une centrale hydroélectrique. Thèse Doctorat INP Toulouse, 201P.
- Mann, J. L., 2006. Instream flow methodologies: an evaluation of the Tennant method for higher gradient streams in the National Forest System Lands in the Western U.S.. Thesis University Fort Collins, Colorado, 143.
- Mosley, M. P. 1982. The effect of changing discharge on channel morphology and instream uses in a braided river, Ohau River, New Zealand. *Wat. Resour. Res.*, 18, 800–812.
- O'Shea, D. T. 1995. Estimating minimum instream flow requirements for Minnesota streams from hydrologic data and watershed characteristics. *North Am. J. Fish. Manage.*, 15, 569–578.
- Ovidio M., Capra H. & Philippart J.C. 2008. Regulated discharge produces substantial demographic changes on four typical fish species of a small salmonid stream. *Hydrobiologia* 609: 59-70.
- Park C. C., 1977. World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: an analysis and some observations. *J. Hydrol.*, 33, 133–146.

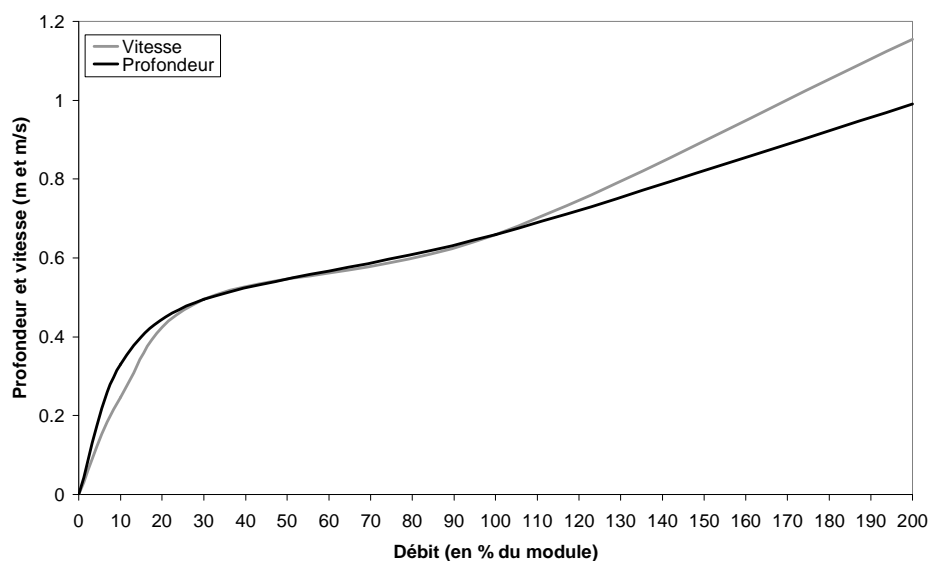
- Reyjol Y., 2002. Variabilité spatio-temporelle de la transition salmoniformes-cypriniformes dans la Garonne. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Sabaton C., Valentin S., Souchon Y., 1995. La méthode des micro-habitats. Protocoles d'application. EDF-DER HE-31/95/10.
- Sabaton C., 2003. Méthode des microhabitats dans les cours d'eau. Approche IFIM et Approche ESTIMHAB. Rapport EDF/LNHE HP-76/03/011/A, 18p.
- Sempeski P., 1994. Sélection et utilisation de l'habitat par les jeunes stades poissons d'eau courante. Le modèle Ombre commun (*Thymallus thymallus* L.). Université de Lyon 1, 189p.
- Shirvell C. S., 1979. The effects of abstraction on a trout stream. Thesis. University of Otago, Dunedin, New Zealand.
- Souchon, Y., Lamouroux, N., Capra H., Chandesris A. 2003. La méthodologie Estimhab dans le paysage des méthodes de microhabitat. Note Cemagref Lyon, Unité Bely, Laboratoire d'hydroécologie quantitative 9p.
- Tennant D.L. 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. In Orsborn J.F. & Allman C.H. (Eds.), *Instream Flow Needs*, 359-373. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, Western Division.
- Tharme R.E., 2003. A global perspective on environmental flow assessment emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Res. and Applic.* 10, 397-441.
- Tissot L., Gouraud V., Sabaton C., Souchon Y., Valentin S., 2008. Guide méthodologique de la méthode des micro-habitats - Protocole d'application EDF R&D. H-P76-2008-00326-FR.
- White, R. G. 1976. A methodology for recommending stream resource maintenance flows for large rivers. In Orsborn, J. F. and Allman, C.H. (Eds), *Proceedings of the Symposium and Speciality Conference on Instream Flow Needs II*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 376–386.

## *Rappels sur la méthode Tennant ou méthode du Montana (Tennant, 1976)*

Ce travail a été réalisé sur 58 stations appartenant à 11 cours d'eau du Montana, du Nebraska et du Wyoming avec à la fois des espèces d'eau froides et des espèces d'eaux chaudes. Sur chaque station, des informations concernant la largeur, les profondeurs, les vitesses, la morphologie du chenal, les poissons et leurs possibilités de migration, les invertébrés et l'aspect « esthétique » ont été collectés. Tennant a relié l'évolution des différents paramètres au débit ainsi qu'une estimation globale de qualité de l'habitat des poissons.



*Evolution de la largeur mouillée moyenne des 58 stations étudiées par Tennant d'eau en fonction du débit*



*Evolution des profondeurs et vitesses moyennes des 58 stations étudiées par Tennant d'eau en fonction du débit.*

L'évolution des caractéristiques hydrauliques et de la surface en eau en fonction du débit montre une réduction très significative pour des débits inférieurs à 15-20% du module.

A l'issue de son analyse, l'auteur a proposé différents niveaux de recommandations de débits exprimés en pourcentage du module et relier chacun à une situation en terme d'habitat des poissons ceci pour deux périodes distinctes, d'avril à septembre et d'octobre à mars.

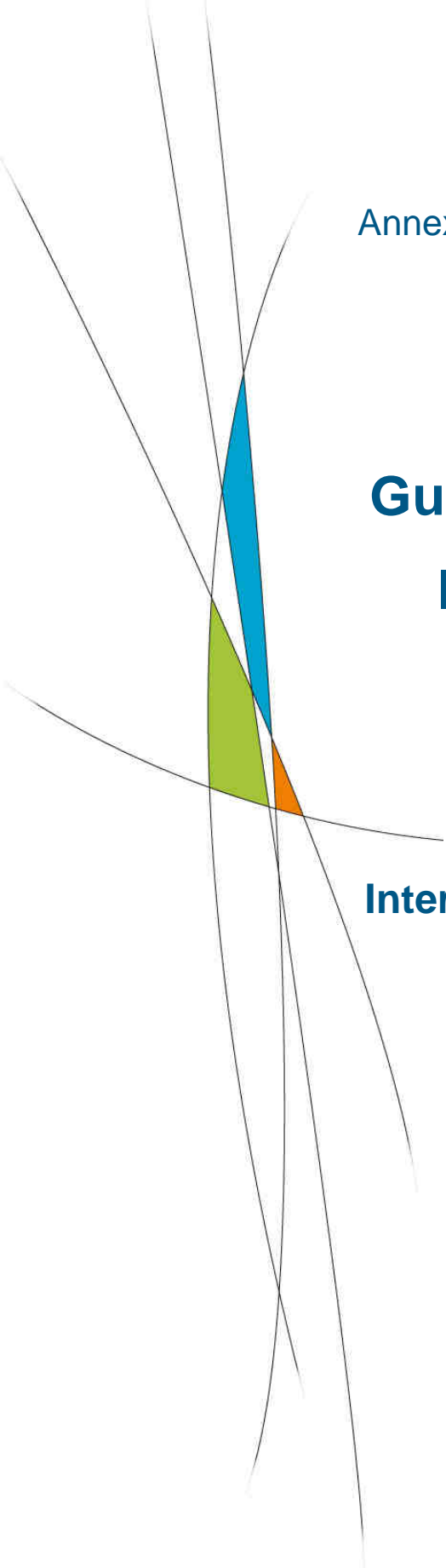
Situation des habitats piscicoles	Recommandations de débits (% du module) octobre – mars	Recommandations de débits (% du module) avril - septembre
Maximum	200%	200%
Optimum	60 – 100%	60 - 100%
Excellent	40%	60%
Très bon	30%	50%
Bon	20%	40%
Dégradé	10%	30%
Minimum	10%	10%
Très dégradé	0-10%	0-10%

**Recommandations de débit (en % du module) formulées par Tennant après analyse des relations entre l'habitat des poissons et le débit sur 58 stations de 11 cours d'eau des USA.**

L'approche de Tennant n'a donc pas fourni réellement une méthode mais une grille de décision évaluant un niveau de risque pour l'habitat des poissons selon la valeur de débit minimum choisie et exprimée en pourcentage du module. Cette grille ne réclame qu'une connaissance du module. En cela, elle se classe dans les approches hydrologiques mais ses fondements sont basés sur la biologie et l'habitat.

Ce travail a largement été repris à travers de nombreux pays et notamment en France pour fixer des valeurs minimales de débit correspondant à un pourcentage fixe du module (2,5%, 5%, 10%).





Annexe 3 à la circulaire relative à l'application de l'article  
L.214-18 du code de l'environnement

# **Guide méthodologique en vue de l'estimation du module d'un cours d'eau**

**Interpolation des modules : quelles évolutions  
depuis la note technique de 1987 ?**

**Eric SAUQUET**  
avec les contributions techniques  
de Clotaire CATALOGNE

Unité de Recherche Hydrologie - Hydraulique  
Groupement de Lyon  
3 bis quai Chauveau – CP 220



# Table des matières

1	Introduction	3
2	Le module : définition, représentativités hydrologique et statistique	4
3	Quelles méthodes pour l'estimation en site non jaugés ?	10
3.1	Les méthodes à base de formulation empirique.....	10
3.2	Les méthodes à base d'interpolation .....	15
3.3	Les méthodes à base de modélisation pluie-débit.....	23
4	Conclusion et perspectives	25
	Bibliographie	27

# 1 Introduction

La note technique du CEMAGREF datant de 1987 intitulée « Guide méthodologique en vue de l'estimation du « module » d'un cours d'eau » avait pour objectif d'aider les services techniques à estimer le module des cours d'eau. Son intérêt réside dans son aspect très pragmatique : est proposée une méthode « jugée la plus performante » selon la disponibilité de données hydrologiques. Elle reflète un état de l'art compte tenu des outils mobilisables et des données facilement disponibles à la date de parution.

L'objectif de ce document est de réactualiser les éléments proposés en 1987, de compléter par d'autres approches possibles et d'illustrer anciens et nouveaux développements par des exemples extraits de projets de recherche ou d'applications réalisées dans le cadre d'études nationales. Nous proposerons quelques recommandations.

## 2 Le module : définition, représentativités hydrologique et statistique

En préambule, il faut rappeler que le module interannuel recherché doit être relatif à un état naturel. Ceci induit des questionnements sur la nature des débits utilisés sur le secteur étudié. Ces débits sont usuellement extraits de la banque HYDRO (<http://hydro.eaufrance.fr>) qui référence la majorité des stations hydrométriques en France<sup>1</sup>.

Au delà des séries temporelles, sont également renseignées dans la banque HYDRO différentes meta-données dans les « fiches stations » : surface hydrologique, surface topographique, coordonnées géographiques, qualité globale des mesures... et le caractère influencé du régime (avec plusieurs choix possibles : « pas ou faiblement », « », « fortement » sur l'intégralité du régime, en crue ou en étiage). C'est cette dernière information qui nous intéresse ; mais, malheureusement, elle n'est pas exploitable quantitativement : le qualificatif « faiblement » n'est pas associé à un (pourcentage de) volume sous gestion effective. Le seuil de pression qui fait basculer un bassin dans la catégorie « fortement influencé » est inconnu. En outre, des erreurs sont possibles, sachant que, par défaut, l'appellation « pas ou faiblement » est enregistrée : par exemple, la dernière station hydrométrique de l'Isère, avant confluence avec le Rhône, en aval de l'ensemble des ouvrages hydroélectriques est considérée comme « pas ou faiblement » influencée (interrogation de la base en septembre 2010). Un regard doit également être porté sur la qualité des mesures, sur la base des appréciations du gestionnaire. Cette expertise permettra d'exclure les stations aux données réellement douteuses<sup>2</sup>.

Le diagnostic sur les pressions auxquelles le bassin est soumis et sur la qualité des enregistrements étant réalisé, on peut exploiter les chroniques des stations réputées fiables sans influence notable ou, dans le cas contraire, engager une opération de re-naturalisation. Dans ce dernier cas, des modèles statistiques à base de bilan ou plus complexes, physiques ou comportementaux, doivent être élaborés.

---

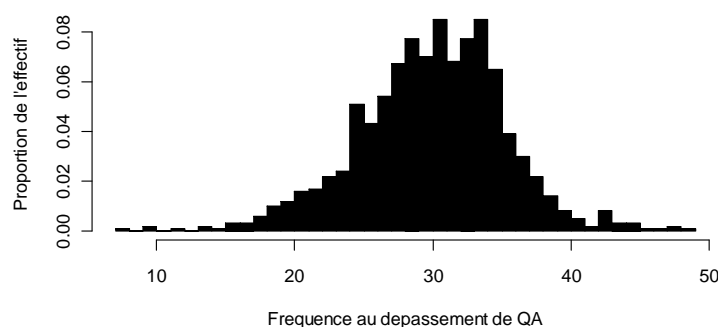
<sup>1</sup> Les gestionnaires d'ouvrages (EDF, CACG, CNR...) disposent de données recueillies, soit sur un tronçon de cours d'eau, soit à partir de bilans au niveau d'aménagements qu'ils ont en charge, mais ces séries ne sont pas forcément versées dans la base de données nationale. La banque HYDRO n'est donc pas la seule source de données possible.

<sup>2</sup> A ce jour, il n'est pas possible de connaître *a priori* les erreurs métrologiques. On peut tolérer la présence d'une station douteuse, dès lors qu'elle apporte de l'information et que sa présence ne compromet pas l'efficacité des méthodes d'interpolation en sites non jaugés. Le principe de précaution veut que par défaut, les stations douteuses soient exclues.

Pour ce qui concerne l'irrigation, des outils pour quantifier le besoin en eau de la plante, représenter le comportement des agriculteurs, traduire dans le temps la soustraction à la ressource (représentation par des réservoirs simulant le remplissage/la vidange des stocks collinaires différés)... sont à construire et des données d'usage de l'eau doivent être collectées pour les caler et en vérifier la pertinence. Les développements à réaliser sont parfois conséquents (fonctions du nombre de sources de perturbation), des hypothèses simplificatrices peuvent être proposées pour obtenir des débits naturels ; elles doivent être clairement énoncées (par exemple : hiérarchisation des pressions pour ne corriger que les influences les plus significatives). A l'issue de ces opérations, nous supposons disposer de chronique de débits naturels fiables. Le calcul du module, noté  $QA$ , est possible.

Le module  $QA$  est défini comme le débit annuel moyen ; il s'agit donc de la moyenne des débits annuels. Le débit plancher  $QP$ , dans son acception la plus répandue, est fixé au 10<sup>ème</sup> du module. Il convient de rappeler quelques propriétés statistiques de ces variables.

Tout d'abord, le module n'est pas égal à la médiane des débits journaliers. La distribution statistique des débits journaliers n'est pas symétrique (en particulier, elle n'est pas gaussienne). De ce fait, les statistiques moyenne et médiane ne sont pas confondues. Nous avons essayé de placer les modules de dans la courbe des débits classés en exploitant le jeu de données national de Catalogne et Sauquet (2010). Pour chaque station, sont calculés le module  $QA$  et la fréquence au dépassement de  $QA$ , proportion de jours dans l'année pendant lesquels le débit journalier est supérieur au module  $QA$ . La distribution des fréquences de dépassement de  $QA$  collectée sur un ensemble de près de 1000 stations est donnée dans la figure suivante :

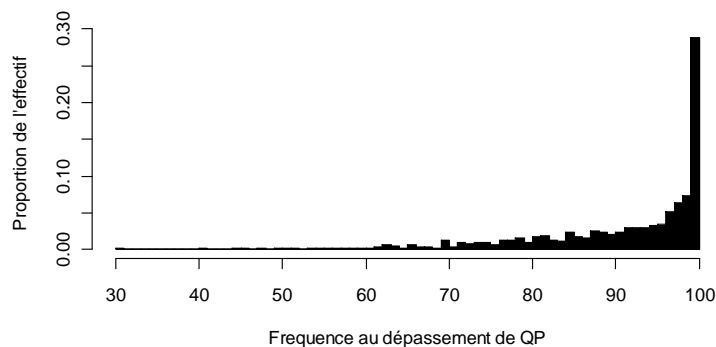


Il apparaît que le module est une valeur qui est dépassée entre 25 et 35% du temps. Le module peut s'écarter de manière significative de la médiane.

Nous avons effectué le même travail sur le débit plancher,  $QP$ , fixé au 10<sup>ème</sup> du module.

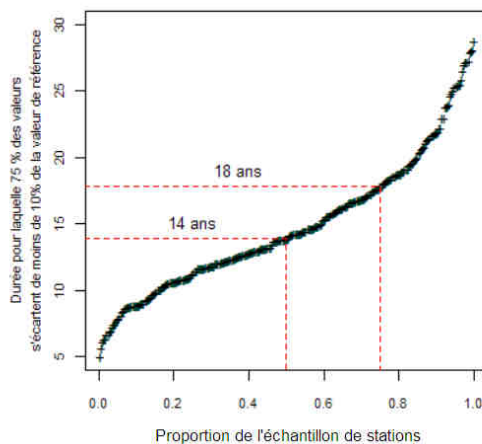
La valeur correspondante au  $QP$  est une valeur faible excessivement rare, proche du débit minimal enregistré, puisque, pour près de 30% des stations, cette valeur est dépassée 99% du temps. En d'autres termes, le 10<sup>ème</sup> du module n'est que très rarement sous-passé. Ce résultat est cohérent avec l'analyse réalisée sur 74 stations de (Baran *et al.*, 2008) qui concluait « *Les débits caractéristiques d'étiage*

*inférieurs à 10% [QMN45, Q90, Q95] du module ne sont pas des situations très fréquentes ni dans le temps, ni à l'échelle du territoire français. Pour la majorité des massifs de montagne en France, les débits minimum d'étiage sont très largement supérieurs à 10% du module. »*



Le bassin versant est soumis aux fluctuations naturelles du climat. Le débit annuel reflète cette variabilité temporelle filtrée par les processus de transformation pluie-débit. Il est évident que **calculer le module sur la base d'une moyenne sur une courte période rend sensible aux spécificités climatiques de la période d'enregistrement**. L'alternance des années sèches et humides peut biaiser l'estimation du module en particulier si elle se fonde sur quelques années de mesure prises au hasard. Si on calcule le module à partir de données prises sur une période sèche en une station, il y a un fort risque de sous-estimer la vraie valeur.

Catalogne (2010) dans le but de déterminer un jeu de données de référence pour la cartographie de variables d'étiage a réalisé des tests de sensibilité de la valeur du module à la longueur de la chronique. Cette analyse de sensibilité s'appuie sur un ré-échantillonnage au sein de séries suffisamment longues sur la période de référence 1970-2005. Une valeur de  $QA$  est calculée successivement pour des longueurs comprises entre 5 et 30 années consécutives (*i.e.* échantillonnage par blocs, sauf présence de lacunes). Un écart à la valeur de référence obtenue sur la totalité de la chronique disponible (*i.e.* jusqu'à 35 années) est ensuite calculé. Pour une durée donnée, on recense alors les stations pour lesquelles 75% des valeurs calculées s'écartent de moins de 10% de celle de référence. Le résultat est synthétisé par la figure suivante :



On peut y lire le fait que 50% des stations présentent 75% des valeurs calculées sur 14 années avec un écart de moins de 10%. Lorsqu'on étend à 18 ans, 75% des stations ont 75% des valeurs avec un écart de moins de 10%. Sur cette base, une durée de 18 ans semble acceptable pour obtenir une valeur robuste. Cette contrainte est définie à l'échelle nationale ; des réajustements locaux sont toujours possibles sous réserve de faire un exercice de ré-échantillonnage similaire à celui proposé ici.

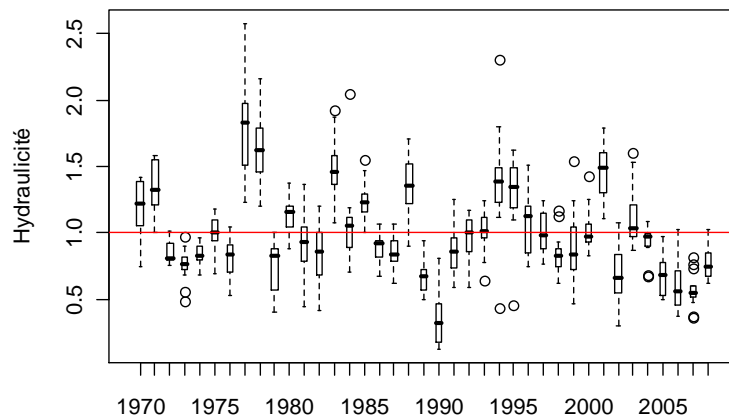
Pour exploiter les séries courtes, une procédure de réajustement doit être engagée. Une manière de procéder consiste à s'appuyer sur des débits. Il s'agit de réaliser une analyse temporelle régionale des coefficients d'hydraulicité, *i.e.* le rapport du débit annuel daté sur le module calculé sur la plus longue période de disponibilité. Il a l'avantage d'être sans dimension donc comparable d'une station à une autre. Lorsqu'il prend une valeur supérieure à 1 pour une année, cette année sera dite « humide ». Lorsqu'il est inférieur à 1, l'année en question sera qualifiée de « sèche ». La procédure suggérée consiste à faire un réajustement « climatique » des estimations des séries courtes en divisant le débit  $QA^*$  calculé sur la période d'observation par l'hydraulicité moyenne régionale  $HydraulicitéRégionale^*$  (toutes stations « longues » confondues) sur cette même période :

$$QA = QA^* / HydraulicitéRégionale^*$$

Une dernière question peut être soulevée : *doit-on restreindre la période de calcul du module pour ne pas biaiser les estimations du module du fait d'un (possible) changement climatique ?* Répondre « oui » sous-entendrait : (1) qu'un effet du changement climatique est déjà présent dans les données et (2) que la réglementation impose de préserver le milieu selon des conditions hydrologiques antérieures. Le point (2) supposerait également l'existence d'une période définissant la référence climatique passée pour effectuer les calculs. Le changement global et son traitement relèvent du domaine de la réglementation et des choix en matière d'adaptation en lien avec la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. En absence de toute démonstration scientifiquement étayée ou de tout cadre réglementaire, rien n'empêche à ce jour l'utilisation de données sur plus de 20 ans, pour réduire les incertitudes autour de l'estimation du module. **Il faut exploiter les données sur la plus grande longueur de disponibilité.** Si on se place dans une perspective de non-stationnarité et de volonté d'adaptation en conséquence, la procédure de calcul sera forcément à réviser, non pas en restreignant les données utilisables, mais plutôt en cherchant à décrire et projeter les évolutions temporelles du module.

**Application :** Notre exemple repose sur les longues séries disponibles du bassin de la Drôme (d'au moins 18 années d'enregistrement). La moyenne des débits annuels est calculée sur toute la période disponible. Les débits annuels ont été calculés sur les années hydrologiques entre le 1<sup>er</sup> septembre et le 31 août de l'année suivante (dans notre convention, l'année hydrologique « 1971 » correspond ainsi à la période entre le 1<sup>er</sup> septembre 1970 et le 31 août 1971). Pour chaque station, nous avons déterminé la chronique des coefficients d'hydraulicité. Puis, pour chaque année, nous avons rassemblé tous les coefficients et synthétisé chaque année par une boîte à moustache.



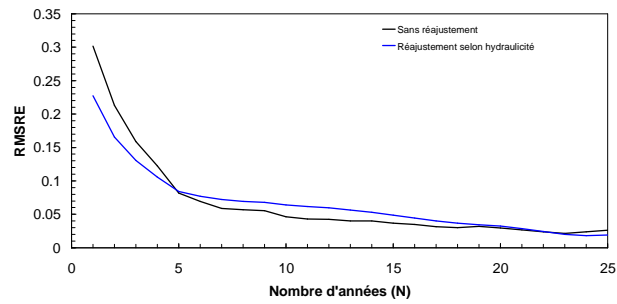
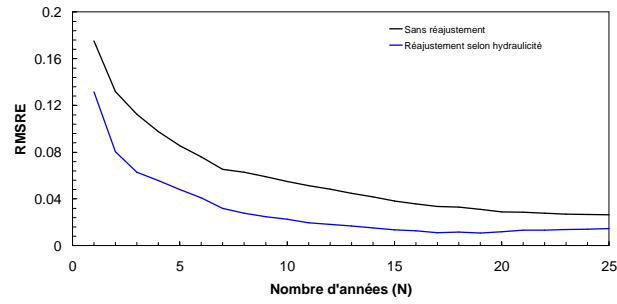
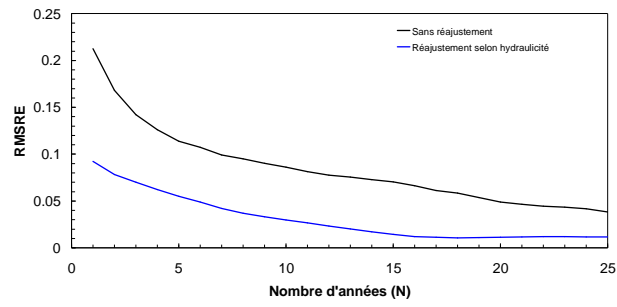


La figure ci-dessus montre les évolutions des coefficients d'hydraulicité sur la période 1970-2008. Elle met en évidence des oscillations autour de la valeur 1. Nous pouvons noter un comportement de bloc : l'hydraulicité varie de façon assez similaire sur l'ensemble des stations. Les années sèches et les années humides ont tendance à être partagées simultanément par une majorité de bassins versants. Il existe donc une forte solidarité à l'échelle du secteur. Cette solidarité est gage d'une bonne efficacité de la procédure de réajustement.

Des modules de stations « courtes » ont été corrigées selon cette procédure (cf. tableau plus bas). Les modifications opérées sur les stations courtes induisent un changement de l'ordre de 15%. Il faut noter que la procédure semble fiable puisqu'on obtient plus de cohérence des modules estimés au niveau de la Drôme à Saillans. La station DREAL (V4264010), aux enregistrements étendus, annonce un module de 17.79 m<sup>3</sup>/s. La station gérée par la Compagnie Nationale du Rhône, beaucoup plus courte (V4264CNR), proposait 13.48 m<sup>3</sup>/s sans réajustement sur une période incomplète entre 1994-2008. La valeur pour la station V4264CNR intégrant le réajustement climatique, 15.6 m<sup>3</sup>/s, se rapproche de celle de la DREAL.

Code	Station	Hydraulicité moyenne sur la période d'enregistrement <i>Hydraulicité Régionale*</i>	Module sur chronique courte $QA^*$ (m <sup>3</sup> /s)	Module réajusté $QA$ (m <sup>3</sup> /s)	Disponibilité (année)
V4015110	Le Béal des Roses à Charpey	1.00	0.027	0.027	14.8
V4264CNR	La Drôme à Saillans [CNR]	0.87	13.5	15.6	11.3
V4275020	La Gervanne à Plan-de-Baix	1.10	1.03	0.93	7.8
V4287010	La Grenette à la Répara-Auriples	0.87	0.041	0.047	11.3
V4290CNR	La Drôme à Livron [CNR]	0.88	22.3	25.3	10.8
X1034010	Le Buech à Serres [Pont de Pierre]	1.05	14.5	13.8	9.1

Pour tester l'efficacité des procédures de réajustement par simulation, nous avons choisi trois stations aux enregistrements supérieurs à 34 ans sur le secteur d'étude. Nous allons les considérer comme peu jaugées et les traiter en conséquence, *i.e.* calculer les modules sur toutes les sous-périodes possibles de  $N$  années, puis réajuster les valeurs et les comparer au module  $QA$  calculé sur la période de disponibilité complète. Nous avons retenu finalement la racine de la moyenne des écarts relatifs quadratiques (*RMSRE*).



Les résultats graphiques montrent qu'il y a un intérêt à effectuer un réajustement en particulier pour les durées très courtes, inférieures à 5 ans (comparaison entre courbes noires « Sans réajustement » et courbes bleues). Cette opération ne semble pas introduire de biais (les courbes bleues sont en périphérie immédiate des courbes noires dans le cas où cette procédure n'est pas efficace, par exemple, sur le troisième exemple).

# 3 Quelles méthodes pour l'estimation en sites non jaugés ?

## 3.1 Les méthodes à base de formulation empirique

**Eléments méthodologiques :** La revue de la littérature technique montre la prééminence de ce type de méthodes. Ces relations sont le plus souvent déduites d'analyses corrélatoires sur les données brutes de débit lorsqu'on souhaite établir une formulation linéaire ou sur les logarithmes de débits lorsqu'on souhaite établir une relation de type puissance. La difficulté de ce type d'approche réside principalement :

- 1 – dans le choix des variables auxiliaires ;
- 2 – dans le choix de la forme mathématique de la relation empirique.

Concernant le point 1, la relation la plus simple pour estimer le débit de référence en l/s ou m<sup>3</sup>/s est celle qui repose uniquement sur la surface drainée  $S$ . Elle prend la forme :

$$Q = aS^k$$

Elle considère implicitement un débit spécifique ou pseudo-spécifique ( $Q/S^k$ ) constant sur la région d'étude.  $k$  est généralement proche de 1<sup>3</sup>. L'hypothèse faite est que le seul facteur agissant est lié au support de la donnée, les autres facteurs climatiques ou géologiques ayant une influence mineure. Ce type de relation est faussement efficace : les débits en m<sup>3</sup>/s sont toujours fortement corrélés à la surface avec des coefficients de détermination  $R^2$  très élevés. Ces relations traduisent le fait que les volumes écoulés augmentent avec la surface de collecte. C'est une vision bien souvent trop simpliste pour accéder aux particularités aux petites échelles. Pour être efficace, d'autres variables doivent intervenir.

La sélection des variables candidates potentielles doit intégrer *les processus dominants qui déterminent les écoulements annuels. Quelles variables pourraient caractériser au mieux les interactions entre le milieu et le régime hydrologique ?* Cependant, l'insertion d'une variable dans une relation empirique, même basée sur des considérations physiques, n'est pas forcément un gage de performance. En effet, la plupart des indicateurs n'ont qu'un lien indirect avec les questions de nature hydrologique. C'est principalement le cas des données renseignant le sol ou le sous-sol. Enfin, un choix raisonné pourra s'appuyer sur les pratiques antérieures et sur la disponibilité et la pertinence statistique et physique de ces descripteurs pendant l'étude.

---

<sup>3</sup> Cette approche est utilisée pour les crues avec  $k=0.8$  ; ici, la valeur de  $k$  n'a aucune raison d'être égale à 0.8.

Les variables vers lesquelles on se dirige naturellement sont d'origine climatique. Les débits sont la transformation d'entrées météorologiques en écoulement de surface. A défaut de disponibilité de ce type de données, on peut exploiter l'altitude. La variabilité spatiale des pluies et des températures à grande échelle est, en effet, expliquée par l'orographie. Sous nos latitudes, les pluies sont plus abondantes en altitude et le terme d'évapotranspiration moindre du fait de températures de l'air plus faibles qu'en plaine. C'est ce qui a motivé l'usage de cette unique variable dans les relations établies pour décrire les écoulements annuels par Sauquet (2005).

Des tests statistiques doivent être mis en œuvre pour s'assurer que les variables retenues ont un rôle significatif dans la relation établie et pour éliminer les effets de colinéarités entre variables (redondance d'information). Il peut être utile de chercher à comprendre l'origine du rejet d'une variable ou le signe de la pondération associée à une variable (ou même les coefficients de corrélation partielle, qui mesurent le degré de liaison entre la variable visée et une variable explicative, les autres étant supposées constantes, *i.e.* « les effets d'une variable toutes choses égales par ailleurs »).

Un des degrés de liberté concerne la forme mathématique de la relation empirique (point 2). *Faut-il privilégier une relation linéaire ? Une relation puissance ?* Les débits résultent d'interactions entre processus non linéaires. Ceci nous inciterait à privilégier une loi puissance. L'hydrologue pourrait être tenté de privilégier un modèle linéaire exploitant, outre la surface  $S$ , les termes du bilan hydrologique : un terme relatif aux pluies  $P$  et un autre descriptif de l'évapotranspiration  $ET$  potentielle ( $ETP$ ) ou réelle ( $ETR$ ), et de se rapprocher de l'équation simplifiée du bilan hydrique. Le débit de surface en  $m^3/s$  est à un facteur multiplicatif de rendement  $r$  près donné par :  $Q \approx r S (P - ET)$  ou lorsque le débit est converti en lame d'eau ou débit spécifique :  $Q \approx r (P - ET)$ . Il n'y a pas de réponse immédiate, encore moins définitive : il faut tester les formulations, analyser les résultats des coefficients d'efficacité, examiner les pondérations associées aux variables explicatives. L'expertise doit intervenir à différents niveaux, pour éviter toute formulation « insolite » qui pourrait engendrer des extrapolations aberrantes.

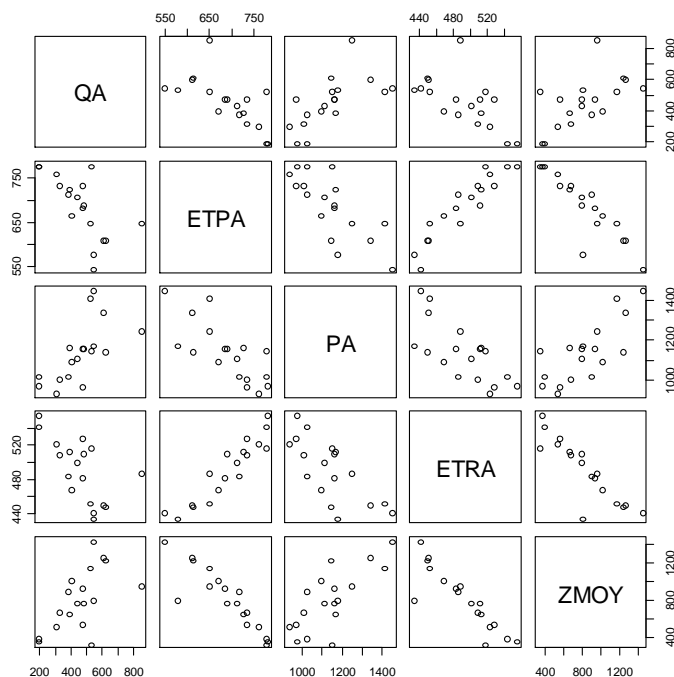
Notons que :

- la gamme de valeurs sur laquelle la relation a été établie doit être précisée. Se pose la question de la confiance accordée aux estimations pour des bassins dont les caractéristiques seraient en dehors des valeurs de calage ;
- pour être efficace, il est parfois utile de construire des relations par région, ce qui permet de rassembler des bassins soumis à des processus similaires et de mieux cerner les variables explicatives. Attention toutefois aux discontinuités entre régions.

Du point de vue technique, la régression est bien souvent la méthode retenue pour mettre en forme la relation empirique sur les variables brutes ou transformées log. Elle offre un cadre statistique objectif pour l'estimation des variables de débits en fonction de descripteurs de bassin. Laaha et Blöschl (2006) rappellent qu'il ne faut cependant pas oublier de vérifier *a minima* les propriétés

statistiques attendues des résidus (homoscédasticité, c'est-à-dire une erreur du modèle qui soit équivalente sur toute la gamme d'application, et caractère gaussien des résidus).

**Application :** Un exemple est donné sur le bassin de la Drôme. Sont représentés les liens entre le module  $QA$  exprimé en mm/an et d'autres variables ( $ZMOY$  désigne l'altitude moyenne,  $PA$  la pluviométrie annuelle,  $ETPA$  l'évapotranspiration potentielle annuelle et  $ETRA$  l'évapotranspiration réelle annuelle).



Ces variables sont fortement corrélées (en particulier  $ETRA$  et  $ETPA$ , avec  $R^2 = 0.86$ ). La meilleure relation linéaire entre  $QA$  et une des variables météorologiques est celle qui s'appuie sur l' $ETPA$  ( $R^2 = 0.44$ ) :  $QA = -1.49 ETPA + 1484.3$

La seconde variable explicative est la pluie ( $R^2 = 0.41$ ) :  $QA = 0.6806 PA - 317.21$

Des tests ont été réalisés pour construire une relation exploitant deux variables parmi celles listées plus haut (régression multilinéaire). Les résultats montrent que l'apport d'une seconde variable explicative est faible et n'est pas significatif au sens du test de Student (à 5%) sur les coefficients de pondération.

Finalement, parmi les deux relations les plus efficaces laquelle choisir ? La première semble la plus performante au regard du seul  $R^2$ , mais la pondération associée à l' $ETPA$  est en valeur absolue supérieure à 1, ce qui peut sembler étrange. Une raison pourrait être la sous-estimation de ce terme. La seconde relation est moins efficace mais plus cohérente physiquement. L'inconvénient majeur est pour ce cas d'application la résolution spatiale de l'information pluie (ici un point tous les 8 km), ce qui peut être insuffisant pour l'estimation en tête de bassin et en secteur très hétérogène, alors que l'ETP est

donnée à résolution de 1 km. Il n'y a pas de solution parfaite, il faut forcément expliciter les hypothèses et limites des modèles lors de leur utilisation.

L'absence de données d'ETP explique les relations nationales suggérées par la note technique du CEMAGREF (1987) :

$$QA = 0.75 PA + 0.40 ZMOY - 450 \text{ formulation réputée valide si le résultat est supérieur à } 300 \text{ mm}$$

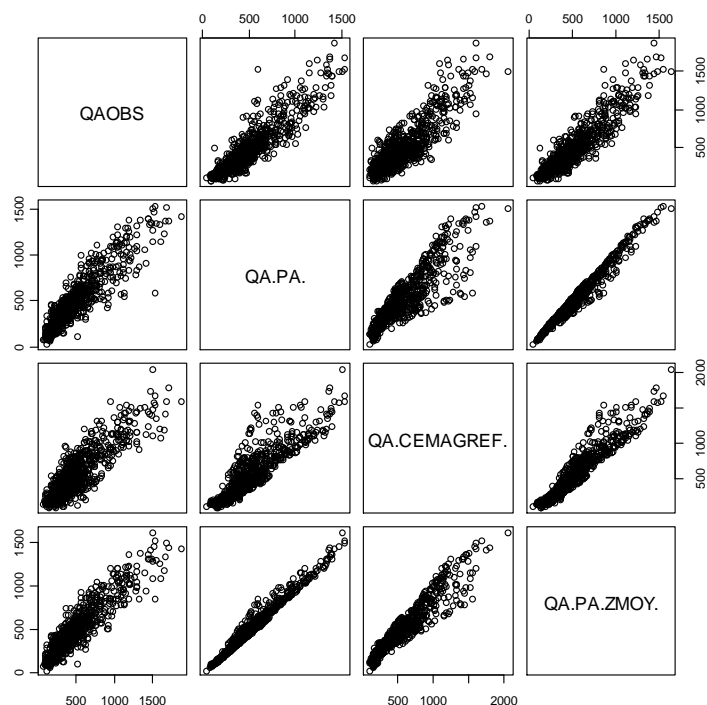
$$QA = (PA / 34)^{5/3} (ZMOY / 100)^{1/3} \text{ sinon.}$$

Les relations (QA.CEMAGREF) ont été testées sur le jeu de données de 872 stations de Sauquet *et al.* (2008), réputées peu influencées par la gestion humaine et par le karst. En parallèle nous avons ajusté des relations sur les mêmes variables. Il vient :

$$QA = 1.07 PA - 610.68 \quad (R^2 = 0.83) \quad \text{(QA.PA)}$$

$$QA = 0.11 ZMOY + 0.95 PA - 545.90 \quad (R^2 = 0.85) \quad \text{(QA.PA.ZMOY)}$$

Les graphiques ci dessous montrent la bonne cohérence entre estimations et observations, exprimées en mm/an (QA.OBS). Finalement, on obtient des valeurs de *RMSRE* respectives de 0.44 pour (QA.CEMAGREF) et 0.31 pour les deux relations (QA.PA) et (QA.PA.ZMOY). Les formules recalées par nos soins sont plus efficaces à l'échelle du territoire ; ceci est logique elles s'adaptent à nos observations. Néanmoins, des erreurs relatives de 40% avec (QA.CEMAGREF) et de 30% avec les autres formules sont effectivement possibles. Les pluies et l'orographie sont des facteurs importants de variabilité du module. Ces estimations sont des formules nationales sommaires qui donnent les grandes tendances ; elles doivent être prises comme telles.

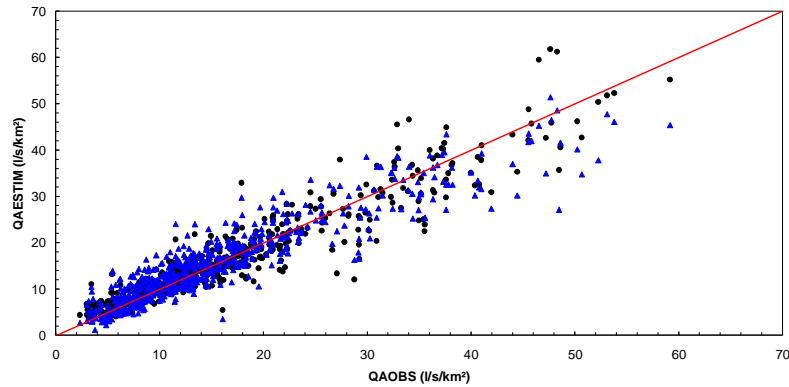


La note technique du CEMAGREF (1987) suggère, si on dispose de longues séries de pluie et de débit ( $PA^*$ ,  $QA^*$ ) en un site de référence drainant une surface  $S^*$ , une estimation du module en amont de cette station de référence donnée par :

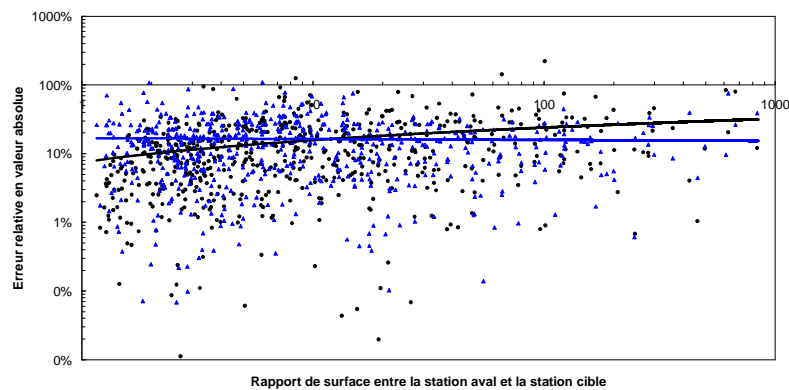
$$QA = QA^* (S / S^*) (PA / PA^*)^2 \quad (QA.S.PA^2)$$

où  $QA$  est le module recherché en  $m^3/s$ ,  $S$  la surface drainée et  $PA$  la pluie moyenne annuelle au point recherché. Ceci signifie que la quantité  $QA/S/PA^2$  est un invariant, point à vérifier dans la région où l'on souhaite appliquer cette relation. D'autres déclinaisons sont possibles (cf. travaux actuels à EDF-DTG sur la base de la cartographie des normales de précipitations à  $1 \text{ km}^2$  produite par Gottardi (2009)).

Nous avons appliqué cette approche considérant  $QA/S/PA^2$  comme une constante le long du réseau hydrographique, donnée par la première station rencontrée en aval de la station cible. 571 stations ont une station jaugeée parmi les 872 du jeu de données de Sauquet *et al.* (2008). Ces 571 stations sont, tour à tour, considérées comme stations cibles pour lesquelles une estimation de  $QA$  est souhaitée. Le résultat est donné sur la figure suivante ( $\bullet$  = une station). A titre de comparaison, nous avons calculé pour ces 571 stations les valeurs issues de l'application de la formule nationale (QA.PA.ZMOY), exprimées en  $l/s/km^2$  ( $\blacktriangle$  = une station). La première bissectrice est reportée en rouge.



Les incertitudes induites par  $(QA.S.PA^2)$  sont légèrement supérieures à celles induites par  $(QA.PA.ZMOY)$  ( $RMSRE = 24\%$  contre  $22\%$ ). Les performances de deux approches sont sensiblement équivalentes. Pour aller plus loin dans l'analyse des incertitudes, nous avons tracé la valeur absolue de l'erreur relative selon les deux méthodes d'estimation en fonction du rapport  $S^*/S$  qui indique la proximité au bassin aval  $S^*$ .



L'erreur du modèle d'interpolation  $ErrRel$  est faiblement corrélée avec  $S^*/S$  :

$$|ErrRel| = 0.0358 \ln(S^*/S) + 0.0748 \quad (R^2 = 0.07)$$

(courbe tracée en noir) et est cohérente avec ce qui est attendu : plus la station cible est éloignée de la station d'appui, moins l'estimation est pertinente ; cependant, le facteur d'éloignement n'est pas la seule origine des écarts. La corrélation entre  $S^*/S$  et l'erreur relative de (QA.PA.ZMOY) est en revanche quasiment nulle ( $R^2 = 0.004$ ) (courbe tracée en bleue). Les deux courbes se croisent vers  $S^*/S \approx 10$ , pour  $S \leq S^* < 10 S$ , la courbe noire est au-dessus de la courbe bleue : il y a intérêt à utiliser l'estimation par extrapolation de  $QA/S/PA^2$ , pour  $10 S < S^*$  c'est l'inverse : il y a intérêt à utiliser la formulation nationale (QA.PA.ZMOY). Comme pour la formule du CEMAGREF de 1987, des plages d'application à privilégier, ici selon la surface drainée, devraient être distinguées.

### 3.2 Les méthodes à base d'interpolation

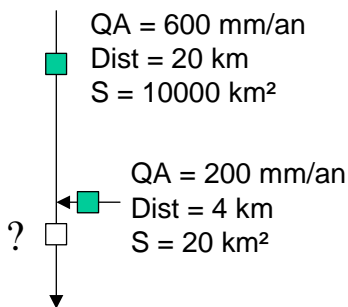
**Eléments méthodologiques :** Certaines techniques fournissent une estimation d'une variable (débit ou coefficients associés)  $z$  en un site non jaugé  $\mathbf{x}_0$  par pondération des valeurs de cette variable observées sur des stations voisines  $z(\mathbf{x}_i)$  sur le domaine étudié :

$$z^*(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(\mathbf{x}_i)$$

où  $\lambda_i$  désignent les  $N$  coefficients de pondération associés aux  $N$  observations  $z(\mathbf{x}_i)$ .

Une des difficultés réside dans la définition du voisinage. Le plus simple est de le définir géographiquement sur la base d'une distance. Que penser de la définition d'une distance euclidienne entre stations hydrométriques ? Les débits résultent de transformation pluie-débit en amont de la station. Considérer le point de mesure comme point représentatif du bassin est donc incohérent. En effet, intéressons-nous à deux points en amont immédiat d'une confluence, par exemple, la Saône et le Rhône à Lyon avant qu'ils ne se rejoignent. Ces deux points sont très proche géographiquement, mais éloignés vis-à-vis de l'hydrologie : l'un mesure la Saône au régime pluvial et l'autre le Rhône au régime influencé par la neige.

Quelles seraient les conséquences d'une pondération définie par l'inverse de la distance dans la configuration suivante :



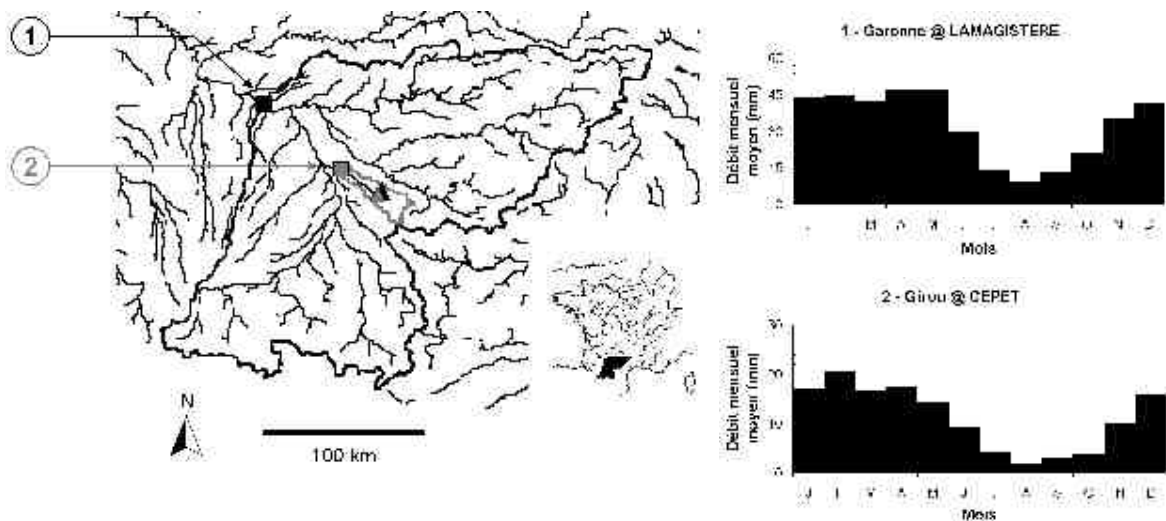
Une estimation est souhaitée sur le point identifié par le carré blanc et les sites jaugés sont repérés par un carré vert. Les distances au site non jaugé sont de 20 km et 4 km. Au site non jaugé,

$$QA = \frac{1}{1/20 + 1/4} (600/20 + 200/4) = 267 \text{ mm}$$



Le chiffre obtenu est aberrant (cela impliquerait une perte non négligeable d'eau entre la station amont drainant 10000 km<sup>2</sup> et la station aval). Ce type d'interpolation du fait de la distance conduit bien souvent à des valeurs erronées. Une étude récente de la DREAL Franche Comté l'a bien signalé (Vallaud, 2010). Nous considérons que **le recours à l'interpolation avec la distance euclidienne entre exutoires est à exclure.**

Une autre solution est de mesurer la proximité entre bassins versant par la distance entre les centres de gravité. Elle est plus adaptée mais reste imparfaite dans certaines configurations du fait de recouvrement des surfaces de bassin. Considérons deux bassins jaugés : la Garonne à Lamagistère (32 350 km<sup>2</sup>) et un de ses affluents, le Girou à Cepet (522 km<sup>2</sup>).



La station de jaugeage est identifiée par un carré et le centre de gravité du bassin versant par un triangle. Les centres de gravité des deux bassins sont distants de 3.6 km. Selon ce critère, les deux bassins versants sont très voisins. Cependant, les régimes hydrologiques observés sont très différents. La Garonne reçoit une contribution amont non négligeable des cours d'eau pyrénéens. Le maximum des écoulements est observé en avril ; son régime est qualifié de pluvio-nival selon Pardé (1955). Les variations des débits mensuels moyens du Girou trahissent un régime hydrologique océanique pluvial. Les écoulements annuels sont plus abondants pour la Garonne à Lamagistère que pour le Girou à Cepet.

La proximité entre centres de gravité de deux bassins ne garantit pas la similitude des régimes hydrologiques. En l'absence de données sur la Garonne, un algorithme s'appuyant sur cette distance affectera un poids disproportionné au Girou dans l'évaluation de débits caractéristiques à Lamagistère. Gottschalk (1993) a proposé une alternative : la distance entre deux entités géographiques  $S_1$  et  $S_2$  de superficie respective  $A_1$  et  $A_2$  est la moyenne arithmétique des distances entre bipoints appartenant à ces deux entités :

$$d = \frac{1}{A_1 A_2} \int_{u_1 \in S_1} \int_{u_2 \in S_2} |u_1 - u_2| du_1 du_2$$

Pour des bassins relativement éloignés, les valeurs calculées ainsi seront proches de celles de la distance entre centres de gravité. D'un point de vue pratique, ce type de distance est calculé à l'aide

d'un système d'information géographique, à partir des coordonnées des pixels qui forment les deux secteurs.

**Le choix d'une distance appropriée n'est pas anodin.** On peut appliquer une méthode d'interpolation complexe ; cette dernière fournira des résultats moins convaincants si la distance est mal choisie.

Une autre forme d'interpolation est proposée par la note technique du CEMAGREF (1987) dans une configuration bien précise. Le voisinage est défini par deux stations, une en amont du site cible et la seconde en aval ( $N=2$ ). La distance entre deux bassins est mesurée par la surface drainée le long d'un même tronçon hydraulique. L'hypothèse est que l'écoulement augmente au prorata de la surface drainée :

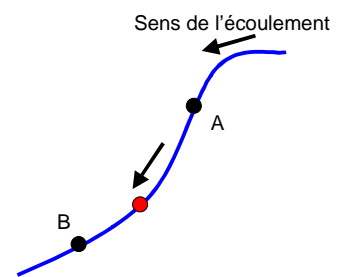
$$QA = (S - S_A)(QA_B - QA_A)/(S_B - S_A) + QA_A$$

avec  $QA$  en  $m^3/s$ . Cette estimation est assortie d'une incertitude donnée par :

$$(1 + (S_B - S_A)/(5S)) ((S - S_A)(\Delta QA_B - \Delta QA_A)/(S_B - S_A) + \Delta QA_A)$$

où  $\Delta QA_B$  et  $\Delta QA_A$  sont les incertitudes pesant sur les modules aux deux stations d'appui. S'il n'y a pas d'incertitudes sur ces termes, selon cette formule, il n'y en a pas concernant le site cible.

Il est clair que la formule suggérée n'inclut pas les erreurs dues à la procédure d'interpolation elle-même.



Parmi les autres méthodes qui retiennent le principe d'interpolation spatiale, citons :

- les interpolations inversement proportionnelles à la distance qui sépare  $\mathbf{x}_0$  des  $N$  points d'observation  $\mathbf{x}_i$  : les poids sont donnés par :

$$\lambda_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^N w_j} \text{ avec } w_i = 1/[dist(\mathbf{x}_0; \mathbf{x}_i)]^k$$

Il n'y a pas de raison objective pour guider le choix de  $k$  ;

- les moyennes régionales simples sur un jeu de  $N$  points d'observation formant une région homogène (la distance peut être utilisée comme définissant les frontières de ces régions) ;
- la famille des méthodes stochastiques qui se fondent sur un cadre théorique solide et dont les variantes se différencient principalement par les hypothèses explicites faites sur la variable d'intérêt. Elles présentent l'avantage de laisser les variables s'exprimer librement sans autre intervention. Nous retiendrons la technique du krigeage (Matheron, 1965) qui repose sur l'ajustement d'une fonction décrivant les liaisons spatiales, le *variogramme*.

Pour obtenir le variogramme, on étudie le carré des écarts entre valeurs en fonction de l'éloignement. Le variogramme est déterminé expérimentalement à partir des observations selon :

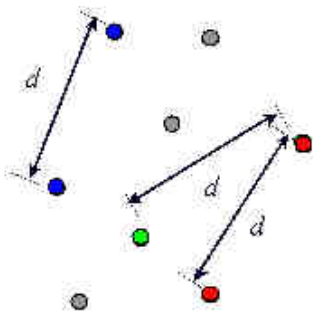
$$\hat{\gamma}(d) = \frac{1}{2N(d)} \sum_{i,j}^{N(d)} (\tilde{z}(\mathbf{x}_i) - \tilde{z}(\mathbf{x}_j))^2 = \frac{1}{N(d)} \sum_{i,j}^{N(d)} \Delta \tilde{z}(i,j)^2 / 2$$

où  $N(d)$  est le nombre de couples de points distants d'environ  $d$ . En pratique (cf. figure ci dessous), on identifie les couples de points distants d'environ  $d$  (a), on calcule pour chacun de ces couples les écarts

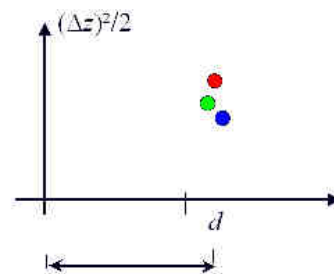
quadratiques divisés par 2 (b) et la moyenne (c). On renouvelle ces opérations autant de fois que nécessaire (d).

En théorie, et dans la version pour l'interpolation des variables ponctuelles (pluie ou température par exemple), pour que les calculs des pondérations puissent être menés à leur terme, il est nécessaire de faire usage d'un modèle ajusté au variogramme empirique choisi au sein d'une famille assez limitée de fonctions mathématiques. Les modèles autorisés les plus communément rencontrés sont :

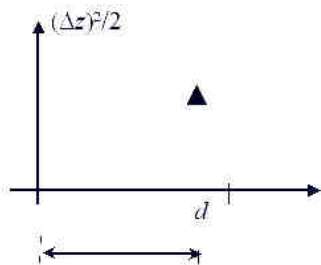
- le modèle sphérique : 
$$\gamma(d) = \begin{cases} \gamma_0 - (\gamma_\infty - \gamma_0) \left( \frac{3d}{2b} - \frac{1}{2} \left( \frac{d}{b} \right)^3 \right), & d \leq b \\ \gamma_\infty, & d > b \end{cases}$$
- le modèle exponentiel : 
$$\gamma(d) = \gamma_0 + (\gamma_\infty - \gamma_0) \left( 1 - \exp\left(-\frac{d}{b}\right) \right)$$



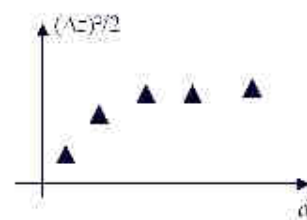
(a)



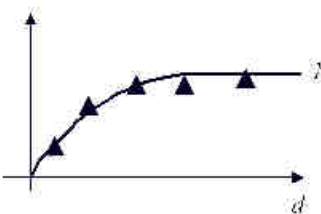
(b)



(c)



(d)



(e)

Les paramètres descriptifs sont : la portée, la valeur du palier  $\gamma_\infty$  et la pépité  $\gamma_0$ . Ils sont ajustés graphiquement ou plus rarement numériquement pour obtenir la meilleure adéquation au variogramme empirique (e). La portée est la distance au-delà de laquelle la corrélation est supposée nulle entre site.

Le lien entre paramètre d'échelle et portée dépend du modèle (ainsi, la portée est égale à  $b$  pour le modèle sphérique et est atteinte asymptotiquement pour le modèle exponentiel). La pépite doit être toujours positive. Une pépite non nulle indique des discontinuités dues à des effets d'échelle locaux autour de la mesure.

Pour le cas d'une variable à support de mesure non ponctuel (par exemple, les débits dont les supports de données sont des surfaces drainées non-nulles), la procédure de calage est plus complexe. Au final, nous obtenons également un modèle théorique de variogramme qui est exploité dans autant de systèmes d'équations linéaires que de points pour lesquels une estimation est recherchée et la déclinaison est connue dans la littérature sous le nom de « krigeage de/par bloc » (cf. Skøien *et al.* (2006) pour les éléments théoriques).

La pratique du krigeage s'est démocratisée (elle devient accessible dans certaines « tool box » de SIG). Cependant, il faut prendre du recul par rapport à ces outils livrés clés en main pour une application aux débits. Les options proposées par défaut ne sont pas adaptées (la variante « krigeage de/par bloc » n'est pas proposée, ni celle plus critiquable se fondant sur les centres de gravité) : bien souvent, seul le krigeage avec des valeurs rapportées à la station hydrométrique, *i.e.* distance sur la base des distances entre stations, n'est possible. Des outils sont en cours de développement au Cemagref de Lyon (logiciel HYDRODEM, développé Leblois (2010) pour faciliter l'usage du krigeage de/par bloc. L'approche consiste à considérer que le module en rivière est la somme sur le bassin versant d'une production d'écoulement ponctuel (assimilable à  $P-ETR$ , qui sont des termes à représentativité ponctuelle). La résolution suit d'évidence mais requiert un pré-traitement de la zone d'étude (dont le plan de drainage).

**Applications :** Sauquet (2005) propose une déclinaison du krigeage garantissant la continuité le long du réseau hydrographique et le traitement du karst. Des relations empiriques  $QA^*$  entre  $QA$  et un ensemble de variables dont une description spatiale sur le domaine étudié est connue sont ajustées sur un découpage en grands secteurs hydrographiques :

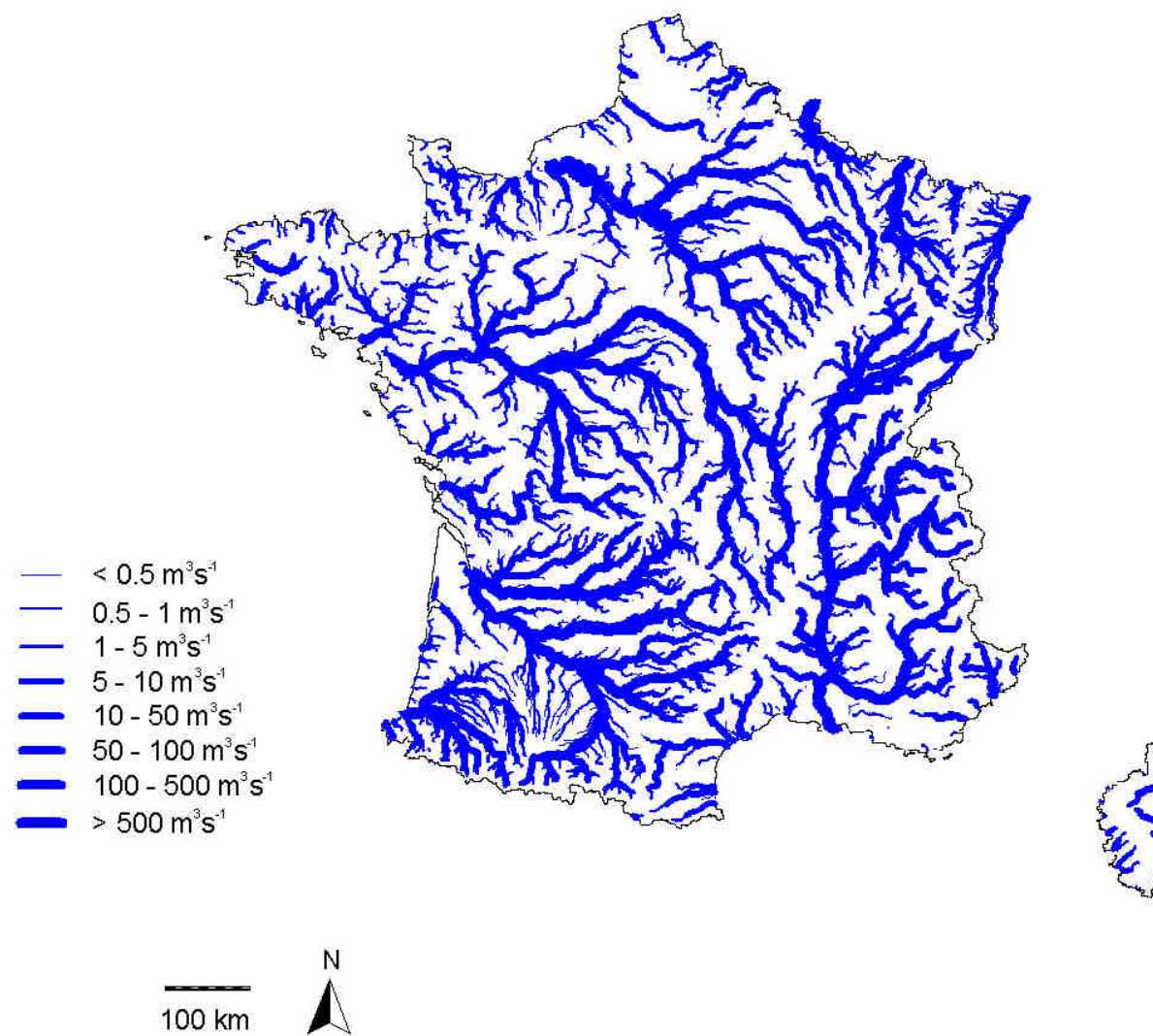
$$QA^* = g(X_1, X_2, \dots, X_K)$$

$\varepsilon$  est le résidu de la relation empirique ajustée, estimé sur les sites jaugés par  $\varepsilon = QA - QA^*$ , et est considéré comme un terme correcteur structuré dans l'espace et donc interpolable. La valeur du résidu en sites non jaugés est obtenue par krigeage. Les incertitudes obtenues par validation croisée sont données en mm par gamme de surface. Nous retrouvons une erreur médiane de 10% de la lame d'eau à l'échelle du territoire toute gamme de surface considérée.

<i>Classe de surface de bassins</i>	<i>Premier quartile</i>	<i>Médiane</i>	<i>Dernier quartile</i>
$S > 0 \text{ km}^2$	14	31	70
$50 \text{ km}^2 < S < 500 \text{ km}^2$	19	43	86
$S > 500 \text{ km}^2$	9	19	40

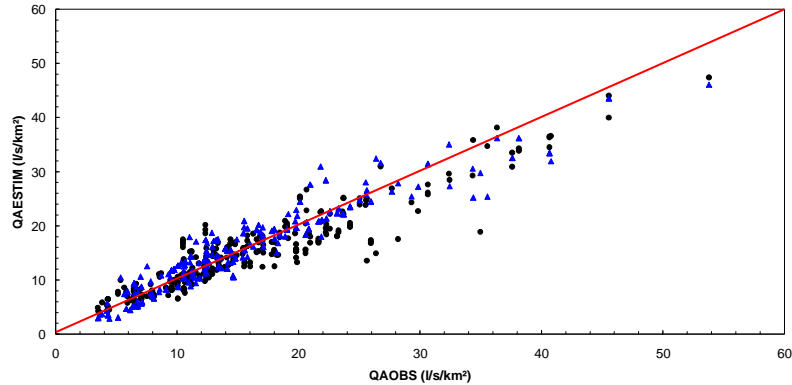
Signalons que Riffard (2010) a choisi une approche similaire sans toutefois aller jusqu'au krigeage. La méthode consiste à regrouper un certain nombre de bassins situés dans le voisinage immédiat de la

station cible, d'établir une relation empirique et d'introduire non pas un terme correctif additif mais multiplicatif :  $QA = QA^* \times \varepsilon$  avec  $QA^* = g(X_1, X_2, \dots, X_K)$ .



*Carte des modules sur la période 1981-2000 (extrait de Sauquet (2005)<sup>4</sup>*

Nous avons souhaité vérifier la performance de la méthode par interpolation selon la surface de la note de 1987. Un sous-échantillon des 872 stations de Sauquet *et al.* (2008) formé des stations positionnées entre deux stations hydrométriques (365 sur les 872) a été constitué. La procédure d'interpolation a été appliquée. Nous avons repris les mêmes représentations que pour l'analyse des résultats de (QA.S.PA<sup>2</sup>) : représentation des estimations en fonction des observations pour la méthode d'interpolation (● = une station) et pour la formulation (QA.PA.ZMOY) (▲ = une station). En rouge est tracée la première bissectrice.

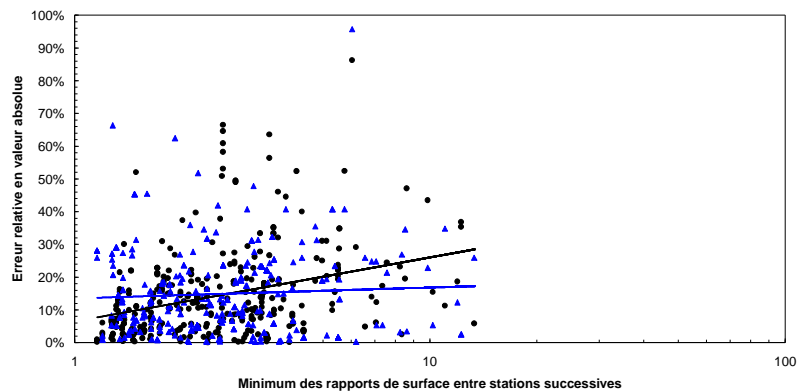


Les deux approches présentent des incertitudes équivalentes ( $RMSRE = 0.19\%$ ). Comme pour la méthode d'extrapolation en amont (QA.S.PA<sup>2</sup>), nous avons examiné si l'erreur de reconstitution est dépendante de la proximité entre station cible et une des stations aux extrémités du tronçon ( $A$  ou  $B$ ). Cette proximité est quantifiée par le recouvrement de surface entre la station cible et une des deux stations aux extrémités  $A$  ou  $B$ , *i.e.* le minimum des rapports  $S/S_A$  et  $S/S_B$ , toujours supérieur à 1 ( $Rmin$ ). Nous avons donc tracé la valeur absolue de l'erreur relative selon les deux méthodes d'estimation en fonction  $Rmin$ . L'erreur du modèle d'interpolation est faiblement corrélée  $Rmin$  :

$$|ErrRel| = 0.0851 \ln(Rmin) + 0.0646 \quad (R^2 = 0.11)$$

(courbe tracée en noir). Le recouvrement est un facteur explicatif de l'erreur commise, mais n'est pas prédominant. Ici encore : plus la station est éloignée des extrémités, moins l'interpolation est pertinente.

Il n'y a pas de corrélation entre  $Rmin$  et l'erreur relative de (QA.PA.ZMOY) ( $R^2 = 0.004$ ) (courbe tracée en bleue). Les deux droites de régression se croisent vers 2.7, pour  $Rmin < 2.7$  la courbe noire est au-dessus de la courbe bleue : l'estimation par interpolation est plus performante, pour  $Rmin \geq 2.7$  l'inverse est observé : la formulation nationale (QA.PA.ZMOY) doit être privilégiée.



### 3.3 Les méthodes à base de modélisation pluie-débit

Une dernière possibilité est offerte par la modélisation pluie-débit. Plutôt que d'estimer une caractéristique du régime hydrologique, l'objectif est de reconstituer des chroniques de débit à l'aide de modélisations distribuées conceptuelles ou physiques en tout point du territoire.

L'approche à base de modèles conceptuels requiert d'abord une phase de calage sur des observations réparties sur le territoire puis une opération de régionalisation qui concerne non plus directement les écoulements mais les données d'entrée et les paramètres internes de la transformation pluie-débit. Une des difficultés est de régionaliser des paramètres conceptuels, indirectement liés aux débits, qui n'ont pas de signification physique immédiate (il n'est pas aisé d'expertiser les relations empiriques établies). En outre, plusieurs jeux de paramètres peuvent conduire à une efficacité comparable sur un même site jaugé ; le problème d'équifinalité peut perturber la phase d'identification de variables auxiliaires (surtout pour des modèles sur-paramétrés). Une approche à base de relations empiriques est mise en œuvre malgré tout (Servat et Dezetter, 1995 ; Fernandez *et al.*, 2000, Merz et Blöschl, 2005).

Pour les modèles à base physique, aucune donnée de calage n'est nécessaire. Ils restent difficiles à mettre en œuvre : l'obtention des paramètres physiques requiert une connaissance détaillée du terrain au travers de campagnes ou d'instrumentations ou d'une base de données environnementales conséquentes et de nombreuses données d'entrée décrivant les forçages météorologiques sont nécessaires.

L'inconvénient est que la méthode n'est pas optimisée pour estimer le débit caractéristique, c'est bien la chronique qui est la cible. On peut comprendre ainsi que Engeland *et al.* (2006) jugent la méthode à base statistique plus performante que celle exploitant le modèle conceptuel HBV.

En France, la démarche à base conceptuelle est représentée par le logiciel LOIEAU (Folton et Lavabre, 2006, 2007). LOIEAU propose de calculer les chroniques de débits mensuels datés sur les stations hydrométriques grâce à un modèle à deux paramètres basé sur GR2M (Michel et Makhlof, 1994). Il permet d'accéder de façon dynamique au module et au débit  $Q_{MNA5}$ , à partir d'une analyse



statistique des chroniques. Ceci est possible pour l'ensemble des cours d'eau d'une zone géographique, pour laquelle les deux paramètres du modèle ont été préalablement régionalisés. Les zones géographiques pour lesquelles LOIEAU est actuellement opérationnel : le bassin Adour Garonne, la quasi-totalité du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, l'amont du bassin Loire Bretagne et le bassin de la Seine-Normandie. Pour obtenir des estimations en sites non jaugés, des cartes des paramètres ont été élaborées en s'appuyant sur différents descripteurs (occupation du sol, couverture sol et altitude) et sur la base de l'interprétation physique des paramètres du modèle.

## 4 Conclusion et perspectives

Ce document n'a pas la prétention d'être exhaustif. Il présente un certain nombre d'approches possibles pour l'estimation des modules, en « complétant » des séries courtes ou par interpolation à partir d'un jeu d'observations. Différentes applications sont proposées à l'échelle nationale, elles donnent une idée sur les performances des approches. Les conclusions ne sont pas définitives sur leur rang. Si on souhaite une application dans un secteur plus réduit, il faut de nouveau optimiser les méthodes et les comparer sur des débits affranchis des effets d'échelle spatiale (c'est-à-dire en l/s/km<sup>2</sup> ou mm) ou sur la base des erreurs relatives, sinon le risque est de privilégier l'estimation/l'adéquation des forts débits au détriment des petits débits. Aucune méthode ne peut prétendre être universelle. Les contextes climatiques et hydrologiques sont divers et les hétérogénéités peuvent compromettre l'efficacité d'une méthode plutôt qu'une autre, si la première est de fait moins souple d'application.

Le seul moyen objectif de valider est de se placer artificiellement dans une configuration non jaugée. La validation croisée permet de le faire. Elle consiste à exclure tour à tour une ou un ensemble de station(s) parmi les  $N$  de l'échantillon initial, puis de proposer une estimation sur le(s) bassin(s) exclus à partir du jeu de stations restantes. Ainsi, on mesure la capacité à estimer en extrapolation spatiale. L'analyse de performance ne doit pas porter uniquement sur le seul coefficient de corrélation, mais sur des notions d'erreurs relatives (plus concrètes). Dans une perspective de comparaison objective, il faut si possible, tester les méthodes dans les mêmes conditions.

Outre l'analyse de performance, un regard sur la continuité des écoulements peut être révélateur d'incohérences hydrologiques. Le module exprimé en m<sup>3</sup>/s est additif le long du réseau hydrographique : les débits en amont d'une confluence se cumulent pour donner les débits en aval, , sauf dans les systèmes karstiques (où un regard sur les pertes / résurgences est indispensable pour établir des bilans). Cette propriété valide en temps courant se transmet sur les débits moyens annuels et mensuels. Elle doit se retrouver dans les cartes produites.

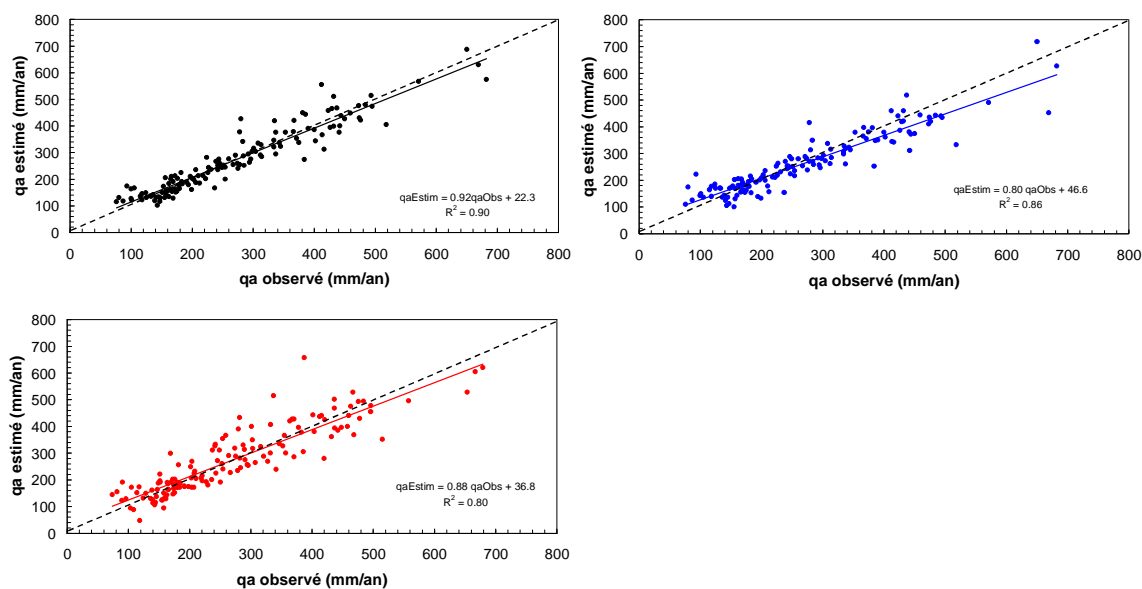
Il faut veiller à travailler sur des données réajustées climatiquement si les séries sont courtes (durée inférieure à 18 ans). En travaillant sur des périodes d'observation différentes - parfois même disjointes - il y a un risque de représenter une variabilité temporelle plutôt qu'un effet spatial. Par conséquent, il est exclu de manipuler des variables hydrologiques extraites de chroniques non concomitantes. Il faut donc homogénéiser la période d'étude en visant la plus longue.

Il ne faut pas hésiter à incorporer des stations hydrométriques en périphérie immédiate dans les différentes procédures, cela permet de mieux « border » les estimations à la frontière des bassins versants.

Cette note ne propose pas une méthode à appliquer et ne prétend pas à l'exhaustivité. Le document s'est concentré sur les approches à base de formulations empiriques, car elles sont faciles à mettre en œuvre. D'autres approches sont possibles, sous réserve que soient précisées les limites et incertitudes les concernant.

Des techniques de régionalisation sont encore en développement ou testées, notamment au Cemagref dans le cadre de convention de recherche avec l'ONEMA et l'Agence Seine Normandie. Pour ce dernier secteur, trois équipes du Cemagref ont appliqué des méthodes d'estimation différentes (deux d'origine statistique et la troisième s'appuyant sur LOIEAU). L'objectif annoncé est de comparer la performance des techniques et de consolider les estimations en construisant une carte de consensus (par « pondération » des valeurs estimées par chaque méthode selon les incertitudes pesant sur les estimations). L'idée est de valoriser les avantages de chaque méthode là où elle s'exprime. Le rapport final été produit, il est en cours de diffusion.

A titre d'illustration, les incertitudes mesurées par validation croisée sur les trois méthodes sont données dans la figure suivante (chaque point est un bassin jaugé, l'estimation est faite sur la base de l'information extraite des autres stations, la droite en pointillé est la première bissectrice, la droite de corrélation est tracée en couleur en trait plein) :



# Bibliographie

Baran, P., Courret, D., Larinier, M., 2008. Les méthodes d'aide à la détermination des valeurs de débit réservé au niveau des aménagements hydroélectriques, Note technique Cemagref-Onema-ENSEEIH, novembre 2008.

Catalogne, C., Sauquet, E., 2010. Interpolation des courbes des débits classés Rapport d'avancement. Rapport d'étude Cemagref-ONEMA, 84 pages.

Catalogne, C., 2010. Amélioration des méthodes de prédétermination des étiages en valorisant les données disponibles en site peu ou pas jaugeé. Rapport d'avancement de première année de thèse.

CEMAGREF, 1987. Guide méthodologique en vue de l'estimation du module du cours d'eau. Note technique, 10 pages.

Engeland, K., Hisdal, H., Beldring, S., 2006. Predicting low flows in ungauged catchments. In: *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006)*. IAHS Publ. 308. IAHS Press, Wallingford, UK, 63-168

Fernandez, W., Vogel, R.M., Sankarasubramanian, A., 2000. Regional calibration of a watershed model. *Hydrological Sciences Journal*, 45(5): 689-707.

Folton N., Lavabre J., 2006. Regionalisation of a monthly rainfall-runoff model for the southern half of France based on a sample of 880 gauged catchments. In: *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006)*. IAHS Publ. 308. IAHS Press, Wallingford, UK, 264-277.

Folton N., Lavabre J., 2007. Approche par modélisation pluie-débit pour la connaissance régionale de la ressource en eau: application à la moitié du territoire français. *La Houille-Blanche*, 3, 64-70.

Gottardi F., 2009. Estimation statistique et réanalyse des précipitations en montagne - Utilisation d'ébauches par types de temps et assimilation de données d'enneigement - Application aux grands massifs montagneux français. Thèse de doctorat, INPG, Grenoble, 261 pages.

Gottschalk, L., 1993. Interpolation of runoff applying objective methods. *Stochastic Hydrology and Hydraulics* 7, 269-281.

Laaha, G., Blöschl, G., 2006. Seasonality indices for regionalizing low flows. *Hydrological Processes*, 20: 3851–3878.

Leblois, E., 2010. Interpolation des débits au sein d'HYDRODEM. Note technique, 18 pages.

Matheron, G., 1965. Les variables régionalisées et leur estimation. Une application de la théorie des fonctions aléatoires aux sciences de la nature. Ed. Masson, Paris (in French).

Merz, R., Blöschl, G., 2005. Flood frequency regionalisation – spatial proximity vs. catchment attributes. *Journal of Hydrology* 302, 283–306.

Michel, C., Makhlof, Z., 1994. A two parameters monthly water balance model for the French watersheds, *Journal of Hydrology*, 162, 299-318.

Pardé, M., 1933. Fleuves et rivières. Collection Armand Colin, Paris, 224 pages.

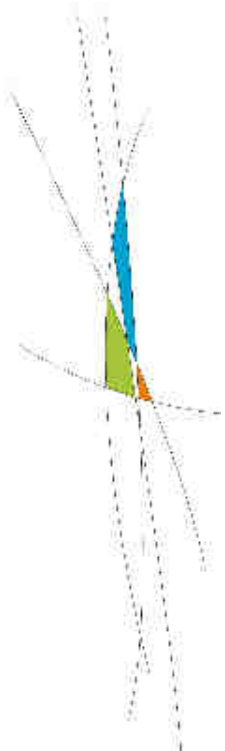
Riffard, M., 2010. Estimation des débits de référence sur le bassin de la Seine. Rapport d'avancement de première année de thèse.

Sauquet E., Gottschalk L., Krasovskaia I., 2008. Estimating mean monthly runoff at ungauged locations : an application to France. *Hydrology Research*, vol. 39, n° 5-6, p. 403-423.

Servat, E., Dezetter, A., 1993. Rainfall-runoff modelling and water resources assessment in northwestern Ivory Coast. tentative extension to ungauged catchments. *Journal of Hydrology*, 148(1-4): 231-248.

Skøien, J. O., Merz, R., Blöschl, G., 2006. Top-kriging – geostatistics on stream networks. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 277–287, 2006.

Vallaud, R., 2010. Méthodologie d'estimation des débits réservés en région karstique. Rapport de TFE, ENTPE Vaux en Velin, juin 2010, 91 pages + annexes.



Direction générale  
Parc de Tourvoie  
BP 44 - 92163 Antony cedex  
Tél. 01 40 96 61 21 - Fax 01 40 96 62 25  
[www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)

**Circulaire relative à l'application de l'article L. 214-18 du code de l'environnement, modifié par la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 dite loi sur l'eau et les milieux aquatiques.**

**ANNEXE 4 : Note méthodologique de caractérisation d'un cours d'eau présentant un fonctionnement atypique au sens du 1° de l'article R.214-111 du code de l'environnement**

Dominique BARIL, Jean René MALAVOI, Onema  
Johann MOY, MEDDTL

**1. LE 1° DE L'ARTICLE R.214.111.CE : CINQ CONCEPTS A EXPLICITER**

L'article L. 214-18 mentionne en son I. que pour « *les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure* ».

L'Article R. 214-111. CE modifié par le décret n° 2007-1760 du 14 décembre 2007 définit la notion de cours d'eau ou section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique au cas n°1 comme suit :

Doit être regardé comme présentant un **fonctionnement atypique** au sens du I de l'article L. 214-18 le cours d'eau ou la section de cours d'eau entrant dans l'un des cas suivants :

1° Son lit mineur présente des caractéristiques géologiques qui sont à l'origine de la disparition d'une part importante des écoulements naturels à certaines périodes de l'année ;

Les concepts sont explicités dans l'ordre où ils apparaissent dans le décret.

Doit être regardé comme présentant un fonctionnement atypique au sens du I de l'article L. 214-18 le cours d'eau ou la **(1) section de cours d'eau** entrant dans l'un des cas suivants :

" 1° Son lit mineur présente des **(2) caractéristiques géologiques** qui sont à l'origine de la disparition d'une **(3) part importante** des **(4) écoulements naturels** à **(5) certaines périodes de l'année**

### **1.1. CONCEPT DE « SECTION DE COURS D'EAU »**

En hydraulique et en hydromorphologie, le terme de **section** désigne généralement un profil en travers du cours d'eau, le terme de section de

cours d'eau est donc à interpréter comme portion ou tronçon de cours d'eau.

Remarques importantes :

Dans les deux cas de figures suivant le tronçon à considérer revêt deux notions distinctes.

**Dans le cas d'un ouvrage en projet de construction cette notion de tronçon fait référence à un tronçon homogène de cours d'eau issu de la sectorisation hydromorphologie.**

**Dans le cas d'un ouvrage existant le tronçon à considérer est le tronçon court -circuité subissant des assecs.**

### **1.1.1. OUVRAGE A CONSTRUIRE.**

La définition du fonctionnement atypique doit être établie par tronçon de cours d'eau homogène, quant à ses caractéristiques hydrologiques, hydrauliques, géomorphologiques, et biologiques.

Le tronçon est, en effet, le niveau élémentaire de fonctionnement de la dynamique fluviale et plus particulièrement, l'échelle de réponse des processus hydromorphologiques aux contraintes des structures géomorphologiques et au régime hydrologique.

Cette notion de tronçon fait référence aux travaux du Cemagref de sectorisation hydromorphologique<sup>1</sup> déjà utilisée dans le cadre du développement du Système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau ainsi que lors de l'application du décret n° 2008-283 du 25/03/08 relatif aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole et modifiant le code de l'environnement.

Parmi les variables de contrôle de la morphologie fluviale, quatre caractéristiques hydromorphologiques ont été retenues :

- la largeur du fond de vallée alluvial
- la forme du fond de vallée
- l'hydrologie
- la nature du substrat

Le linéaire concerné **subissant naturellement des disparitions** doit correspondre à *minima* à 80% du **tronçon homogène de cours d'eau** en question.

---

<sup>1</sup> Valette, L., Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi, J.R., Souchon, Y., Wasson, J.G. - 2008. *Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau SYRAH CE*. Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique. 27 p. <http://cemadoc.cemagref.fr/cemog/PUB00025844>



Ex :

Sur ce tronçon homogène si au moins 80% du linéaire subit des disparitions



Alors le tronçon peut être candidat au fonctionnement atypique

Sur la figure suivante, le tronçon est concerné par un linéaire de « disparition » de l'écoulement d'une dizaine de kilomètres. A l'amont du tronçon, l'écoulement de surface est présent et à son aval l'écoulement de surface réapparaît définitivement.

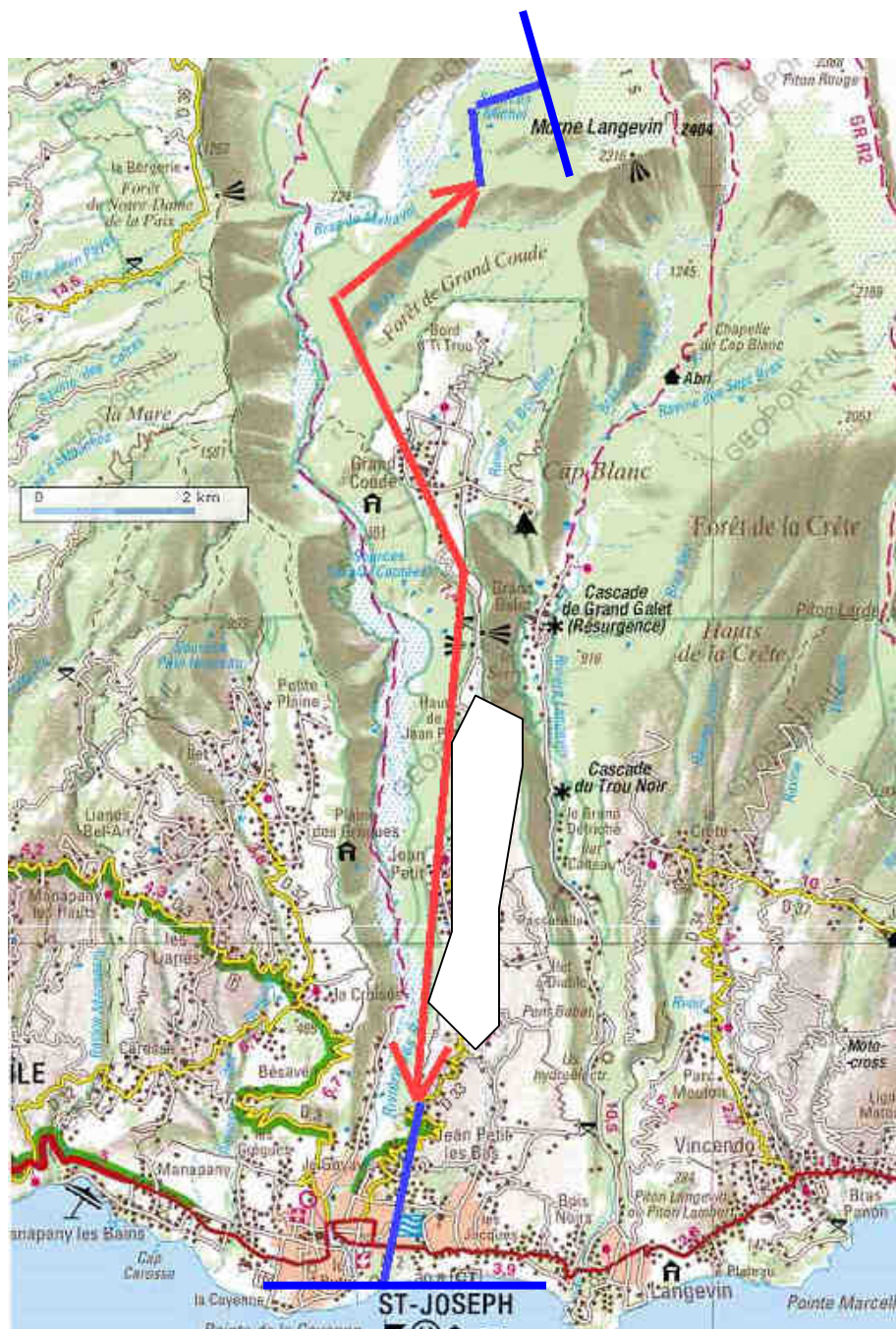


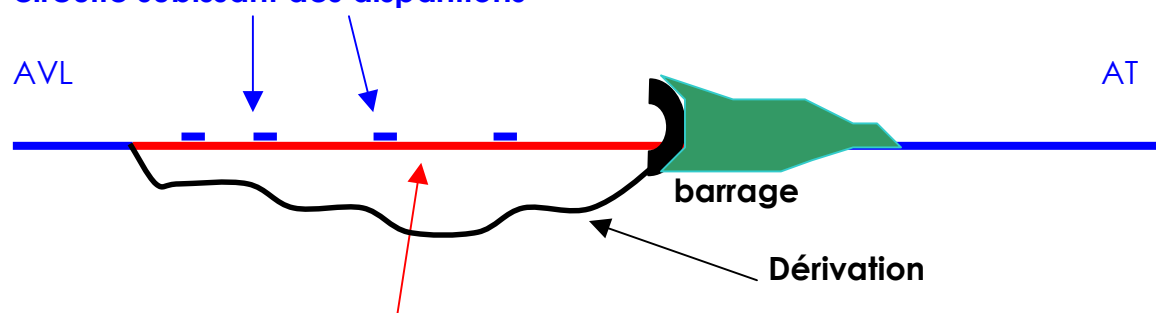
Figure 1 : concept de tronçon de cours d'eau atypique (linéaire de disparition en rouge)

### 1.1.2. OUVRAGE EXISTANT

Dans le cas présent la définition du tronçon de cours d'eau candidat au fonctionnement atypique doit être établie sur le tronçon court-circuité subissant des disparitions.

Ex :

**Zones refuges représentant moins de 20% du linéaire du tronçon court-circuité subissant des disparitions**



**Le tronçon court-circuité peut être candidat au fonctionnement atypique si au moins 80% de son linéaire subit des disparitions.**

Le linéaire **subissant des disparitions** doit correspondre *a minima* à 80% du **tronçon court-circuité**.

## 1.2. CONCEPT DE « CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES »

Il existe à notre sens deux grandes familles de caractéristiques géologiques pouvant conduire à qualifier d'atypique le fonctionnement d'un secteur de cours d'eau au sens du décret :

- Des caractéristiques « purement » géologiques, liée à la nature du substratum sous jacent au cours d'eau et ou à sa modification par des phénomènes tectoniques : on trouve ainsi le karst et ses réseaux sous terrains, les réseaux de failles et diaclases (Figure 2) , tunnels de lave, etc.

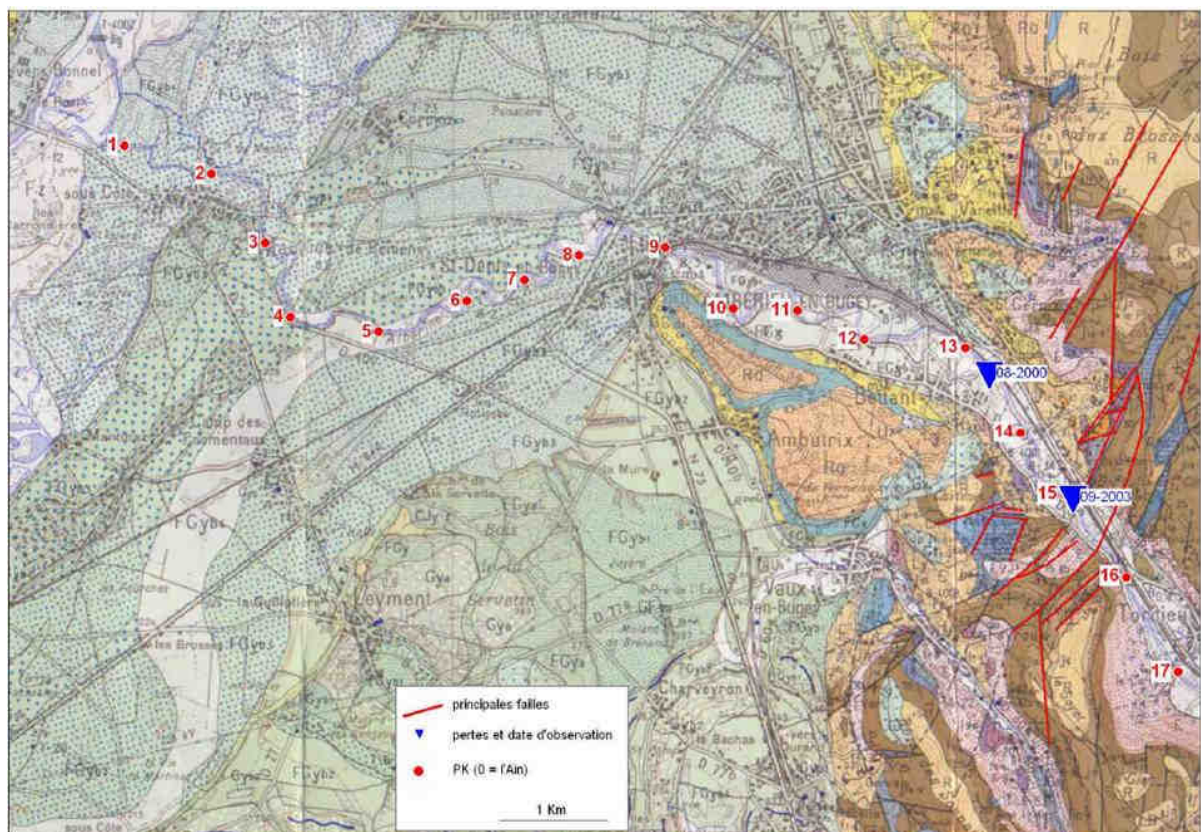
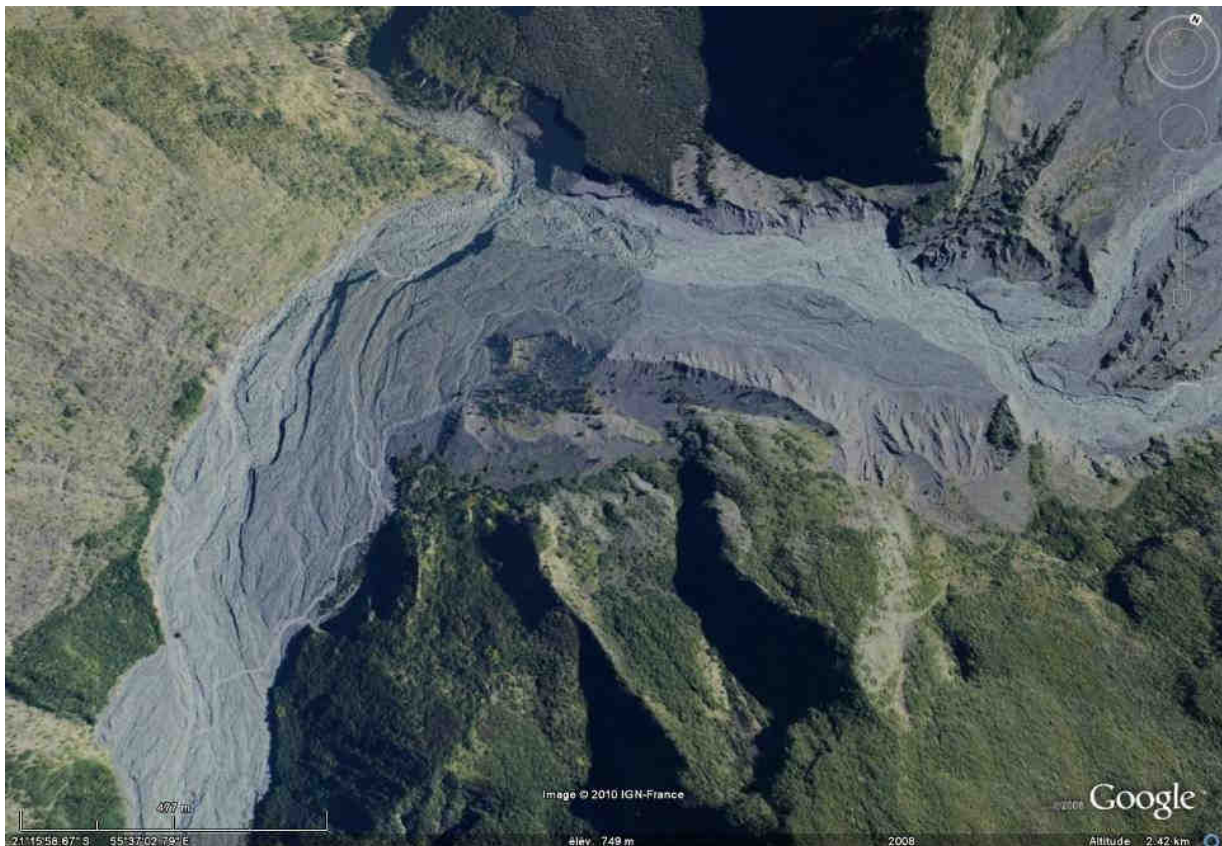


Figure 2 : la disparition, sur près de 15 km, de l'écoulement d'étiage de l'Albarine (01) dans un réseau de failles à son entrée dans la basse plaine de l'Aïn

- Caractéristiques hydromorphologiques : forte épaisseur d'alluvions très perméables

C'est par exemple le cas de la rivière des Remparts (Réunion) dont le fond de vallée est remblayé par une très grande épaisseur d'alluvions grossières.



**Figure 3: la disparition de l'écoulement dans les alluvions fluviales de la rivière des Remparts (Réunion). ATTENTION : il ne s'agit pas d'un oued : il y a bien un écoulement superficiel en amont et en aval de la zone de « disparition ».**

### **1.3. CONCEPT DE « PART IMPORTANTE »**

---

La part importante du débit peut être fixée à 80% de la valeur du débit moyen de la période de référence. Le débit de la période de référence est alors le débit moyen des trois débits moyens mensuels consécutifs les plus bas estimés en amont de la zone de disparition dans des conditions naturelles.

### **1.4. CONCEPT « D'ÉCOULEMENTS NATURELS »**

---

En l'absence d'intervention anthropique sur un cours d'eau ou son bassin versant, tous les écoulements peuvent être considérés comme naturels.

Dans le cas de prélèvements anthropiques avérés il est nécessaire de reconstituer le débit moyen inter-annuel (module) en prenant en compte les prélèvements d'eau en amont.

## **1.5. CONCEPT « DE PERIODE DE L'ANNEE »**

---

La période est celle retenue pour l'estimation du débit de référence. Afin de retenir une période suffisamment longue permettant d'intégrer la composante étiage du régime hydrologique, elle peut être définie comme la période correspondant aux trois mois consécutifs de plus bas débit. Conformément au 4.4.1. de la présente circulaire, il conviendra en cas de caractérisation d'un cours d'eau en fonctionnement atypique, de maintenir un débit minimal suffisant lors des autres périodes de l'année afin de conserver lorsqu'elle existe, l'aptitude du milieu aquatique à permettre la croissance et la reproduction des espèces présentes ainsi qu'à garantir la continuité écologique.

## 2. . PROTOCOLE PERMETTANT DE QUALIFIER LE FONCTIONNEMENT ATYPIQUE D'UN COURS D'EAU OU SECTION DE COURS D'EAU

Notion de tronçon à considérer potentiellement candidat au fonctionnement atypique

Ouvrage à construire  
80% du linéaire du **tronçon homogène** subit des disparitions

Ouvrage existant  
80% du linéaire du **tronçon court-circuité** subit des disparitions

Disparitions de 80% du débit de référence correspondant à la moyenne interannuelle des débits moyens mensuels des trois mois les plus secs.

NON

OUI

Géologie Karstique, réseau de faille ou formations alluvionnaires de surface d'épaisseur importante

NON

OUI

Disparition due au prélèvements amonts

OUI

NON

Cours d'eau temporaires s'asséchant en liens avec conditions climatiques et hydrologiques sans lien avec géologie

OUI

NON

**cours d'eau ou section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique**

PAS ATYPIQUE

### **3. DETERMINATION DU DEBIT A MAINTENIR AU DROIT OU À L'AVAL DE L'OUVRAGE**

#### **3.1. OUVRAGE À CONSTRUIRE**

1 → Réalisation de tests à différentes valeurs croissantes de débit naturel *in situ* (exprimé en pourcentage de module naturel)

2 → Vérification pour le cours d'eau ou de la section de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique, des conditions suivantes :

- maintien d'un écoulement hyporhéique suffisant,
- maintien de l'alimentation de zones humides éventuellement présentes,
- garantie de l'intégrité biologique des « zones refuges » dans le tronçon candidat au fonctionnement atypique,
- les zones situées immédiatement en aval de la portion de cours d'eau en fonctionnement atypique, conservent un débit leur permettant de satisfaire les obligations de résultats du I de l'article L. 214-18 CE à savoir de « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* »

3 → La première valeur de débit remplissant ces conditions détermine la valeur de débit réservé à fixer

**La valeur de débit réservé à fixer, peut donc être inférieure ou supérieure au plancher du 1/10<sup>ème</sup> du module si nécessaire puisque celle ci n'est pas pertinente**

#### **3.2. CAS D'UN OUVRAGE EXISTANT**

1 → Réalisation de phases test par lâcher à différentes valeurs croissantes de débit réservé (exprimé en pourcentage du module dans la limite du double du plancher du 1/10<sup>ème</sup> module)

2 → Vérification du maintien de l'intégrité biologique du tronçon (zones refuges si existantes) et respect du L214.18 pour les tronçons de cours d'eau aval non atypique (ex de l'absence d'affluents intermédiaires)

3 → La première valeur de débit remplissant ces conditions détermine la valeur de débit réservé à fixer dans la limite du double de la valeur plancher au 1/10<sup>ème</sup> du module

4 → Si les conditions décrites à l'alinéa 2 ne sont pas remplies avec des valeurs de débit réservé comprises entre la valeur plancher du 1/10<sup>ème</sup> et le double de cette valeur plancher alors le débit réservé à fixer peut être inférieur au 1/10<sup>ème</sup>.

**La valeur de débit réservé à fixer, peut donc être inférieure au plancher du 1/10<sup>ème</sup> du module ou supérieure mais dans limite du double de ce plancher**



## **4. ELEMENTS CONSTITUTIFS DE L'ETUDE, A CHARGE DU PETITIONNAIRE, DE DETERMINATION D'UN COURS D'EAU OU D'UNE SECTION DE COURS D'EAU CANDIDAT AU CARACTERE ATYPIQUE.**

### **4.1. SECTORISATION**

---

- sectorisation du bassin versant,
- délimitation du tronçon concerné par le fonctionnement atypique d'après la sectorisation hydromorphologique,
- localisation des zones d'infiltration avec cartographie des linéaires à sec (succession des linéaires à sec et en eau),
- linéaire (tronçon ou portion comme explicité au 1.1.) proposé comme présentant un fonctionnement atypique.

### **4.2. NATURE GEOLOGIQUE DU LIT**

---

- détermination préalable de la nature géologique à l'origine de la disparition.

### **4.3. MESURES HYDROMETRIQUES**

---

- reconstitution du régime hydrologique en amont et si possible en aval du tronçon présentant un fonctionnement atypique,
- localisation et quantification des éventuels apports intermédiaires,
- mesure des taux d'infiltration pour différents débits (dixième du module, module...)
- détermination du débit à partir duquel la continuité hydraulique se rétablit complètement,
- réalisation du profil hydrométrique longitudinal
  - a) Pour les ouvrages existants, un à plusieurs débits test seront délivrés en aval immédiat du barrage correspondant ou s'approchant du débit de référence (moyenne interannuelle des débits moyens mensuels des trois mois les plus secs) avec une durée préalable de délivrance du débit d'au moins 48 heures voire supérieure selon le linéaire et la nature de la perte.
  - b) En absence d'ouvrage, réalisation a minima du test avec le débit de la période de références (moyenne interannuelle des débits moyens mensuels des trois mois les plus secs)
- points de mesures pour le profil hydrométrique :
  - a) Amont barrage
  - b) Débit aval immédiat barrage

- c) Débit en des points intermédiaires jusqu'à la limite aval tronçon incluant les points de confluence des principaux apports latéraux (affluents).
- d) Débit restitution aval tronçon ou portion supposé atypique

#### **4.4. CONDITIONS MORPHOLOGIQUES**

---

- géomorphologie du cours d'eau (pente moyenne, transects, section mouillée, granulométrie du substrat, colmatage éventuel)
- succession et proportions des faciès d'écoulement en période de continuité hydraulique et en période de débit de référence (moyenne interannuelle des débits moyens mensuels des trois mois les plus secs).

#### **4.5. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES**

---

- Profil thermique longitudinal en période de bas débit

#### **4.6. PARAMETRES BIOLOGIQUES**

---

- échantillonnage des paramètres biologiques dans des conditions de débit proches du débit de référence en aval et en amont du tronçon ou portion considéré comme ayant un fonctionnement atypique et le cas échéant dans les zones de ce tronçon restant en eaux (zones refuges) :
  - a) macro-invertébrés benthiques : protocole IBDCCE en période de continuité hydraulique et en période de débit de référence,
  - b) ichtyofaune : échantillonnage en prospection complète ; composition spécifique (espèces à statut de protection) avec abondances et structures de classes d'âge.

#### **4.7. FONCTIONNALITES**

---

- évaluation des fonctionnalités du milieu en conditions de débit de référence (débit des trois mois les plus secs), en conditions moyennes de débit moyen interannuel afin d'intégrer les périodes de mise en eau favorables à la reproduction.
- quantification de l'importance des zones de croissance et d'alimentation et rôle des zones refuges,
- recensement des zones de frayères,
- prises en compte exigences de continuité écologique de certaines espèces, saisonnalité et durée de la continuité hydraulique (importance de la continuité hydraulique pour les migrateurs amphihalins),
- caractérisation des connectivités latérales.

#### **4.8. ETAT ECOLOGIQUE DE LA MASSE D'EAU SUR LAQUELLE SE TROUVE LA SECTION DE COURS D'EAU ATYPIQUE**

---

- évaluation de l'état écologique conforme à la directive cadre sur l'eau en application de l'arrêté du 25 janvier 2010<sup>2</sup>,
- objectifs et délais,
- dérogation d'objectifs le cas échéant.

#### **4.9. ELEMENTS SOCIO-ECONOMIQUES**

---

- principaux usages en amont et en aval du secteur,
- caractéristiques de l'usage directement concerné par la demande et le cas échéant gestion actuelle,
- linéaire de cours d'eau influencé par l'usage et position par rapport au tronçon à fonctionnement atypique,
- gestion future envisagée.

---

<sup>2</sup> Arrêté du 25/01/10 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

## **ANNEXE 5 : Éléments constitutifs du suivi écologique du débit minimum biologique**

### **Paramètres biologiques**

#### Continuité piscicole

- Suivi de l'efficacité des ouvrages de franchissement à la montaison (conformité, attractivité, piégeage pour les grands migrateurs...)
- Suivi de l'efficacité des dispositifs de dévalaison, diagnostic courantologie (vitesses au plan de grille, guidage vers exutoire de dévalaison...)
- Vérification de la franchissabilité du TCC

#### Ichtyofaune

Suivi piscicole par réalisation d'inventaires piscicoles sur les stations de l'état initial dans et hors du tronçon court-circuité à la même période (celle où le recrutement de l'année est mesurable) et dans un délai tel que l'espèce repère ait pu accomplir un cycle biologique complet (3 à 4 ans pour les populations salmonicoles jusqu'à 6 ans pour les populations de cyprinidés d'eau vives. Deux campagnes d'études annuelles peuvent être nécessaires.)

#### Caractéristiques habitationnelles

- Evolution des abris en berge et sous berges (nature et importance relative) dans le TCC
- Caractérisation et dénombrement des zones de frayères réelles dans le TCC en référence à l'état initial
- Evolution des surfaces pondérées utiles avec la méthode des micro-habitats

#### Invertébrés

Suivi des stations de prélèvements de macroinvertébrés avec approche quantitative (2 stations au minimum sur 2 à 3 campagnes) trois ans après la mise en service.

#### Végétation aquatique

- Evolution des macrophytes (nature, abondance, % de recouvrement) en comparaison à l'état initial.
- Indice diatomique

### **Paramètres hydromorphologiques**

#### Régime hydrologique

- Suivi hydrologique d'une durée d'au moins cinq années par aménagement d'une station hydrométrique en aval de la prise d'eau en vue de préciser la valeur du débit moyen interannuel et d'évaluer les débits de surverse
- Connaissance des événements de type crue à effet morphogène et de celles susceptibles de conditionner le recrutement en juvéniles en cas de suivi des populations piscicoles
- Fiabilité du dispositif de restitution du débit minimal.

#### Conditions morphologiques

- Suivi du profil en long en aval de l'ouvrage de prise d'eau en cas de risque d'affouillement, trois ans après sa mise en service
- Evolution de la ripisylve
- Phénomènes de colmatage du substrat dans le TCC
- Evolution de la granulométrie dans le TCC (ensablement, envasement, atterrissement, pavage...)

### **Paramètres physico-chimiques**

Suivi de la température, de l'oxygène et de la turbidité, en amont et dans le TCC, dès la mise en service de l'ouvrage et ce pendant au moins cinq ans.

IDENTIFICATION DES OUVRAGES PRIORITAIRES POUR L'INSTAURATION DE DEBITS RESERVES BIOLOGIQUES (L214-18)

DEPARTEMENT :

27

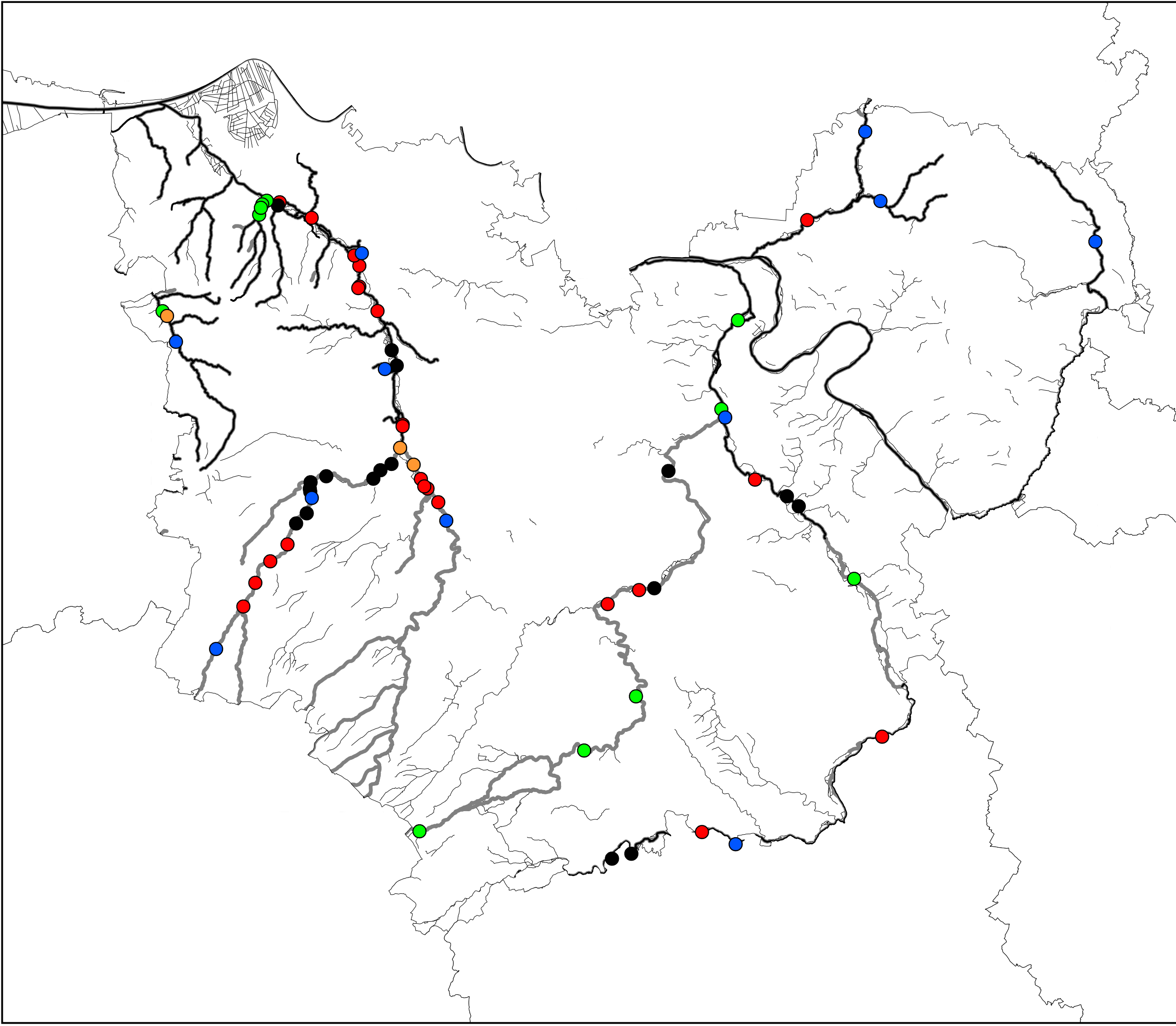
Agent ONEMA	Bassin	Cours d'eau	Ouvrage de dérivation	Code ROE	Masse d'eau	longueur court-circuitée (m) BD topo	géologie BV	Objectif DCE			Natura 2000		Continuité écologique		Usage		
								BEE 2015	RNAOE	Risque SYRAH	"Rivière"	avec saumon	classé L214-17	TCC = bras migratoire	Hydro-électricité	Pisciculture	AEP
JP LAURENT	ANDELLE	Lieure	Pisciculture-vannage prise d'eau	50255	FRHR 241-H3249000	160	calcaire	O	?	?	N		1&2	O		O	
JP LAURENT	ANDELLE	Andelle	Pisciculture-vannage prise d'eau	1547	FRHR 241	345	calcaire	O	?	?	N		1&2	O		O	
JP LAURENT	ANDELLE	Andelle	Clapet déversoir usine de Fontaine Guérard	53907	FRHR 241	403	calcaire	O	?	?	N		1&2	N	O		
JP LAURENT	EPTÉ	Lévrère	Moulin de la pisciculture	38516	FRHR 238	200	calcaire	O	?	?	N		1&2	O		O	
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	vannage usine hydroélectrique	79682	FRHR 246B	337	calcaire	2021	?	?	N		1&2	?	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	usine hydroélectrique H2O energie	16226	FRHR 246B	360	calcaire	2021	?	?	N		1&2	?	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	Ouvrage de décharge amont de l'usine de Chambine	79968	FRHR 246B	420	calcaire	2021	?	?	N		1&2	O	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	Barrage amont de Pacy	20390	FRHR 246B	?	calcaire	2021	?	?	N		1&2	N			
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	Seuil du Château	19467	FRHR 246B	430	calcaire	2021	?	?	N		1&2	O			
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	Barrage de l'usine	18525	FRHR 246B	277	calcaire	2021	?	?	N		1&2	O			
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	ouvrage répartiteur du moulin de Fricaux	18489	FRHR 246B	154	calcaire	2021	?	?	N		1&2	O	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	barrage du Hamet	18434	FRHR 246B	470	calcaire	2021	?	?	N		1&2	O		O	
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Eure	Clapet de la morte-eure	4700	FRHR 246B	3000	calcaire	2021	?	?	N		1&2		O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	ouvrage du parcours de pêche de la chaise dieu du theuil	37965	FRHR 258	?	calcaire	O	?	?	N		1	O			
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	ancien moulin de chambray	35984	FRHR 258	155	calcaire	O	?	?	N		1				
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	moulin du Sacq	25755	FRHR 258	100	calcaire	O	?	?	N		1	O	?		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	ouvrage répartiteur pour la retenue de la forge	24579	FRHR 259	1000	calcaire	O	?	?	N		1	?	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	Moulin de Bérengeville	20197	FRHR 259	160	calcaire	O	?	?	N		1	O	O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	Ouvrage du parc du moussel	73984	FRHR 259	530	calcaire	O	?	?	N		1				
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	vannage de décharge du moulin de Clocheporte	70767	FRHR 259	235	calcaire	O	?	?	N		1		O		
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Iton	Prise d'eau du château d'Acquigny	3822	FRHR 259	783	calcaire	O	?	?	N		1				
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Avre	?	35059	FRHR 254	575	calcaire										
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Avre	Décharge du moulin de la mulotière	43822	FRHR 254	368	calcaire										
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Avre	moulin de bellegarde	43849	FRHR 256	?	calcaire										
B.JANICOT&L DESORMEAUX	EURE	Avre	Vannage de la pisciculture (la potinière)	43879	FRHR 256	3000	calcaire										
C.CANTAYRE&F.IDIR	TOUQUES	calonne	barrage cidrerie	roe 34205	FRHR279	600	calcaire				o		o	o			
C.CANTAYRE&F.IDIR	TOUQUES	calonne	trubine dulong	34207	FRHR279	650	calcaire				o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	TOUQUES	calonne	pisciculture asnière	34836	FRHR279	200	calcaire				o		o	o		o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	moulin prieur	238	FRHR268	1300	calcaire	O			o		o	?	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	turbine colliard	241	FRHR268	500	calcaire	O			o		o	?	?		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	pisciculture montfort	34038	FRHR268	120	calcaire	O			o		o	o		o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	ouvrage APPMA brionne	27799	FRHR268	500	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	ouvrage mordoux	262	FRHR268	6000	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	turbine fontaine la soiret	281	FRHR268	500	calcaire	O			o		o	o	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	vannage rouzée	280	FRHR268	2200	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	trubine 9 moulins	293	FRHR266	500	calcaire	O			o		o	?	O		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	trubine ste marie	297	FRHR266	200	calcaire	O			o		o	?	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	pisciculture de baeumont	313	FRHR266	900	calcaire	O			o		o	o		o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	baronnie	246	FRHR266	250	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	baronnie	247	FRHR266	450	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	duthel	27788	FRHR266	1100	calcaire	O			o		o	?	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	ru des fontaines	pisciculture brionne	34191	FRHR268-H6200700	200	calcaire	2021			o		o			o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	baignage ste marie	28793	FRHR266	650	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	moulin de la fosse	28829	FRHR266	2000	calcaire	O			o		o	o	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	bec	abbaye bec	81882	FRHR268-H6229000	2500	calcaire	2021			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	bras des echauds le foll	231	FRHR268	750	calcaire	O			o		o	o	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	7 vannes	221	FRHR268	400	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	barrage williams	224	FRHR268	550	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	tourville	fonderie	365	FRHR 268-H6254000	500	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	tourville	roquette	362	FRHR 268-H6254000	400	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	tourville	seuil leroy	359	FRHR 268-H6254000	800	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	veronne	parc sportif	354	FRHR 268-H6249000	600	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	risle	moulin amour	28665		400	calcaire	O			o		o		?		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	guiel	pisciculture	41460	FRHR 267-H6110600	1500	calcaire	O			o		o	o		o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	adapt	37184	FRHR 267	2200	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	vannage de kerouaz	395	FRHR 267	2000	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	médiathèque	412	FRHR 267	250	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	pisciculture	419	FRHR 267	250	calcaire	O			o		o			o	
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	moulin fouret	36963	FRHR 267	600	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	usine de la motte	36828	FRHR 267	350	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	moulin du fay	423	FRHR 267	650	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	l'île au moulin	418	FRHR 267	250	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	vannage arianex	416	FRHR 267	200	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	dérivation du gord	74229	FRHR 267	1300	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	parc mairie	37227	FRHR 267	300	calcaire	O			o		o				
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	peters chirurgical	371	FRHR 267	650	calcaire	O			o		o		?		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	moulin du pré	36683	FRHR 267	750	calcaire	O			o		o		o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	guiel	turbine la trinité	36606	FRHR 267-H6110600	750	calcaire	O			o		o	?	o		
C.CANTAYRE&F.IDIR	RISLE	charentonne	moulin de ferrière	36866	FRHR 267	500	calcaire	O			o		o				

# Localisation des sites à enjeu "débit réservé" sur le département de l'Eure

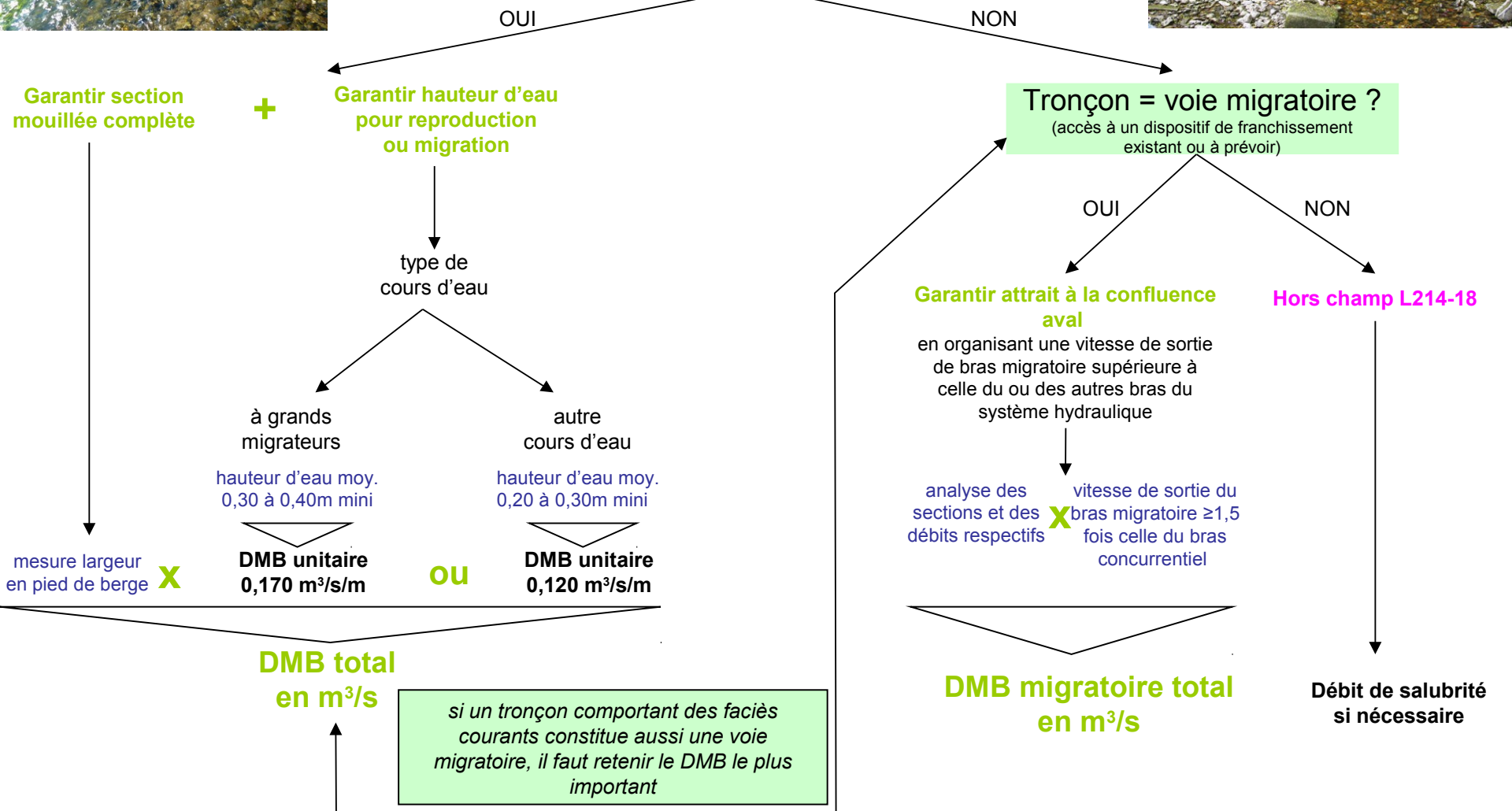
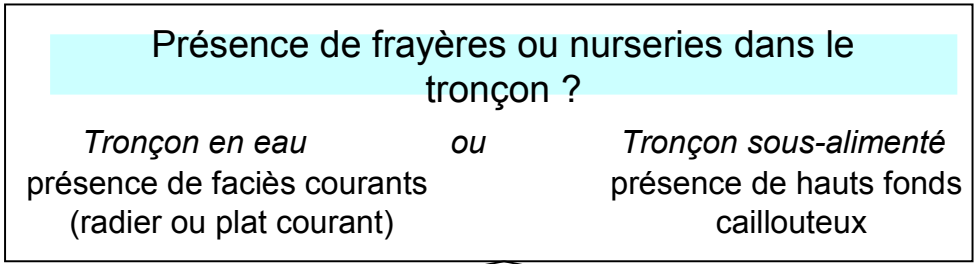
Mai 2014

Légende

●	Site à enjeu débit réservé seul	(18)
●	Site en cours d'étude	(11)
●	Centrale à l'arrêt ou en projet	(3)
●	Centrale en activité	(23)
●	Pisciculture	(11)
—	Cours d'eau classé L2	
—	Cours d'eau classé L1	



# Identification d'un débit minimum biologique (DMB) à maintenir en aval d'un ouvrage



**FICHE DE RELEVÉS DES CARACTÉRISTIQUES DU TRONÇON COURT CIRCUITE (TCC) DE .....**

Date du relevé : \_\_\_\_\_ Le TCC constitue une voie migratoire : oui / non  
 Opérateurs : \_\_\_\_\_ Ouvrage alimentant le TCC équipé d'une passe à poissons : oui / non  
 Hydrologie ce jour : proche étiage / module  
 Gestion de l'ouvrage de dérivation/décharge amont du TCC : \_\_\_\_\_  Photo (vue aval) de l'ouvrage alimentant le TCC

**DESCRIPTION DU RADIER / PLAT COURANT LE PLUS SIGNIFICATIF DU TCC**

Localisation du faciès courant : \_\_\_\_\_ Longueur (m) : \_\_\_\_\_ Largeur mouillée (m) : \_\_\_\_\_  Photo du faciès d'écoulement décrit  
 Largeur en pied berge (10 mesures sur l'ensemble du faciès) : \_\_\_\_\_  
 Granulométrie principale et secondaire : \_\_\_\_\_

**TRANSECTS (3 pour un radier, 1 pour un plat courant)**

**TÊTE DE RADIER (= début V en berge)**

Distance (m)	Rive .....	1/10 larg.	2/10 larg.	3/10 larg.	4/10 larg.	5/10 larg.	6/10 larg.	7/10 larg.	8/10 larg.	9/10 larg.	Rive .....
Hauteur d'eau (m)											

**FIN DE TÊTE DE RADIER (= pointe du V)**

Distance (m)	Rive .....	1/10 larg.	2/10 larg.	3/10 larg.	4/10 larg.	5/10 larg.	6/10 larg.	7/10 larg.	8/10 larg.	9/10 larg.	Rive .....
Hauteur d'eau (m)											

**CŒUR DE RADIER OU DE PLAT COURANT (= en plein faciès courant)**

Distance (m)	Rive .....	1/10 larg.	2/10 larg.	3/10 larg.	4/10 larg.	5/10 larg.	6/10 larg.	7/10 larg.	8/10 larg.	9/10 larg.	Rive .....
Hauteur d'eau (m)											

**AUTRES RADIER(S) / PLAT(S) COURANT(S) PRÉSENTS DANS LE TCC**

1 Localisation Longueur (m) : _____ <input type="checkbox"/> photo Largeur en pied de berge (m) : _____	2 Localisation Longueur (m) : _____ <input type="checkbox"/> photo Largeur en pied de berge (m) : _____	3 Localisation Longueur (m) : _____ <input type="checkbox"/> photo Largeur en pied de berge (m) : _____
---	---	---

**CAS OU LE TCC CONSTITUE UNE VOIE MIGRATOIRE : réaliser 2 transects (si impossible, mesurer largeur pied de berge + profondeur proche berge) :**

**TRANSECT TCC proche confluence bras usinier**  photo

Distance (m)	Rive .....	1/10 larg.	2/10 larg.	3/10 larg.	4/10 larg.	5/10 larg.	6/10 larg.	7/10 larg.	8/10 larg.	9/10 larg.	Rive .....
Hauteur d'eau (m)											

**TRANSECT BRAS USINIER proche confluence TCC**  photo

Distance (m)	Rive .....	1/10 larg.	2/10 larg.	3/10 larg.	4/10 larg.	5/10 larg.	6/10 larg.	7/10 larg.	8/10 larg.	9/10 larg.	Rive .....
Hauteur d'eau (m)											





# ANNEXE 6

## Doctrine Débit Minimum Biologique

### TYPOLOGIES DE SITES

**NB** : un site correspond à une zone géographique où est implantée une installation principale, qui peut comporter un ou plusieurs ouvrages (barrage, clapet, vannes..) et sur un chevelu hydrographique naturel ou artificiel, simple ou complexe.

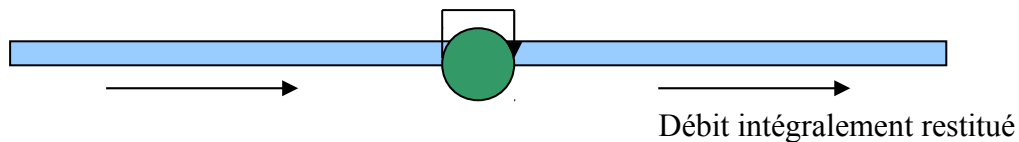
*Installation (ou activité : centrale hydroélectrique, ancien moulin, pisciculture)* 

*Ouvrage (barrage, seuil, clapet, vanne...)* 

*Passe à poissons* 

*Sens de circulation* 

### CAS 1 : Installation implantée transversalement au cours d'eau principal unique

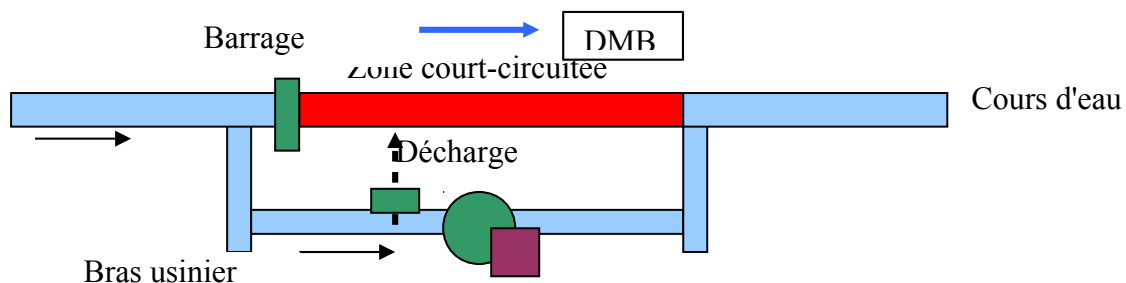


- Pas de DMB en l'absence de zone non alimentée

*Exemple : Barrage de Poses sur la Seine*

---

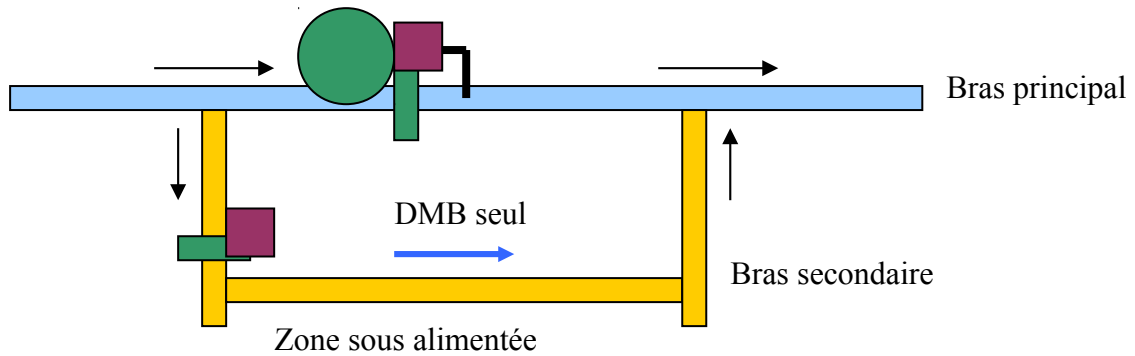
### CAS 2 : Installation implantée sur un bras usinier en dérivation du bras principal



- DMB à établir sur bras naturel court-circuité (présence de radiers sur le lit)
- si concurrence des débits à la confluence aval, aspect migratoire à étudier pour favoriser la montaison sur un bras et éviter un effet cul-de-sac vers le barrage (à défaut une passe à poisson y serait également nécessaire)

*Exemple : moulin du parc à Beaumont le Roger*

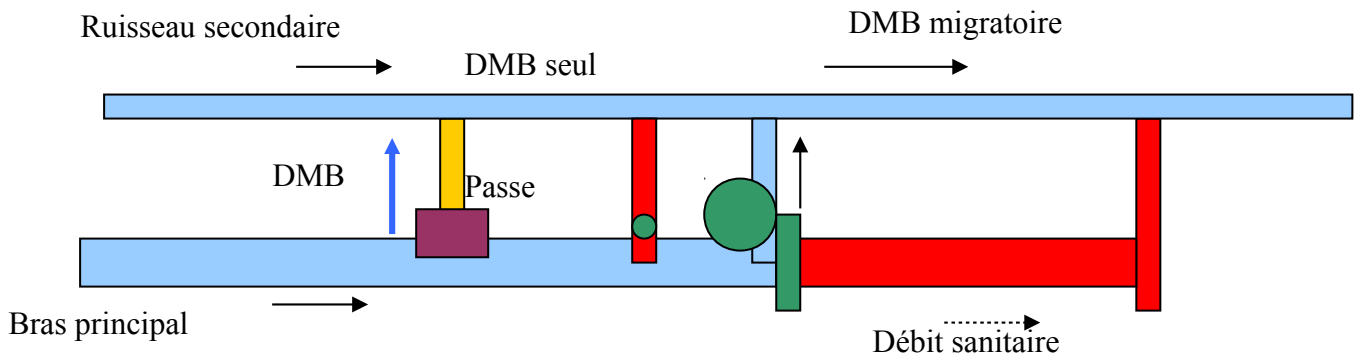
### CAS 3 : Installation implantée transversalement au cours d'eau principal avec bras secondaire



- DMB à affecter sur le bras secondaire

*Exemple : Centrale de Moulin Prieur à Saint Philbert sur risle*

#### CAS 4 : idem Cas 3 avec bief présent en aval de l'installation



- DMB avec passe à poissons vers bras secondaire avec attrait migratoire concurrentiel après la restitution de la centrale et (sans présence de radiers)
- Débit sanitaire sur long bief en aval du barrage (non alimenté sauf en crues)
- Aucun débit sur décharge amont de la centrale (mobilisée uniquement en crue) et faible linéaire concerné

*Exemple : centrale de Fontaine Guérard à Douville sur Andelle*



## **NOTE TECHNIQUE SUR LA CONCEPTION DES DISPOSITIFS DE RESTITUTION DU DEBIT MINIMAL**

**REFMADI**

**BARIL D<sup>1</sup> - COURRET D<sup>2</sup> - FAURE B<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ONEMA DCUAT

<sup>2</sup> ONEMA - Pôle Ecohydraulique

<sup>3</sup> OIEAU

**JANVIER 2014**

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>Contexte réglementaire.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Types de dispositifs de restitution du débit minimal .....</b>	<b>3</b>
2.1.	Echancrures ou déversoirs.....	3
2.2.	Orifices et ajutages.....	9
2.3.	Vannes de fond.....	11
2.4.	Modules à masques .....	12
2.5.	Dispositifs de franchissement piscicole et des embarcations .....	14
2.5.1.	Dispositifs de franchissement piscicole .....	14
2.5.2.	Dispositifs pour le franchissement des embarcations.....	15
2.6.	Autres dispositifs : conduite en charge, piquage sur une conduite forcée, turbinage	16
<b>3.</b>	<b>Choix et calage des dispositifs selon les configurations de niveau d'eau amont</b>	<b>17</b>
<b>4.</b>	<b>Gestion du dispositif de restitution du débit minimal .....</b>	<b>18</b>
4.1.	Entretien .....	18
4.2.	Contrôle du débit minimal.....	18
4.3.	Moyens de surveillance .....	21
4.4.	Modulation du débit minimal.....	21
4.5.	Cas particulier des très faibles débits réservés.....	21
<b>5.</b>	<b>Formulation des prescriptions de l'arrêté préfectoral ou du règlement d'eau .....</b>	<b>21</b>
5.1.	Dispositif de restitution du débit minimal .....	21
5.2.	Dispositif de contrôle du débit minimal .....	22
5.3.	Conformité des dispositifs .....	22

L'objet de cette note est de guider les maîtres d'ouvrage dans le choix et le dimensionnement des dispositifs de restitution du débit minimal d'une part, et de permettre aux services instructeurs d'évaluer la conformité des dispositifs proposés d'autre part.

## 1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Les arrêtés d'autorisation ou les décrets de concession des ouvrages de prises d'eau fixent le débit minimal à maintenir à l'aval immédiat de l'ouvrage en cohérence avec l'article L. 214-18 du code de l'Environnement, qui précise que la valeur du débit minimal doit garantir en permanence l'alimentation, la reproduction et la circulation des espèces présentes. Le débit minimal est un débit instantané et doit être garanti en permanence à l'aval immédiat de l'ouvrage, excepté si le débit amont (débit entrant) est inférieur à cette valeur, auquel cas le prélèvement d'eau est suspendu, le débit restitué devant alors être égal au débit entrant (pas de stockage).

Le débit minimal à restituer au Tronçon Court-Circuité (TCC) peut être réparti dans plusieurs dispositifs. Ces dispositifs peuvent être soit des dispositifs spécifiques de restitution du débit minimal, soit des dispositifs de franchissement (exutoire de dévalaison, passe à poissons, passe à canoës kayaks). Le débit minimal peut être modulé en fonction de la saison et avoir donc plusieurs valeurs, nécessitant des dispositifs de restitution modulables permettant le réglage du débit minimal selon la période de l'année. Les dispositifs de restitution du débit minimal sont décrits dans l'arrêté préfectoral d'autorisation ou le règlement d'eau et constituent alors une obligation de moyens.

Le caractère fonctionnel d'un dispositif de restitution du débit minimal est essentiel dans la mesure où le maintien de ce débit à l'aval d'un ouvrage est une obligation permanente et que ce débit a vocation à être contrôlé par les agents commissionnés au titre de la police de l'eau.

Dans cette note, les différents types de dispositifs de restitution du débit minimal sont tout d'abord passés en revue. Le choix et le dimensionnement des dispositifs selon les configurations de niveau d'eau à l'amont de l'ouvrage sont ensuite discutés. Les aspects de gestion des dispositifs (surveillance, entretien, contrôle) sont abordés. Les éléments à prendre en compte lors de la rédaction des actes administratifs sont enfin rappelés.

## 2. TYPES DE DISPOSITIFS DE RESTITUTION DU DEBIT MINIMAL

Pour les aspects hydrauliques des échancrures, orifices et vannes de fond, cette partie reprend essentiellement les éléments du "*Guide pour le contrôle des débits réglementaires*" (Le Coz et al. 2011). Pour davantage d'informations sur les formules hydrauliques, on peut également se référer à Blevins (1984), IdelCik (1986), Carlier (1986), Bos (1989), Pont-à-Mousson (1989) ou Lencastre (1999).

### 2.1. Echancrures ou déversoirs

Les échancrures ou déversoirs consistent en des ouvertures permettant un déversement à surface libre. Elles sont le plus souvent aménagées directement sur la crête des seuils ou des barrages, ou dans les bajoyers de la prise d'eau (Figure 1). Les échancrures sont généralement rectangulaires. Pour une meilleure précision, notamment dans le cas de petites valeurs de débit à restituer, on peut adopter une forme triangulaire.

Les échancrures s'avèrent en effet sensibles aux variations de niveau d'eau amont ; elles sont donc préconisées lorsque celui-ci est précisément régulé, ou lorsque que les variations sont faibles ( $< 0.05$  m). Pour ne pas exacerber cette sensibilité, lors de la définition de la géométrie de l'échancrure, on privilégiera la hauteur de charge sur la crête de déversement, plutôt que la largeur de l'échancrure. On privilégiera d'autre part un déversement clairement dénoyé, avec un niveau aval bien en-deçà de la cote de l'échancrure, de façon que sa débitance ne dépende pas du niveau aval (tant qu'il ne transite que le débit réservé dans le TCC).

Deux catégories de déversoir se distinguent selon le rapport entre la hauteur de charge  $h$  sur la crête et l'épaisseur de la crête  $e$ . Le déversoir est dit mince lorsque  $h > 2 * e$  et épais lorsque  $h < 1.5 * e$  (zone de transition dans la gamme  $1.5 * e < h < 2 * e$ ). Les deux catégories de déversoir se différencient en termes de coefficient de débit et de sensibilité à l'envolement par l'aval.



Figure 1 : Exemple de déversoir rectangulaire dénoyé.

La Figure 2 présente les formules pour le calcul du débit transitant par des déversoirs rectangulaires et triangulaires en mince paroi dénoyés avec  $Q$  le débit sur le déversoir ( $m^3/s$ ),  $C$  le coefficient de débit [-],  $b$  la largeur du déversoir ou de l'échancrure (m),  $h$  la hauteur d'eau ou charge sur la crête de l'échancrure (m),  $\alpha$  le demi angle au sommet d'une échancrure triangulaire,  $B$  la largeur du chenal d'écoulement à l'amont et  $p$  la hauteur de pelle au pied de l'échancrure, en amont (m).

Le coefficient de débit  $C$  est fonction des décollements de l'écoulement au niveau des bords et de la crête du déversoir (fonction des rapports  $h/p$  et  $b/B$ ). La Figure 3 présente l'abaque pour la détermination du terme correctif  $C_r$  qui rend compte de l'importance des décollements sur les bords. Selon la formule, le coefficient de débit  $C$  peut varier de 0.40 à 0.525 ( $h/p = 2.5$  et  $b/B = 1$ ). En pratique, il est généralement voisin de 0.4, la largeur de l'échancrure étant petite par rapport à celle du seuil ou du bajoyer.

<p><b>Section rectangulaire</b></p> $Q = C \sqrt{2g} b h^{1,5}$ <p>avec <math>C = C'_1 = 0,40 + C_r \frac{h}{p}</math></p> <p>Limites d'application <math>h/p \leq 2,5 ; b \geq 0,15 \text{ m}</math>  <math>h \geq 0,03 \text{ m} ; p \geq 0,10 \text{ m}</math></p>		<p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Q</math> le débit transitant par l'orifice (<math>m^3/s</math>)</li> <li>- <math>C</math> le coefficient de débit</li> <li>- <math>g</math> l'accélération de la pesanteur (<math>9.81 \text{ m/s}^2</math>)</li> <li>- <math>b</math> la largeur de l'échancrure (m)</li> <li>- <math>h</math> la hauteur d'eau ou charge (m) sur la crête de l'échancrure rectangulaire, ou au-dessus de la pointe du triangle</li> <li>- <math>\alpha</math> le demi angle au sommet d'une échancrure triangulaire (<math>^\circ</math>)</li> <li>- <math>p</math> la hauteur de pelle au pied de l'échancrure (m)</li> <li>- <math>B</math> la largeur du chenal d'écoulement à l'amont</li> </ul>
<p><b>Section triangulaire isocèle</b></p> $Q = C \sqrt{2g} \tan \alpha h^{2,5}$ <p>avec <math>C = C'_2 = 0,31</math></p> <p>Limites d'application <math>10 \leq \alpha \leq 50 \text{ degrés}</math>  <math>h/p \leq 0,35 ; h \geq 0,06 \text{ m}</math>  <math>0,10 \leq p/b \leq 1,5 ; p \geq 0,09 \text{ m}</math></p>		

Figure 2 : Formules pour le calcul du débit transitant par des déversoirs rectangulaire et triangulaire en mince paroi dénoyés (figure extraite de Le Coz et al. 2011).

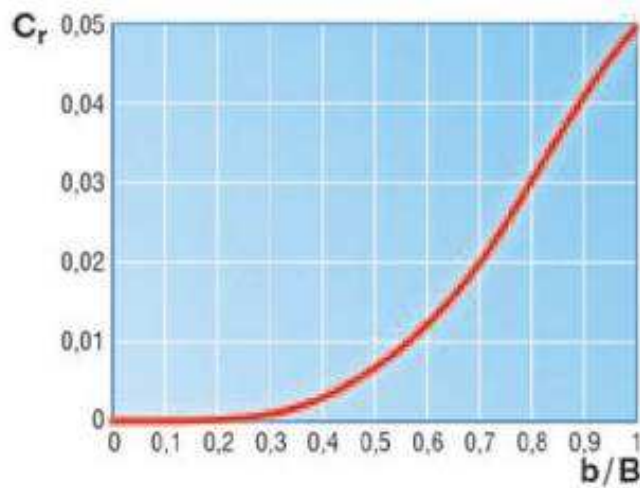


Figure 3 : Abaque pour la détermination du coefficient  $C_r$  pour un déversoir rectangulaire en mince paroi (figure extraite de Le Coz et al. 2011).

Les Figure 4 et Figure 5 présentent les débits transitant par une échancrure rectangulaire et triangulaire respectivement, en fonction de la hauteur d'eau  $h$  et pour différentes largeurs d'échancrures  $b$  ou différents demi-angles au sommet  $\alpha$ .

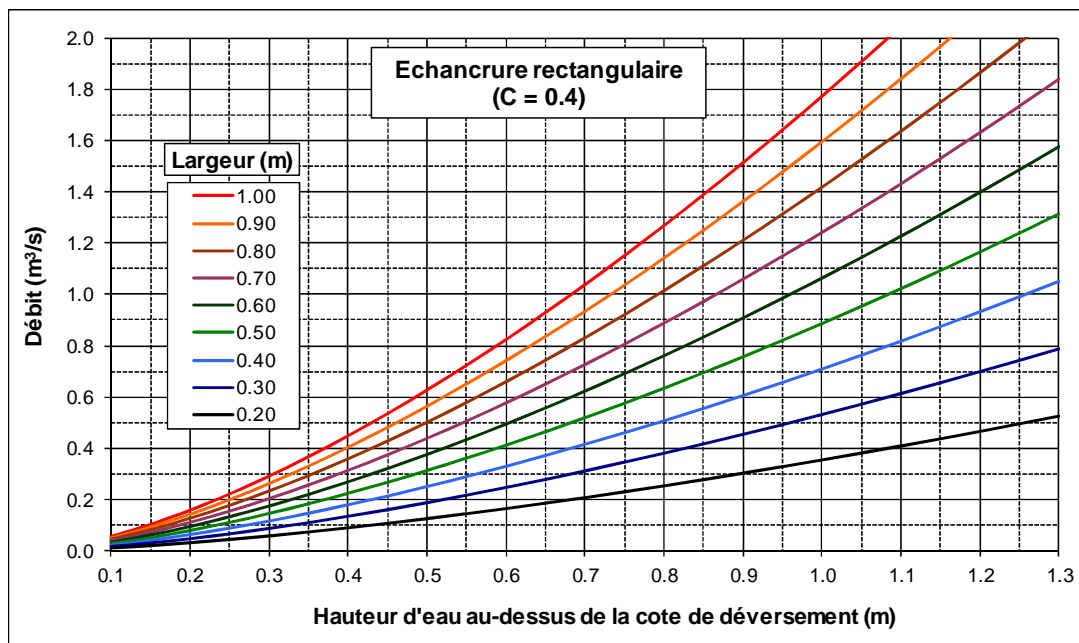


Figure 4 : Débit transitant par une échancrure rectangulaire dénoyée en fonction de la hauteur d'eau  $h$  au-dessus de la cote de déversement pour différentes largeurs d'échancrure  $b$ .



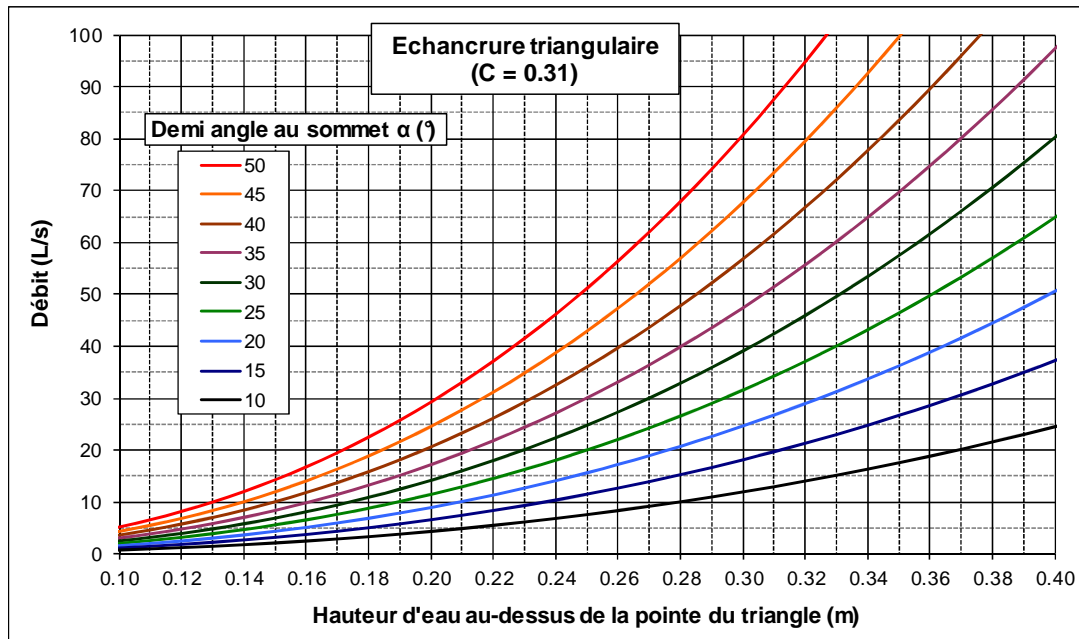


Figure 5 : Débit transitant par une échancrure triangulaire dénoyée en fonction de la hauteur d'eau  $h$  au-dessus de la pointe du triangle et pour différents demi-angles au sommet  $\alpha$ .

Dans le cas des déversoirs épais, seule la forme rectangulaire s'avère effectivement employée pour la restitution d'un débit minimal. La formule pour le calcul du débit est fondamentalement la même que pour les déversoirs minces. Le coefficient de débit  $C$  est alors fonction non seulement des décollements de l'écoulement en entrée du déversoir, mais également du profil longitudinal de la crête. La Figure 6 présente les expressions du coefficient de débit  $C$  pour un déversoir avec un profil longitudinal rectangulaire (arêtes vives) et un profil arrondi à l'amont. Le coefficient de débit  $C$  peut ainsi varier entre environ 0.33 et 0.48 pour un déversoir avec un profil longitudinal rectangulaire et entre 0.36 et 0.53 pour un déversoir avec un profil longitudinal arrondi à l'amont.

Les déversoirs minces, plus précis, sont préférables dans le cas de petites valeurs de débit à restituer. Les déversoirs épais sont plutôt utilisés pour les débits importants. Quel que soit le type de déversoirs, une attention particulière doit être portée à la détermination du coefficient de débit. Au-delà des paramètres pris en compte dans les formules présentées, la courantologie à l'amont de l'échancrure peut également influencer le coefficient de débit. En particulier, si l'écoulement à l'approche de l'échancrure est oblique, cela peut exacerber le décollement de l'écoulement sur un des bords de l'échancrure et engendrer une diminution du coefficient de débit. Cette configuration peut notamment se produire au niveau d'une échancrure ouverte dans le bajoyer latéral d'un canal d'amenée. De plus, la largeur  $b$  du déversoir est à considérer perpendiculairement à l'écoulement déversant, ce qui en rend délicat et incertain le dimensionnement dans le cas d'un écoulement d'approche oblique.

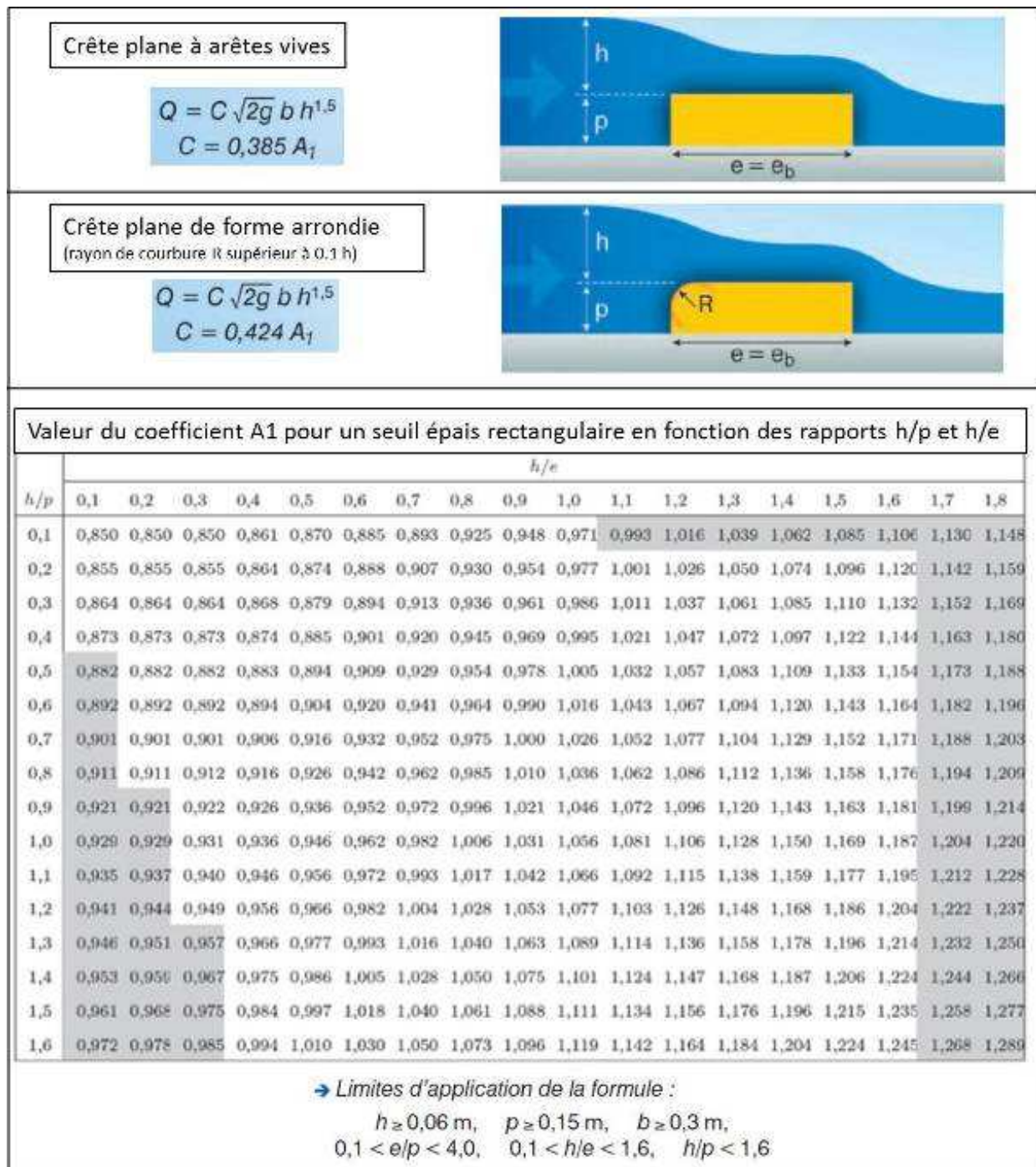


Figure 6 : Expressions du coefficient de débit **C** selon le profil longitudinal d'un déversoir épais rectangulaire dénoyé et des rapports **h/p** et **h/e** (sans contraction latérale ; figure adaptée de Le Coz et al. 2011).

La Figure 7 présente une comparaison de l'évolution du débit transitant par 2 échancrures rectangulaires de 0.5 et 1.0 m de largeur, en fonction de la charge sur la crête (coefficient de débit égal à 0.4). A titre d'exemple, on peut observer qu'un débit de 0.5 m<sup>3</sup>/s peut transiter soit par l'échancrure de 0.5 m de largeur avec une charge de 0.68 m, soit par l'échancrure de 1.0 m de largeur avec une charge de 0.43 m. Les deux échancrures ne vont par contre pas réagir de la même façon aux variations de niveau d'eau amont. Par exemple, des abaissements de 5 et 10 cm du niveau amont se traduiront respectivement par des débits de 0.42 et 0.34 m<sup>3</sup>/s pour l'échancrure de 1.0 m de large, soit des diminutions de 16% et 32%. Pour l'échancrure de 0.5 m de large, ces mêmes abaissements se traduiront respectivement par des débits de 0.44 et 0.39 m<sup>3</sup>/s, soit des diminutions de 12% et 22%. Des élévations similaires du niveau d'eau amont se traduiront par des augmentations de débit comparables, quelque peu supérieures aux diminutions.

La Figure 8 présente de même les variations de débit suite à des variations de niveau d'eau de +/- 3 cm, pour des échantures triangulaires dénoyées avec des demi-angles au sommet de 25° et 50° calées pour un débit de 40 L/s.

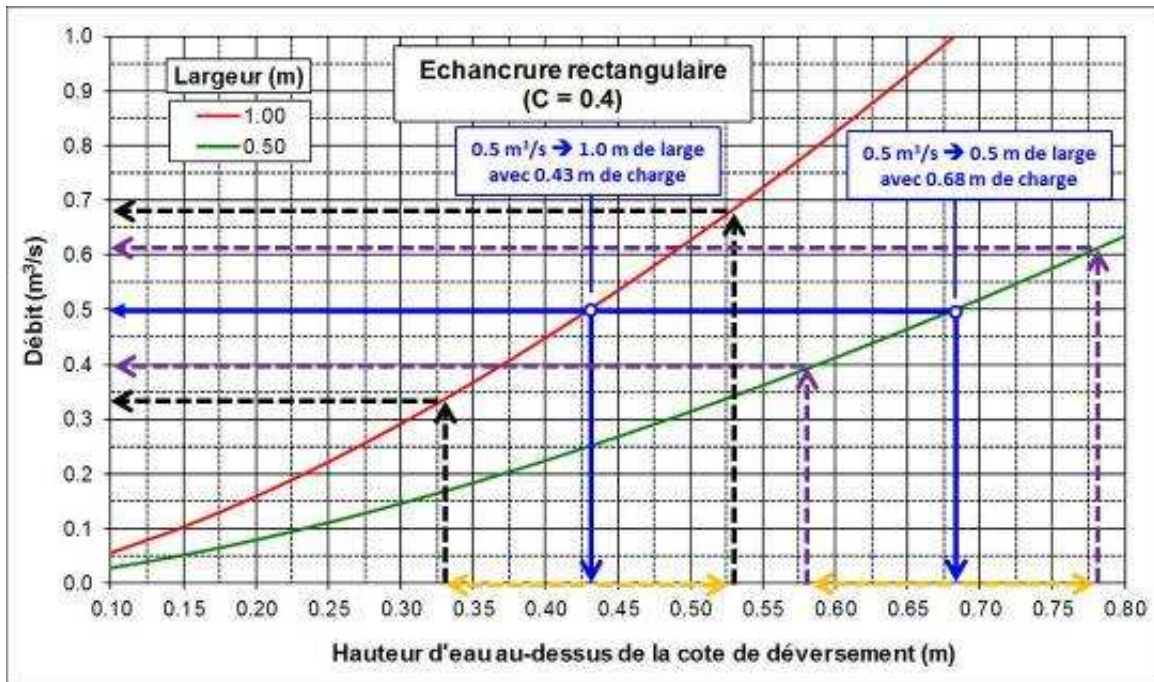


Figure 7 : Illustration des variations de débit suite à des variations de niveau d'eau de +/- 10 cm, pour des échantures rectangulaires dénoyées de 0.5 m et 1.0 m de large, calées pour 0.5 m³/s.

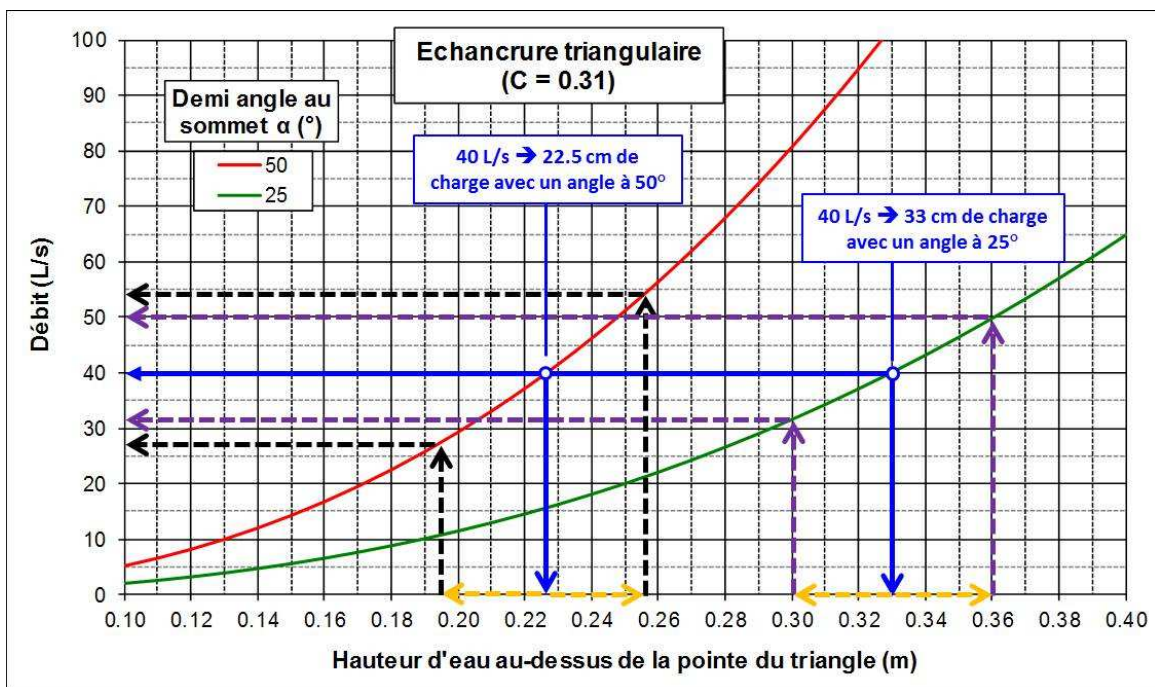


Figure 8 : Illustration des variations de débit suite à des variations de niveau d'eau de +/- 3 cm, pour des échantures triangulaires dénoyées avec des demi-angles au sommet de 25° et 50°, calées pour 40 L/s.

## 2.2. Orifices et ajutages

Les orifices ou ajutages consistent en des ouvertures complètement noyées à l'amont au travers desquelles l'eau s'écoule (Figure 9). On parle d'orifices lorsque que l'ouverture est aménagée dans une paroi mince et que la veine liquide n'est en contact qu'avec le bord intérieur (sans recoller au bord extérieur). On parle d'ajutages pour des ouvertures dont les parois sont prolongées sur une distance de 2-3 fois la longueur caractéristique de l'ouverture (diamètre, coté), ou bien une ouverture aménagée dans une paroi épaisse. Le prolongement par un ajutage peut être intérieur (rentrant), extérieur (sortant), ou les deux (Figure 10). Une paroi épaisse s'apparente à un ajutage extérieur. Les orifices ou ajutages sont le plus souvent aménagés dans des éléments du barrage de faible épaisseur, en particulier dans des vannes. Ils sont généralement circulaires, parfois carrés ou rectangulaires.



Figure 9 : Exemple d'orifice à forte charge dénoyé à l'aval.

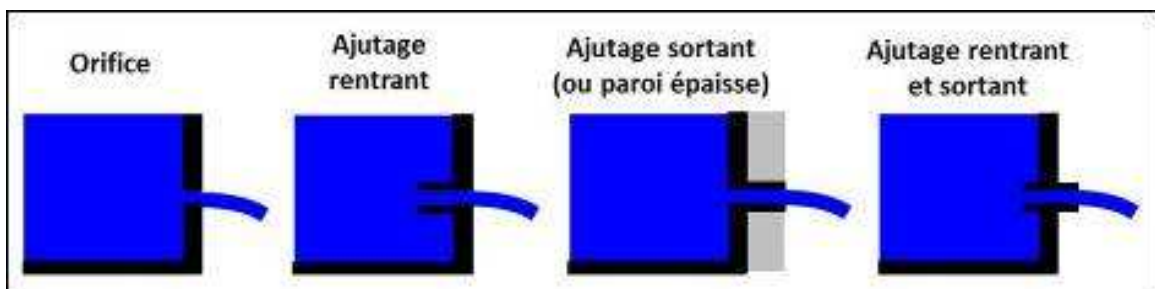


Figure 10 : Illustration des orifices et ajutages.

Les orifices sont moins sensibles aux variations du niveau d'eau amont que les échancrures. Lors de l'implantation d'un orifice, on privilégiera la possibilité d'avoir une hauteur de charge importante pour minimiser l'effet des variations du niveau d'eau amont tout en conservant un diamètre suffisant de l'orifice pour limiter les risques d'obstruction par des débris végétaux. Il est également recommandé d'éloigner le bord inférieur de l'orifice du fond de façon à limiter les risques d'obstruction par des sédiments.

Un orifice peut être dénoyé ou noyé par l'aval. Néanmoins, pour que sa débitance ne dépende pas du niveau aval, une configuration dénoyée sera privilégiée (tant qu'il ne transite que le débit minimal dans le TCC). La Figure 11 présente la formule pour le calcul du débit transitant par un orifice dénoyé. Cette formule est applicable tant que :

- la vitesse d'approche dans le chenal amont est négligeable,
- la surface de la section mouillée à l'amont est au moins égale à 10 fois la surface de l'orifice  $S_o$ ,
- et la hauteur d'eau (ou charge) à l'amont au-dessus du centre de l'orifice est supérieure au diamètre de l'orifice, soit  $h \geq 1.5 w$  et  $w \geq 0.02$  m.



Figure 11 : Formule pour le calcul du débit transitant par un orifice dénoyé (figure adaptée de Le Coz et al. 2011).

Pour un orifice, la valeur du coefficient de débit  $C$  est fonction des phénomènes de décollement de l'écoulement en entrée, de la taille de l'orifice et de la charge. Les influences de la taille de l'orifice et de la charge sur la valeur du coefficient de débit sont toutefois très faibles. Pour des orifices à arêtes vives (contraction complète de l'écoulement<sup>1</sup>), une valeur de 0.60 est ainsi généralement adoptée. Si les décollements sont supprimés sur tout ou partie du périmètre de l'orifice (contraction incomplète de l'écoulement), soit parce que les arêtes de l'orifice sont plus ou moins profilées, soit parce que l'orifice est proche ou attenant à une paroi (bajoyer ou fond), le coefficient de débit est alors augmenté. De même, un ajutage va influencer sur le coefficient de débit, en le réduisant ou en l'augmentant selon sa configuration (rentrant ou sortant, à arêtes vives ou profilées). Le coefficient de débit peut ainsi varier de 0.5 pour un ajutage rentrant court à arête vives, à plus de 0.95 pour un ajutage sortant à "veine moulée".

C'est pourquoi une attention particulière devra être portée dans le choix de la forme de l'orifice ou de l'ajutage, ainsi que dans son positionnement, de manière à pouvoir déterminer précisément le coefficient de débit. Pour ce faire, on peut en particulier se référer à Carlier (1986) ou Lencastre (1999), dont certaines indications sont reportées dans le Tableau 1. Il est recommandé d'aménager des dispositifs simples, avec des arêtes vives, pour lesquels il y a le moins d'incertitudes sur la valeur du coefficient de débit.

Dans le cas particulier des orifices de fond aménagés dans les cloisons des passes à bassins, le coefficient de débit utilisé est de l'ordre de 0.72 pour tenir compte des suppressions de décollement sur un bord et sur le fond.

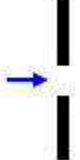
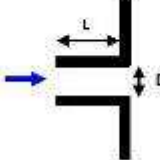
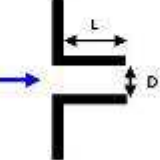
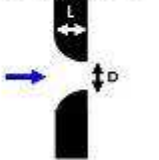
Orifice avec contraction complète (arêtes vives)	Ajutage rentrant ( $2D < L < 3D$ )	Ajutage sortant ( $2D < L < 3D$ )	Ajutage à arêtes profilées ( $L = 0.625D$ ; rayon de courbure égal à $1.625D$ )
$C = 0.6$	$C = 0.51$	$C \approx 0.80$	$C = 0.96 - 0.99$
			

Tableau 1 : Coefficients de débit pour les orifices et ajutages dénoyés indiqués par Lencastre (1999).

<sup>1</sup> Contraction complète de l'écoulement : les décollements se produisent sur tout le périmètre de l'orifice.

La Figure 12 présente le débit transitant par un orifice dénoyé à l'aval en fonction de la charge sur le centre de l'orifice  $h$  et pour différentes surfaces d'orifice  $S_o$ . Un débit de 100 L/s peut par exemple transiter par un orifice de 300 cm<sup>2</sup> sous 1.6 m de charge. Des réductions ou augmentations de charge de 5 et 10 cm n'entraînent alors que des réductions limitées respectivement d'environ  $\pm 1$  L et  $\pm 2.5$  L/s.

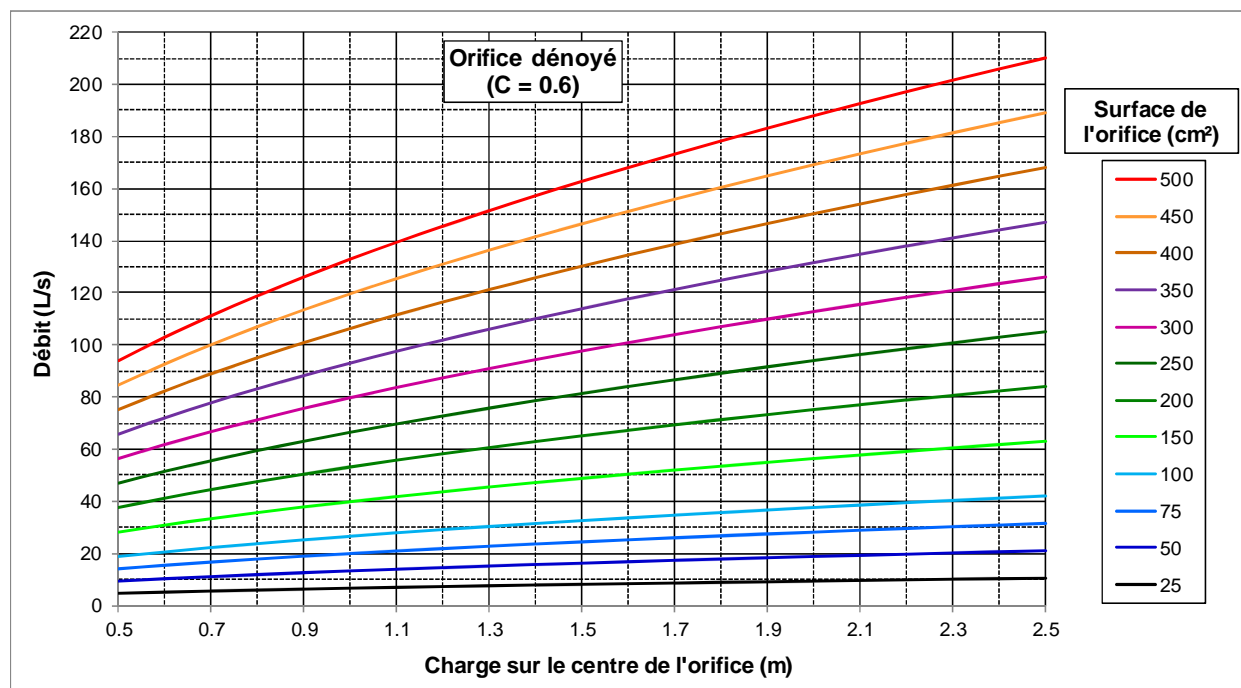


Figure 12 : Débit transitant par un orifice dénoyé à l'aval en fonction de la charge sur le centre de l'orifice et pour différentes surfaces d'orifice.

### 2.3. Vannes de fond

Les vannes de fond équipent de nombreux barrage et sont régulièrement utilisées comme dispositif de restitution de tout ou partie du débit minimal. Ce sont généralement des vannes plates verticales (vanne guillotine ; Figure 14). Sur les aménagements de taille moyenne à grande, on peut également rencontrer des vannes secteurs (ou segment).

Le débit transitant par une vanne de fond peut être évalué par la même formule que pour les orifices (Figure 13), en prenant comme surface  $S_o$  le produit de la largeur de la vanne  $b$  et de hauteur d'ouverture  $w$  (Figure 13). La charge est alors considérée égale à la hauteur d'eau au-dessus du radier de la vanne  $h$ . La formule est applicable tant que  $h' < 0.6 w$  (déversement libre à l'aval),  $h \geq 2 w$ ,  $w \geq 0.02$  m et  $h \geq 0.015$  m.

Pour les vannes plates verticales, le coefficient de débit varie entre 0.5 et 0.6 en fonction du rapport entre la charge et l'ouverture de la vanne ( $h/w$ ). Pour les vannes segments, le coefficient de débit va de plus dépendre de l'inclinaison de l'extrémité du segment, qui varie selon son ouverture. Au niveau des vannes, les décollements sont généralement supprimés au fond, la forme du fond à l'amont et à l'aval de la vanne pouvant influencer sur la valeur du coefficient (l'idéal étant un fond plan et horizontal). Les décollements sont également souvent supprimés sur 1 ou 2 côtés quand la vanne est attenante à des bajoyers latéraux. Pour la détermination du coefficient de débit, on peut en particulier se référer à Lencastre (1999).

Le rapport entre la hauteur d'ouverture  $w$  et la largeur  $b$  des vannes de fond étant généralement faible, la précision du réglage de l'ouverture de la vanne est alors prépondérante pour pouvoir restituer précisément le débit. Comme pour les dispositifs précédents, on privilégiera une configuration dénoyée pour que la débitance de la vanne ne dépende pas du niveau aval (tant qu'il ne transite que le débit réservé dans le TCC).

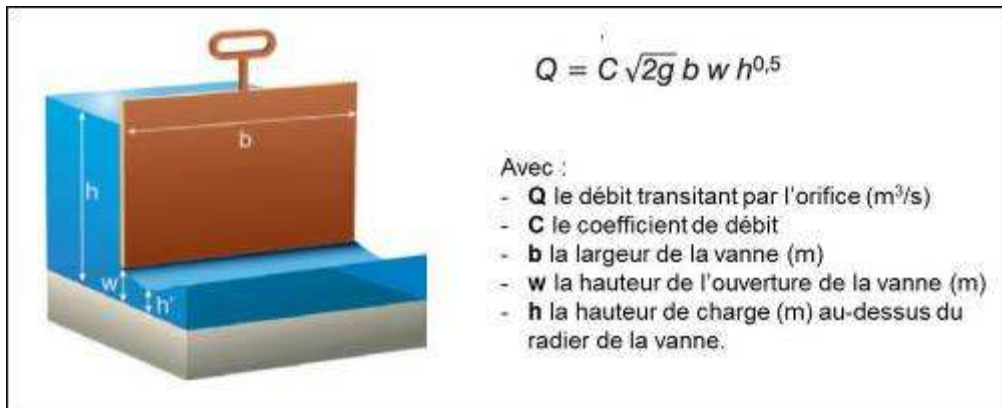


Figure 13 : Formule pour le calcul du débit transitant par une vanne de fond (figure extraite de Le Coz et al. 2011).



Figure 14 : Exemple d'écoulement sous une vanne de fond

## 2.4. Modules à masques

Les modules à masques, anciennement modules Neyrpic, sont des dispositifs à présent commercialisés par la société Hydrostec<sup>2</sup>. Ces modules associent un déversoir profilé avec 1 ou 2 masques placés au-dessus pour corriger l'effet des variations du niveau d'eau amont sur le débit (Figure 15). L'objectif de ces dispositifs est d'obtenir une quasi-régulation du débit avec un système complétement statique.

Tant que le niveau d'eau amont est en-deçà du masque, le débit s'écoule à surface libre sur le seuil ; le dispositif fonctionne comme un déversoir. Lorsque le niveau d'eau amont monte et « accroche » le premier masque, l'écoulement se fait en charge avec une contraction importante de l'écoulement et un coefficient de débit qui diminue brusquement (transition vers un fonctionnement d'orifice noyé). Le coefficient de débit diminue encore au fur et à mesure que la charge augmente, ce qui permet d'en contrebalancer la tendance à augmenter du débit (Figure 16 en haut).

Certains modules présentent un second masque situé à l'aval du premier. Grâce à la contraction induite par le premier, ce deuxième masque est positionné plus près du seuil pour former un orifice plus réduit. Lorsque le niveau d'eau amont dépasse une certaine cote, le premier masque est noyé et le second entre alors en action, contrebalançant de nouveau la tendance à augmenter du débit (Figure 16, en bas). Pour davantage d'explications, se référer notamment à Bos (1989).

<sup>2</sup> <http://www.hydrostec.com.br/>

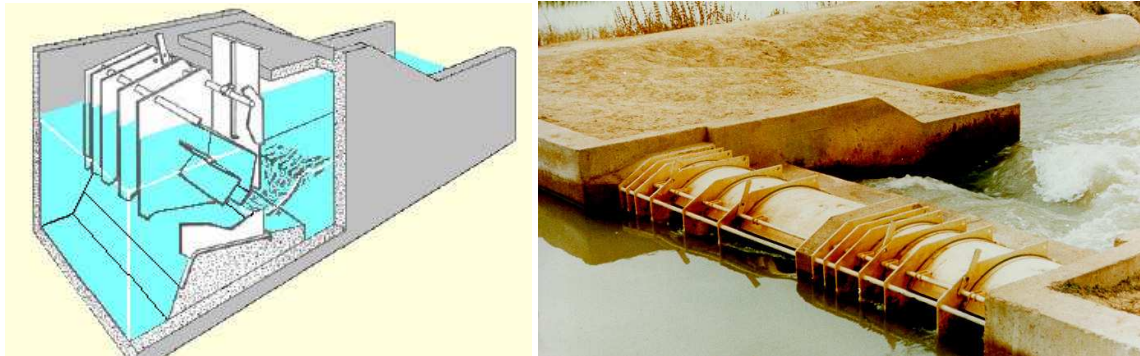


Figure 15 : Illustration des modules à masque (extrait de la brochure Hydrostec).

Les modules à masques sont principalement utilisés dans les réseaux d'irrigation. Ils se présentent sous forme d'ensemble métallique monobloc. La société propose différentes séries de modules, avec pour chacune plusieurs largeurs, couvrant ainsi une large gamme de débit allant de 5 L/s à 1 m<sup>3</sup>/s. La combinaison de plusieurs modules permet d'atteindre le débit souhaité. Les modules incluent des vannes permettant de les obturer.

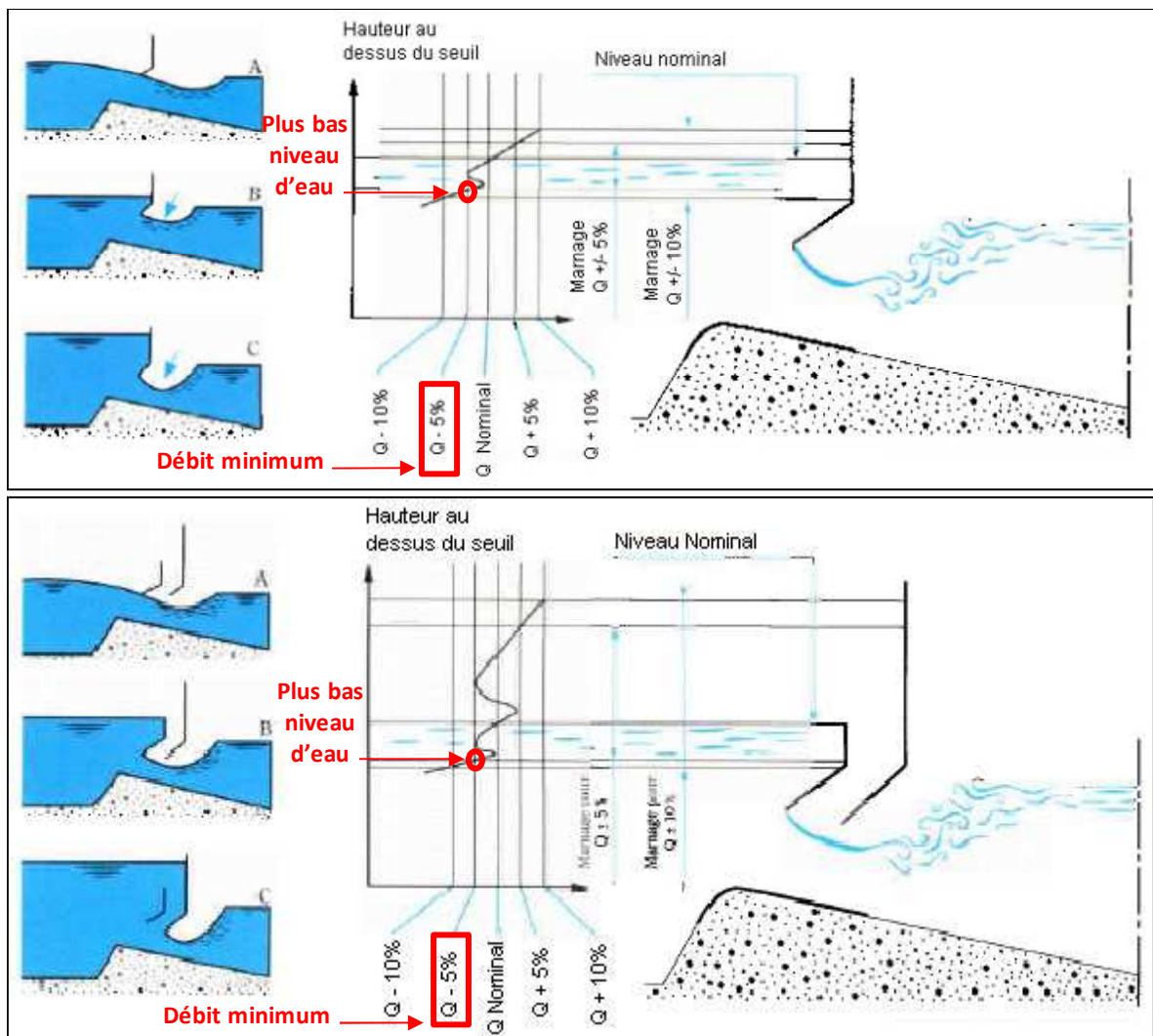


Figure 16 : Schéma de principe et courbe de fonctionnement d'un module à 1 masque (en haut) et à 2 masques (en bas) (extrait de la brochure Hydrostec). Le point de fonctionnement préconisé pour le plus bas niveau d'eau amont est indiqué en rouge.



Pour la restitution d'un débit réservé, par rapport aux courbes de fonctionnement [niveau-amont - débit] illustrées en Figure 16, on aura intérêt à dimensionner les modules en considérant que le débit réservé correspond à  $Q - 5\%$ , et à les caler en altitude pour que le plus bas niveau d'eau amont corresponde au premier point de fonctionnement à  $Q - 5\%$ . De cette façon, les modules à 2 masques permettent par exemple de limiter l'augmentation du débit à environ  $+10\%$  pour une augmentation du niveau amont de 14.5 cm pour le modèle  $X_2$  (modules de 5 L/s à 20 L/s), de 23 cm pour le modèle  $XX_2$  (modules de 10 L/s à 90 L/s), de 43 cm pour le modèle  $L_2$  (modules de 50 L/s à 400 L/s) et de 68 cm pour le modèle  $C_2$  (modules de 100 L/s à 1000 L/s). A titre de comparaison, des performances similaires de régulation du débit sont atteintes par des orifices positionnés respectivement à des profondeurs d'environ 0.70 m, 1.10 m, 2.05 m et 3.25 m.

De manière générale, ces dispositifs sont donc moins sensibles aux variations du niveau d'eau amont que les échancrures, mais restent plutôt plus sensibles que des orifices placés en profondeur. Pour la restitution de débit réservé, les modules à masques peuvent donc s'avérer intéressants dans les cas où le niveau d'eau amont n'est pas régulé et où la profondeur de la prise d'eau est faible. Ces dispositifs vont par contre être sensibles au colmatage et nécessiter généralement un dispositif de protection à l'amont. Ils sont le plus souvent installés dans la partie amont des canaux d'aménée

## **2.5. Dispositifs de franchissement piscicole et des embarcations**

### **2.5.1. Dispositifs de franchissement piscicole**

Les dispositifs de franchissement piscicole (passes-à-poissons pour la montaison et exutoires pour la dévalaison) peuvent être alimentés par tout ou partie du débit minimal lorsqu'ils sont implantés au droit de l'ouvrage de prise d'eau. Le dimensionnement des passes-à-poissons et des exutoires ne permet pas toujours d'assurer le même niveau de précision que celui requis pour les dispositifs de restitution du débit minimal. De manière générale, il est recommandé de porter une attention particulière au dimensionnement et à la réalisation de la ou des sections hydrauliques les plus amont qui contrôlent le débit des ouvrages. Une mesure de débit est également à prévoir lors de la mise en eau des ouvrages, afin de procéder aux éventuels réglages.

- **Passes à bassins :**

Le débit peut quelquefois être contrôlé par la seule cloison amont dans le cas de communications entre bassins par des échancrures dénoyées (niveau aval en-deçà de la cote de déversement). Cette configuration peut se rencontrer pour de petites passes à salmonidés à jet plongeant. Un bon niveau de précision sur le débit peut alors être atteint, tout résidant dans la détermination du coefficient de débit de la cloison amont et la sensibilité du débit aux variations du niveau amont.

Le débit est plus généralement contrôlé par les premières cloisons amont dans le cas de communications entre bassins par des orifices noyés ou par des échancrures et des fentes ennoyées par l'aval (niveau aval au-dessus de la cote de déversement). L'influence de l'ennoyement par l'aval se manifeste notamment lorsque des jets de surface sont mis en place (chutes entre bassins inférieures ou égales à 40% de la charge sur l'échancrure ou la fente). Il peut alors être plus délicat d'atteindre un bon niveau de précision sur le débit. Il faut en particulier tenir compte du fait que le coefficient de débit de la première cloison est généralement un peu supérieur aux coefficients de débit des cloisons suivantes du fait de conditions d'approche de l'écoulement moins agitées à l'amont que celles rencontrées dans les bassins où l'énergie des chutes est dissipée.

Dans les cas où il y a de fortes variations de niveau d'eau amont, on peut avoir recours à plusieurs orifices successifs noyés sur les cloisons amont d'une passe à bassins (en remplacement des échancrures ou fentes que l'on retrouve sur les cloisons aval). Cela permet de répartir la variation du niveau d'eau du plan d'eau amont sur les différents orifices, limitant ainsi l'amplitude des variations du débit restitué (Tableau 2). Dans le cas de 4 orifices successifs, une variation de  $\pm 0.20$  m du niveau d'eau amont se traduit par une variation de  $\pm 0.05$  m de la charge effective sur chaque orifice. L'utilisation des orifices successifs augmente les contraintes d'entretien et est donc recommandée en cas d'impossibilité d'aménager un dispositif de régulation du niveau d'eau amont, faute notamment d'alimentation électrique à hauteur de l'ouvrage de prise d'eau.

Dans la conception des passes à bassins, il est préconisé de prévoir des possibilités de réglage du débit par l'aménagement de rainures dans les échancrures ou les fentes, de manière à pouvoir ajuster leurs cotes de déversement après construction et bien transiter la valeur réglementaire. Pour le calcul des débits dans les passes à bassins, on peut notamment se référer à

Larinier et al. (1994) et à Wang et al. (2010) (passes à fentes verticales allant jusqu'au fond). Le logiciel Cassiopée peut également être utilisé comme aide aux calculs hydrauliques.

Variations du niveau d'eau amont :	- 0.20 m	- 0.10 m	0.00 m	+ 0.10 m	+ 0.20 m
Débit :	144 l/s	151 l/s	<b>157 l/s</b>	164 l/s	170 l/s
% de variation du débit :	- 8%	- 4%	<b>0%</b>	+ 4%	+ 8%

Tableau 2 : Sensibilité aux variations du niveau d'eau amont d'un dispositif constitué de 4 orifices successifs noyés de 30\*30 cm (0.09 m<sup>2</sup>) avec des chutes entre bassins de 30 cm (coefficient de débit égal à 0.72 ; niveau à l'aval du 4<sup>ème</sup> orifice considéré fixe).

- **Passes à ralentisseurs :**

Dans les passes à ralentisseurs, il est impératif de respecter rigoureusement les caractéristiques géométriques des ralentisseurs. Lors du dimensionnement, il est possible d'ajuster le débit transitant en faisant varier par homothétie la taille du canal et des ralentisseurs. Par contre, une fois construite, il est difficile de modifier ce type de passe pour corriger le débit sans en compromettre la fonctionnalité. Pour le calcul des débits dans les passes à ralentisseurs, on peut notamment se référer aux relations entre le débit et la charge amont pour différents types de ralentisseurs dans Larinier et al. (1994).

- **Rampes en enrochements jointifs ou à macrorugosités régulièrement réparties :**

Dans les rampes en enrochements jointifs (rugosité de fond uniquement), le débit est contrôlé par la pente et la rugosité des premiers mètres de la rampe à partir de sa crête. Dans les rampes à macrorugosités, le débit transitant est essentiellement contrôlé par la pente et les macrorugosités sur leurs 3-4 premières rangées, la rugosité de fond, importante pour le franchissement des poissons, jouant un rôle moindre. Pour ces types d'ouvrages, l'utilisation d'enrochements ne permet pas en phase projet d'assurer une précision sur le débit aussi bonne que dans les passes en génie civil. Les premiers retours d'expérience montrent des précisions de l'ordre de 10-20%. L'utilisation de macrorugosités moulées (préfabriquées ou coulées sur place) peut permettre de réduire les incertitudes liées à la variabilité des formes des enrochements.

Des ajustements post-construction peuvent permettre d'atteindre une bonne précision. En cas de suralimentation à la cote normale d'exploitation, on peut envisager de réduire le débit soit en rehaussant quelque peu la cote du fond sur les premiers mètres, soit en rajoutant ou en augmentant la taille des macrorugosités sur les premières rangées. En cas de sous-alimentation, on peut envisager soit de restituer le complément de débit par un autre dispositif (échancrure complémentaire dans le seuil par exemple), soit d'approfondir quelque peu la cote du fond sur les premiers mètres, soit de réduire la taille des macrorugosités des premières rangées. Pour le calcul des débits dans les rampes en enrochements jointifs ou à macrorugosités régulièrement réparties, on peut notamment se référer à Larinier et al. (2006).

- **Exutoires de dévalaison :**

Les exutoires de dévalaison doivent toujours se situer à proximité immédiate des plans de grille assurant le rôle d'arrêt des poissons, là où les courants tangentiels vont guider les poissons. Le débit est généralement contrôlé par déversement, de préférence par un seuil épais profilé ou un clapet. Pour limiter les réticences des poissons à s'engager dans les exutoires, il est de plus recommandé de positionner la section de contrôle du débit en retrait à l'aval. Le calage précis des cotes de déversement peut s'avérer délicat du fait de conditions d'approche de l'écoulement non optimales, avec des fortes vitesses, des décollements et des pertes de charge. Il pourra être important de prévoir des possibilités de réglages de la cote de déversement, avec l'aménagement de rainures ou la mise en place d'un clapet. Pour la conception et le dimensionnement des exutoires de dévalaison, on peut notamment se référer à Courret et Larinier (2008).

### 2.5.2. Dispositifs pour le franchissement des embarcations

Les dispositifs pour le franchissement des embarcations (canoë, kayak, raft) implantés au niveau des ouvrages de prise d'eau sont alimentés par tout ou partie du débit minimal. Le guide

technique sur ces dispositifs disponible auprès de la fédération française de canoë-kayak (FFCK 2011<sup>3</sup>) répertorie six types de dispositifs.

La plupart – passe à ralentisseurs (de fond), rampe en enrochements, passe à bassins successifs, pré-barrage ou rivières de contournement – peuvent selon les critères de dimensionnement adoptés, constituer des dispositifs mixtes assurant la descente des embarcations et la montaison des poissons. On peut s'appuyer sur les références citées dans le paragraphe précédent pour apprécier leur fonctionnement hydraulique et le débit transitant.

Pour les passes à ralentisseurs dites "mixtes", les formules utilisées sont chacune spécifiques à une forme de ralentisseurs. Pour le seul passage des embarcations, des formes de ralentisseurs de fond ou de chenal (section trapézoïdale) différentes de celles développées pour le passage des poissons ont été aménagées, sans toujours disposer de formules pour évaluer le débit.

La descente des embarcations peut également se faire par de simples glissières à fond lisse, en général de section semi-circulaire ou en anse de panier. Pour évaluer le débit, dans la mesure où la pente de la glissière est importante et engendre un passage en écoulement torrentiel, on peut considérer que la section d'entrée de la glissière, au niveau de la rupture de pente, se comporte comme un déversoir épais. Une attention particulière devra être portée au choix du coefficient de débit compte tenu des conditions d'approche particulières pour le passage des embarcations. Pour guider les pratiquants, il est notamment préconisé d'aménager un entonnement à l'amont de la glissière avec des bajoyers latéraux, ce qui va influencer sur les décollements latéraux au niveau de l'entrée. Par ailleurs, les sections de type en anse de panier posent des difficultés pour l'évaluation du débit du fait de l'absence de formules de déversoir adaptées.

Dans les cas où le débit réservé est insuffisant pour alimenter correctement les différents dispositifs de franchissement, il peut être installé à l'amont de la passe à canoës-kayaks un clapet ne s'ouvrant qu'au contact d'une embarcation qui le pousse.

## **2.6. Autres dispositifs : conduite en charge, piquage sur une conduite forcée, turbinage**

Des systèmes de conduites en charge, éventuellement en siphon, peuvent être mis en œuvre au niveau de barrages particulièrement épais dans lesquels il est difficile d'aménager une échancrure ou un orifice. Le débit transitant par la conduite va alors dépendre :

- de la charge entre le niveau amont et le débouché de la conduite (ou le niveau aval si ce débouché est noyé),
- des pertes de charge linéaires liées à la longueur de la conduite, à sa rugosité et aux vitesses d'écoulement à l'intérieur,
- et des pertes de charge singulières induites au niveau des coudes, des rétrécissements ou élargissement, et des organes présents sur la conduite (vannes), également fonction des vitesses d'écoulement au droit des singularités.

Pour réaliser les calculs et le dimensionnement d'une conduite en charge, on peut notamment se référer à Idel'Çik (1986), à Pont-à-Mousson (1989) ou à Lencastre (1999).

Dans le cas d'une conduite en siphon, il faut prévoir au niveau de son point le plus haut un dispositif permettant d'extraire l'air de la conduite de manière à pouvoir remplir et amorcer le siphon. Les systèmes de conduites s'avèrent sensibles au colmatage et vont généralement nécessiter un dispositif de protection à l'amont.

Le débit minimal peut également être restitué à partir d'un piquage sur le départ d'une conduite forcée. Le piquage peut consister en un simple ajutage, ou se prolonger sous forme d'une conduite. Dans les 2 cas, le débit transitant va dépendre de la charge hydraulique dans la conduite forcée au droit du piquage et des caractéristiques de l'ajutage ou de la conduite. Les conditions d'écoulement dans la conduite forcée, où les vitesses peuvent être importantes, vont influencer sur le coefficient de débit de l'ajutage ou sur le coefficient de perte de charge singulière au départ de la conduite.

Pour ces cas particuliers de conduites en charge ou de piquage sur une conduite forcée, il est préconisé, au regard de la complexité et des incertitudes dans les calculs hydrauliques, de surdimensionner légèrement le dispositif par rapport au débit à transiter et de prévoir un organe permettant de régler le débit (vanne), ainsi qu'un dispositif de contrôle à l'aval.

---

<sup>3</sup> Guide à demander via un formulaire sur le site internet de la FFCK <http://www.ffck.org/renseigner/index2.php3?page=savoir/patrimoine/site/bibliotheque/documents/>.

Dans le cas d'un débit minimal et d'une hauteur de chute au niveau de l'ouvrage de prise d'eau conséquents, il peut être envisagé de restituer le débit minimal par une turbine spécifique sous réserve de limiter les risques d'entraînement à la dévalaison et de garantir une alimentation suffisante des éventuels dispositifs de franchissement piscicole. Il faut alors prévoir le fait que la centrale peut s'arrêter du fait de dysfonctionnements soit dans l'usine elle-même, soit sur le réseau d'évacuation de l'énergie. Un dispositif de restitution alternatif doit alors immédiatement, et donc automatiquement, s'ouvrir à chaque arrêt (ouverture d'une vanne ou abaissement d'un clapet).



Figure 17 : Exemple de conduite en charge par syphon.

### 3. CHOIX ET CALAGE DES DISPOSITIFS SELON LES CONFIGURATIONS DE NIVEAU D'EAU AMONT

Le choix du dispositif, son dimensionnement et son calage par rapport au niveau d'eau amont doivent permettre de restituer une valeur de débit la plus proche possible du débit réglementaire, sachant qu'il est hydrauliquement difficile de restituer au litre au pourcentage près la valeur exacte du débit minimal en dehors de conditions de laboratoire. Les variations du niveau d'eau amont doivent être préalablement évaluées avec précision dans la gamme de débit entrant comprise entre le débit réservé et le débit maximal dérivé, augmenté de la valeur du débit réservé. De manière générale, deux configurations de niveau d'eau amont peuvent être rencontrées :

- **Cas où le niveau d'eau amont est régulé au niveau normal d'exploitation**

La régulation du niveau d'eau amont est généralement réalisée à partir d'une vanne ou d'un clapet motorisé, situés au niveau du barrage ou à l'entrée de la dérivation, et asservis à une sonde de mesure du niveau d'eau amont. Dans le cas de l'hydroélectricité, le niveau d'eau amont peut également être régulé en ajustant le débit turbiné. La précision attendue de la régulation est de l'ordre de 1 à 2 cm dans les situations favorables. Les dispositifs de restitution du débit minimal comme les échancrures ou les orifices à faible charge peuvent alors être utilisés. En cas de régulation du niveau d'eau amont plus imprécise, on aura intérêt à adopter les dispositifs de restitution les moins sensibles aux variations du niveau d'eau amont, notamment les orifices à forte charge et les modules à masques. Le dispositif de restitution du débit minimal doit être dimensionné et calé par rapport à la cote minimale de régulation, de manière à assurer le respect du débit minimal en toutes circonstances.

- **Cas où le niveau amont n'est pas régulé**

Il y a 2 configurations dans lesquelles le niveau amont n'est pas régulé : d'une part des prises d'eau fonctionnant au fil de l'eau et non équipées d'un dispositif de régulation efficace, le niveau d'eau amont fluctue alors en fonction du débit amont et du débit prélevé, et d'autre part des retenues possédant des capacités de stockage-déstockage et dont le niveau varie souvent fortement (retenues hydroélectriques fonctionnant par écluses, retenues pour le soutien d'étiage, l'AEP ou l'irrigation).

L'amplitude des variations du niveau amont conditionne fortement le choix du type de dispositif de restitution du débit minimal et son dimensionnement. Pour les prises d'eau au fil de l'eau non régulées, si les variations en conditions d'exploitation s'avèrent importantes, la possibilité de mettre en place une régulation sera privilégiée. Lorsque les variations du niveau d'eau sont inévitables, deux approches peuvent alors être adoptées dans la conception du dispositif de restitution du débit minimal.

L'approche la plus simple, et la plus sûre, est de dimensionner et caler en altitude le dispositif par rapport à la cote minimale du niveau d'eau amont en phase d'exploitation, en acceptant qu'un débit supérieur à la valeur réglementaire soit délivré lorsque que le niveau amont est plus haut. Les dispositifs à privilégier sont alors les orifices à forte charge, les vannes ou les modules à masque.

Une seconde approche consiste à asservir le dispositif de restitution du débit minimal au niveau amont. Cela peut par exemple s'obtenir par la mise en place d'une vanne déversante ou d'un clapet motorisé dans une échancrure ou d'une électrovanne sur une conduite ou un ajutage. Cette solution présente l'avantage de pouvoir restituer un débit minimal constant quel que soit le niveau amont. Elle nécessite en revanche une alimentation électrique, ainsi que l'équipement d'une sonde mesurant le niveau d'eau amont si ce n'est pas déjà le cas. Le besoin de maintenance est également accru. Des solutions d'asservissement mécanique du dispositif de restitution, en utilisant notamment des systèmes de flotteurs, peuvent être envisagées. Elles sont réservées aux prises d'eau ne disposant pas d'alimentation électrique et requièrent un dimensionnement fin du flotteur et des mécanismes.

Un tableau récapitulatif de l'évolution du débit restitué en fonction du niveau d'eau amont sera établi par le permissionnaire.

Niveau d'eau amont	Cote NGF	Débit restitué dispositif 1	Débit restitué dispositif 2	Débit minimal total restitué
<b>Cote minimale d'exploitation</b>	122.47	150 L/s	100 L/s	250 L/s (valeur réglementaire)
<b>Cote normale d'exploitation</b>	122.50	155 L/s	103 L/s	258 L/s (+3.2%)
<b>Cote d'exploitation avant déversement</b>	122.60	166 L/s	111 L/s	277 L/s (+10.8%)

Tableau 3 : Exemple de tableau récapitulant la sensibilité des dispositifs aux variations du niveau d'eau amont en phase d'exploitation.

## 4. GESTION DU DISPOSITIF DE RESTITUTION DU DEBIT MINIMAL

### 4.1. Entretien

L'entretien des dispositifs de restitution du débit minimal est une obligation qui peut constituer une contrainte forte de gestion. Ces contraintes peuvent être atténuées par le choix de l'emplacement des dispositifs, leur conception (exposition aux risques d'obstruction ou à l'engrèvement ...) ou la mise en place de dispositifs de protection (drome, grille à large espacement ...). Il est fortement conseillé d'effectuer une visite de contrôle après chaque coup d'eau (voire tempête de vent). L'accès aux dispositifs doit pouvoir être assuré en tout temps, hors période de crues, pour leur entretien et en toute sécurité par les agents d'exploitation formés à cet effet.

### 4.2. Contrôle du débit minimal

Un dispositif de contrôle du débit minimal est recommandé pour permettre à l'exploitant, ainsi qu'aux services de contrôle de vérifier rapidement que le débit minimal est bien restitué. Ce dispositif doit être accessible et facile à contrôler par une simple lecture. Selon le type de dispositif de restitution du débit minimal, et les conditions hydrauliques, le contrôle du débit minimal peut s'opérer au niveau même du dispositif de restitution du débit minimal ou faire l'objet d'un dispositif spécifique aménagé en aval :

- **Contrôle du débit minimal au niveau même du dispositif de restitution**

Le débit minimal peut être contrôlé au niveau même du dispositif lorsque les relations hydrauliques peuvent être appliquées de manière fiable. Les conditions d'implantation du dispositif doivent en particulier satisfaire aux conditions d'application des formules hydrauliques et les conditions d'écoulement à l'approche du dispositif doivent être favorables et permettre une détermination précise des coefficients de débit.

Le dispositif de contrôle consiste alors généralement à mettre en place un repère ou une échelle limnimétrique permettant une lecture directe du niveau d'eau. La géométrie du dispositif doit pouvoir également être vérifiée. Le débit est calculé à partir de l'abaque "hauteur-débit" ou de la formule hydraulique utilisée lors du dimensionnement du dispositif, fournies par le permissionnaire dans une note de calcul.

Dans le cas d'orifices et pour des faibles débits, un dispositif de contrôle peut également être basé sur le point de chute du jet en sortie. Une échelle ou des repères doivent alors permettre de vérifier le respect de la distance minimale du jet à partir de laquelle le débit réservé est supérieur ou égal à la valeur réglementaire.

- **Contrôle du débit minimal par un dispositif spécifique aménagé en aval**

Lorsque des doutes pèsent sur l'applicabilité des formules et/ou la détermination des coefficients de débit, il est alors nécessaire d'aménager un dispositif spécifique pour contrôler le débit minimal en aval du ou des dispositifs de restitution.

Ces dispositifs spécifiques consistent généralement en des échancrures ou déversoirs précédés de bassins assurant de bonnes conditions d'implantation et d'approche de l'écoulement. Des systèmes de canaux Venturi normalisés sont envisageables, avec de même une attention particulière à porter aux canaux d'approche nécessaires.

Le tarage d'une section du cours d'eau à l'aval proche de l'ouvrage de dérivation, avant tout apport intermédiaire ou infiltration, est également possible. La section doit alors nécessairement présenter une morphologie stable (idéalement un seuil rocheux naturel) et faire l'objet de jaugeages réguliers. Le permissionnaire doit fournir la courbe de tarage de la section (relation hauteur-débit) et positionner une échelle limnimétrique permettant une lecture directe de la hauteur d'eau. L'équipement d'une sonde de mesure du niveau d'eau avec enregistrement en continu est recommandé, notamment pour la surveillance. Dans le cas d'un dispositif de contrôle aménagé à l'aval d'une passe-à-poissons, sa franchissabilité devra être assurée.

Que le dispositif de contrôle soit au niveau même du dispositif de restitution ou aménagé à l'aval, il est recommandé que le permissionnaire établisse la relation hauteur-débit du dispositif sur une gamme englobant la valeur réglementaire du débit minimal, par exemple entre 0.5 et 1.5 fois la valeur, de façon que les éventuels écarts puissent être rapidement évalués par l'exploitant et les services de contrôle.

Pour les très faibles débits réservés, inférieurs à 5 L/s, le dispositif devra permettre leur contrôle par la méthode par capacité, en prévoyant les éventuels aménagements nécessaires (bassin équipé de vanne de vidange, ...).

Dans le cas de turbinage du débit minimal, le contrôle peut être réalisé à partir de la puissance produite, de la chute, et des abaques de fonctionnement de la centrale fournis par le permissionnaire. Un affichage extérieur de la puissance produite, et si possible de la chute, est donc à prévoir pour les services de contrôle. La chute peut également être vérifiée en positionnant 2 échelles limnimétriques à l'amont et à l'aval de la centrale, avec impérativement le même repère d'altitude.



Figure 18 : Exemples de dispositifs de contrôle du débit minimal.

### 4.3. Moyens de surveillance

Les moyens de surveillance sont destinés à permettre à l'exploitant de vérifier à distance le bon fonctionnement de ses installations :

- **Télésurveillance du niveau d'eau.** L'enregistrement en continu du niveau d'eau sur les dispositifs de restitution ou de contrôle, accompagné de la position des organes asservis le cas échéant, permet le calcul en direct de la valeur du débit restitué et la détection de certains dysfonctionnements (déréglage ou panne du dispositif de régulation, obstruction du dispositif de restitution dans le cas d'un dispositif de contrôle aménagé à l'aval).
- **Vidéosurveillance.** La vidéosurveillance du dispositif de restitution permet d'alerter l'exploitant d'un dysfonctionnement lié par exemple à un problème d'obstruction que ne détectera pas un enregistrement du niveau d'eau (lorsque le contrôle s'effectue au niveau même de dispositif de restitution).
- **Suivi météorologique.** Un suivi météorologique peut permettre de déclencher les inspections et interventions d'entretien après les événements pluvieux susceptibles d'avoir générés un coup d'eau.

### 4.4. Modulation du débit minimal

L'adoption d'un débit minimal modulé implique d'adapter les dispositifs de restitution du débit minimal. Soit la géométrie du dispositif est modifiée, le plus souvent par changement du gabarit (plaques métalliques amovibles dans laquelle est aménagé l'orifice calibré ou le déversoir). En cas de dispositif réglable ou asservi (vanne, clapet), la cote de réglage sera ajustée. Soit plusieurs dispositifs sont aménagés et sont en position ouverte ou fermée selon la période. Le module à masques permet d'ajuster facilement la valeur saisonnière du débit minimal en jouant sur l'ouverture du nombre de masques à calibrage spécifique.

### 4.5. Cas particulier des très faibles débits réservés

Il s'agit des dispositifs équipant les prises d'eau de petits cours d'eau d'altitude dont le module est inférieur à 50 L/s. La valeur plancher du débit minimal prise en application de l'article L. 214-18 peut alors être inférieure à 5 L/s. La conception de dispositifs de restitution fonctionnels pour de tels débits est contrainte par la faible section d'écoulement qui les expose aux risques d'obstruction et/ou aux risques de gel. La difficulté ne relève pas d'une impossibilité technique, mais plutôt des contraintes d'entretien qui peuvent être telles qu'elles ne permettent pas de garantir en permanence la restitution de ce débit, d'autant que ces prises d'eau sont souvent difficilement accessibles, voire inaccessibles en période hivernale.

Pour assurer une alimentation fiable, il convient de s'orienter vers un orifice à jet libre moins sensible au gel et aux risques d'obstruction. Il est considéré que son diamètre doit être au minimum de 0.05 m, avec une hauteur de charge minimale sur le centre de l'orifice de 0.30 m, soit un débit minimal restitué de l'ordre de 3 L/s (coefficient de débit égal à 0.6). Il est donc fortement recommandé de ne pas fixer un débit minimal inférieur à 3 L/s afin que le maître d'ouvrage ne se retrouve pas en situation infractionnelle chronique.

## 5. FORMULATION DE L'ARRETE DE PRESCRIPTIONS OU DU REGLEMENT D'EAU

### 5.1. Dispositif de restitution du débit minimal

Le respect de l'obligation de résultat dépend très fortement, comme démontré ci-dessus, des moyens mis en œuvre pour cette restitution. Aussi apparaît-il indispensable que ces moyens soient décrits et étudiés dans le cadre de l'instruction et suffisamment détaillés dans l'arrêté de prescriptions ou le règlement d'eau, afin notamment d'en faciliter le contrôle ultérieur. »



Aussi, la part du débit minimal devant transiter par les différents dispositifs de restitution pourra être indiquée, de même que les caractéristiques géométriques et le calage altimétrique (cotes NGF) de chacun d'entre eux.

L'arrêté de prescriptions ou le règlement d'eau ont vocation à décrire l'obligation de moyens de façon à en permettre le contrôle. Il est ainsi recommandé que soient précisés :

- la cote normale d'exploitation ou cote normale de retenue (cote NGF), pourra être complétée par la cote minimale d'exploitation découlant de la capacité de régulation du niveau d'eau amont.
- la localisation du ou des dispositifs participant à la restitution du débit minimal.
- la géométrie des dispositifs spécifiques (hors dispositifs de franchissement décrits par ailleurs).
- le calage altimétrique (cotes NGF) ou la hauteur de charge sur les dispositifs par rapport à la cote du niveau d'eau amont correspondant à la cote normale d'exploitation.
- dans le cas des prises par en-dessous, la cote minimale d'exploitation du niveau d'eau amont en situation de débit entrant égal au débit minimal turbinable augmenté de la valeur du débit réservé.

...

## **5.2. Dispositif de contrôle du débit minimal**

En cas de mise en place d'un dispositif de contrôle du débit minimal indépendant du dispositif de restitution, destiné à contrôler l'obligation de résultat, l'arrêté de prescriptions ou le règlement d'eau pourront utilement préciser :

- son implantation
- sa géométrie
- la hauteur de charge minimale
- l'aménagement d'une échelle limnimétrique permettant la lecture de la hauteur de charge
- la fourniture de la courbe de tarage afin de faciliter le calcul de l'écart entre la valeur réglementaire et la valeur restituée.

## **5.3. Conformité des dispositifs**

Afin de vérifier la conformité des dispositifs de restitution ou de contrôle du débit minimal, l'arrêté de prescriptions ou le règlement d'eau pourront prévoir la remise d'une note comprenant les relevés cotés de la géométrie des dispositifs réalisés ainsi qu'un rapport de jaugeage.

## Références

**Blevins RD, 1984.** Applied Fluid dynamics hanbook. ISBN : 1-57524-182

**Bos MG, 1989.** Discharge Measurement Structure (3rd edition). International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. Publication 20. ISBN : 90-70754-15-0. (<http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub20/pub20.pdf>)

**Carlier M, 1986.** Hydraulique générale et appliquée (3e édition). Editions Eyrolles - EDF. ISBN13 : 978-2-212-01545-4. 582 p.

**Courret D et Larinier M, 2008.** Guide pour la conception de prises d'eau "ichtyocompatibles" pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04. 72 p. ([http://www.onema.fr/IMG/pdf/2008\\_027.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/2008_027.pdf)).

**FFCK, 2011.** Les dispositifs de franchissement d'ouvrages. Les cahiers techniques des équipements de canoë-kayak. 69 p.

**Idel'cik IE, 1986.** Mémento des pertes de charges - Coefficients de pertes de charge singulières et de pertes de charge par frottement (3e édition). Editions Eyrolles - EDF. ISBN13 : 978-2-212-05900-7. 504 p.

**Larinier M, Porcher JP, Travade F et Gosset C, 1994.** Passes à poissons - Expertise, Conception des ouvrages de franchissement. Collection Mise au Point. 335 p.

**Larinier M, Courret D et Gomes P, 2006.** Guide technique pour la conception des passes "naturelles". Rapport GHAAPPE RA.06.06-V1.66 p. ([http://www.onema.fr/IMG/pdf/2006\\_060.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/2006_060.pdf)).

**Le Coz J, Camenen B, Dramais G, Ribot-Bruno J, Ferry M, et Rosique JL, 2011.** Contrôle des débits réglementaires. Application de l'article L.214-18 du code de l'environnement. Collection Guides techniques de la police de l'eau. 132 p.

**Lencastre A, 1999.** Hydraulique générale. Editions Eyrolles. ISBN13 : 978-2-212-01894-3. 633 p.

**Pont-A-Mousson, 1989.** Formulaire - Troisième édition. Editions Lavoisier. ISBN : 9782852065604. 280 p. (extrait sur les canalisations téléchargeable : <http://www.saint-gobain-pam.pt/images/add/formulaire/hydrauli.pdf>).

**Wang RW, David L and Larinier M, 2010.** Contribution of experimental fluid mechanics to the design of vertical slot fish passes. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2010) 396, 02.

**Nota bene :** Cette note technique est accessible par le Référentiel Milieu Aquatique Document d'Incidences (RefMADI) administré par l'Onema.

PRÉFET DE L'EURE

# PROJET

**ARRÊTÉ N° DDTM/SEBF/2014/xxx**  
**portant prescriptions en application des dispositions de l'article L214-18-IV**  
**relatives à la fixation et au respect du débit minimum biologique**  
**applicable aux ouvrages hydrauliques attachés**  
**au site du [ moulin, centrale hydroélectrique, pisciculture],**  
**établi sur le cours de la rivière xxxxx**  
**sur le territoire de la commune de xxxxx**

LE PRÉFET DE L'EURE  
Chevalier de la Légion d'Honneur  
Chevalier de l'Ordre National du Mérite

## VU

- Le code de l'Environnement et notamment l'article L214-18 ;
- Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (S.D.A.G.E.) du bassin Seine-Normandie approuvé le 20 novembre 2009 par arrêté du préfet de la région d'Ile-de-France, préfet de Paris, préfet coordonnateur du bassin Seine-Normandie ;
- L'arrêté préfectoral DDTM/2011/57 du 15 avril 2011, portant répartition des compétences entre les services de l'Etat dans les domaines de la police et de la gestion des eaux superficielles et souterraines et de la police de la pêche et organisation de la Mission Inter-Services de l'Eau et de la nature (MISEN) dans le département de l'Eure;
- Les arrêtés préfectoraux du 4 décembre 2012 du préfet de la région d'Ile-de-France, préfet de Paris, préfet coordonnateur du bassin Seine-Normandie, établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° et 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine Normandie ;

### En fonction de la localisation du site concerné :

#### VISA SAGE AVRE

- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Iton approuvé par arrêté inter-préfectoral n°D1/B1/12/051 du 12 mars 2012 ;

#### VISA SAGE ITON

- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Avre approuvé par arrêté inter-préfectoral n° D1/B1/13/712 du 27 décembre 2013 ;

- L'arrêté préfectoral DDTM/SEBF/2013/032 du 15 février 2013 portant inventaire aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole et des crustacés en application des dispositions de l'article R432-1-1 du code de l'environnement ;

- L'arrêté (ou ordonnance royale, décret présidentiel...) du xxxxx autorisant l'exploitation et fixant les caractéristiques techniques et les conditions de fonctionnement applicables aux ouvrages hydrauliques attachés au site du [ moulin, centrale hydroélectrique, pisciculture], établi sur le cours de la rivière xxxxx sur le territoire de la commune de xxxxx ;

**Option si le courrier d'information continuité a été envoyé :**

- Le courrier d'information du xx juin 2014 d'information sur le classement des cours d'eau en liste 2 du L214-17 du CE et faisant référence à la réglementation applicable en matière d'obligation de maintien d'un débit minimal biologique, adressé par le service de police de l'eau à M. xxxx, en sa qualité de propriétaire/exploitant des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé ;

- La réponse/l'absence de réponse de M. xxxxx à ce courrier ;

- Les constatations réalisées le xxxxx par le service de police de l'eau (SPE) et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) sur le site susvisé, dont les résultats sont transcrits dans la fiche de relevé des caractéristiques du tronçon court-circuité (TCC) jointe en annexe du présent arrêté ;

- La doctrine départementale et le logigramme méthodologique utilisés par le service de police de l'eau pour l'évaluation d'un débit minimum biologique (DMB) à maintenir en aval immédiat de l'/des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé et alimentant le tronçon court-circuité identifié, joint en annexe du présent arrêté ;

- Le courrier du xxxxxx adressé par le service de police de l'eau à M. xxxxx, en sa qualité de propriétaire/exploitant des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé, l'informant des résultats de l'évaluation réalisée par le service de police de l'eau du DMB applicable à cet/aux ouvrages hydrauliques particuliers alimentant le tronçon court-circuité identifié, accompagné de la fiche de relevé du TCC s'y rapportant et du logigramme méthodologique utilisés pour réaliser cette évaluation du DMB, ainsi que le projet d'arrêté complémentaire transcrivant sur la base des éléments techniques précités les prescriptions en matière de DMB applicables sur le site susvisé ;

- La réponse/l'absence de réponse de M. xxxxx à ce courrier ;

- L'information faite à M. xxxxx, en sa qualité de propriétaire/exploitant des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé ; préalablement à la présentation pour avis au conseil départemental des risques sanitaires et technologiques du présent projet d'arrêté et de ses annexes susvisées conformément aux dispositions de l'article R214-17 du code de l'environnement ;

- Le rapport de présentation établi par le service de police de l'eau en date du xxxxxx à l'attention du conseil départemental des risques sanitaires et technologiques (CODERST) relatif au projet d'arrêté ;

- L'avis du xxxxx du conseil départemental des risques sanitaires et technologiques sur le présent projet d'arrêté et ses annexes susvisées ;

Après communication suite à l'avis du CODERST du projet d'arrêté et de ses annexes susvisées conformément aux dispositions de l'article R214-12 du code de l'environnement et la réponse/l'absence de réponse de M. xxxxx ; ;

**CONSIDERANT**

- Les dispositions de l'article L214-18-IV du code de l'Environnement relatives aux obligations pour les ouvrages existants dans le lit d'un cours d'eau de comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivantes dans les eaux qui **sont applicables de plein droit** depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014 à tous les ouvrages hydrauliques concernés dont ceux attachés au site du [ moulin, centrale hydroélectrique, pisciculture], établi sur le cours de la rivière xxxxx sur le territoire de la commune de xxxxx et dont le propriétaire/exploitant est M. xxxxxx ;

## OPTION

- Le changement du bénéfice de l'autorisation (arrêté ou ordonnance royale, décret présidentiel...) du xxxxx susvisé, conformément aux dispositions de l'article R214-45 du code de l'environnement, dont le bénéficiaire est M. xxxxxx sis adresse personne physique ou morale depuis le rachat des ouvrages en date du xx/xx/xx :

- Que le **débit réservé**, au sens du débit instantané qui transite en aval immédiat du/des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé et alimentant le tronçon court-circuité identifié ;

*Option 1 :*

n'est pas déterminé par les dispositions de l'arrêté (ou ordonnance royale, décret présidentiel...) du xxxxx susvisé ;

*Option 2*

tel qu'il est déterminé par les dispositions de l'arrêté (ou ordonnance royale, décret présidentiel...) du xxxxx susvisé, doit être au minimum égal à xx m<sup>3</sup>/s ;

- Que le **module**, au sens du débit moyen inter-annuel calculé sur une période de retour d'au moins 5 ans, utilisé en référence pour le site susvisé a été évalué sur la base des données hydrométriques de la DREAL Haute Normandie par le SPE et l'ONEMA à xx m<sup>3</sup>/s au droit du site ou en référence à l'étude X relative à Y du Z xx/xx/xx ;

- Que le **débit minimal biologique (DMB)**, au sens du débit minimal de l'article L214-18 susvisé, a été évalué par le SPE et l'ONEMA, en aval immédiat du/des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé qui alimentent le tronçon court-circuité identifié, à xx m<sup>3</sup>/s et qu'il convient de retenir cette valeur car supérieure au 1/10° du module susvisé ;

- Que M. xxxxx, propriétaire/exploitant du site susvisé, suite à la transmission susvisée le xxxxxx par le SPE et l'ONEMA des résultats des évaluations réalisées sur ce site,

*Option 1 :*

n'a pas produit d'éléments en réponse aux résultats des évaluations réalisées par le SPE et l'ONEMA ;

*Option 2*

a accepté par réponse en date du xxxxx les résultats des évaluations réalisées par le SPE et l'ONEMA ;

*Option 3*

a transmis le(s) xxxxx (détail si plusieurs dates) des éléments en réponse aux résultats des évaluations réalisées par le SPE et l'ONEMA, comprenant les documents/études spécifiques suivants :

xxxx études (détail)

xxxx documents (détail)

avec des résultats d'évaluation concernant (détail à préciser : sur le débit réservé réglementaire, le module, le DMB) qui diffèrent des valeurs retenues par le SPE et l'ONEMA ;

**Eventuel, si le débit réservé est fixé dans l'acte d'autorisation en cours\***

- Qu'après l'évaluation effectuée par le SPE et l'ONEMA portant sur l'ensemble des éléments visés et considérés précédemment dans le présent arrêté, le débit instantané effectif qui transite à ce jour en aval immédiat des ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé et alimentant le tronçon court-circuité identifié **est inférieur au DMB qui doit y être être maintenu** au sens de l'article L214-18-IV du code de l'environnement ;

- Que les éléments communiqués/l'absence d'éléments communiqués/l'accord par M. xxxxx, à ce jour, propriétaire/exploitant du site susvisé relatifs au(x) débit réservé réglementaire, module, DMB, débit réservé effectif à ce jour (cf plus haut), sont/ne sont pas de nature à justifier leur prise en compte totale/partielle ;

- Qu'en conséquence il est nécessaire de prescrire à M. xxxxx, propriétaire/exploitant du site susvisé, la mise en œuvre de tous les dispositifs et mesures de gestion d'ouvrages hydrauliques nécessaires pour garantir le maintien en permanence dans le lit du tronçon court-circuité identifié du

site susvisé d'un débit minimal biologique (DMB) garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux ;

**SUR** proposition de la directrice départementale des Territoires et de la Mer de l'Eure ;

## ARRÊTE

### **Article premier - Fixation du débit minimal biologique**

Le propriétaire/exploitant responsable de l'ensemble des ouvrages hydrauliques attachés au site établi sur le cours de la rivière **xxxxx** sur le territoire de la commune de **xxxxx** est :

M **xxxxxxxx** sis **xxxxxxxxxxx**,

Il sera dénommé dénommée ci-après «**l'exploitant**» dans le présent arrêté.

Le service de la police de l'eau est :

Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Eure  
SEBF/PTE/Unité police de l'eau  
1 Avenue du Maréchal Foch  
CS 42 205  
27022 ÉVREUX Cedex

En application des dispositions de l'article L214-18-IV, **le débit biologique minimal (DMB)** qui doit être maintenu en permanence à l'aval immédiat des ouvrages hydrauliques **alimentant le tronçon court-circuité identifié** qui sont attachés au site du **[moulin, centrale hydroélectrique, pisciculture]** est fixé à **xx m<sup>3</sup>/s**.

**Le tronçon court-circuité (TCC) décrit dans l'annexe susvisée du présent arrêté et sur le plan de situation joint correspond à : donner le détail précis du/des bras concerné(s) et des ouvrages hydrauliques assurant son alimentation, à reporter sur le plan joint.**

Les dispositions et prescriptions de l'arrêté **(ou ordonnance royale, décret présidentiel...)** du **xxxxx** autorisant l'exploitation et fixant les caractéristiques techniques et les conditions de fonctionnement applicables aux ouvrages hydrauliques attachés au site susvisé restent en vigueur pour tout ce qui n'est pas contraire ou modifié par le présent arrêté.

### **Article 2 - Délai et conditions de maintien du débit minimal biologique**

L'exploitant devra procéder à la mise en œuvre de tous les dispositifs et mesures de gestion d'ouvrages hydrauliques nécessaires pour garantir le maintien en permanence dans le lit du tronçon court-circuité défini à l'article premier un débit minimal biologique (DMB) tel que prescrit à l'article premier pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux.

Cette obligation de résultat devra être effectivement et intégralement remplie par l'exploitant avant le **xxxxxx, ou dans un délai de x mois à compter de la date de notification du présent arrêté.**

L'exploitant est tenu par la suite d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs, ainsi que la gestion des ouvrages hydrauliques concernés, garantissant le maintien permanent du DMB.

L'exploitant devra mettre en place un dispositif de suivi et vérification accessible et/ou visible, pour les agents de contrôle dans le même délai précité (échelle limnimétrique, marquage, repère, élément de blocage de la position des vannes...).

### **Article 3- Conditions de révision des dispositions relatives au débit minimal biologique fixées par le présent arrêté**

Conformément aux dispositions des articles R214-17 et 18 du code de l'environnement, l'exploitant dispose à tout moment de la possibilité de présenter au préfet une demande motivée de modification des dispositions relatives au DMB du présent arrêté, sur la base d'une étude spécifique qu'il lui appartient alors de produire.

L'exercice par l'exploitant de cette faculté n'a pas de caractère suspensif de l'obligation de respect des prescriptions du présent arrêté.

### **Article 4 - Contrôle de la mise en place permanente du débit minimal biologique**

A l'expiration du délai prescrit à l'article 2 du présent arrêté, le service de police de l'eau procédera à un contrôle administratif de réception portant sur le respect par l'exploitant des prescriptions du présent arrêté.

Ce contrôle sera réalisé dans les formes prévues par les dispositions des articles L171-1-1 à L171-1-5 du code de l'environnement

L'exploitant présentera à cette occasion les dispositifs et mesures de gestion et de suivi mises en place pour garantir le maintien en permanence du DMB sur le site susvisé conformément aux dispositions et prescriptions du présent arrêté.

Le service de police de l'eau pourra imposer à l'exploitant le cas échéant, s'il l'estime nécessaire et de manière motivée suite aux constatations réalisées sur site en sa présence, une expertise ou un dispositif de suivi complémentaires de l'effet du nouveau débit minimal biologique, qui pourrait éventuellement aboutir à son réajustement sur la base des résultats obtenus.

Les conditions de la gestion coordonnée des ouvrages hydrauliques par l'exploitant, en particulier ceux alimentant le tronçon court-circuité identifié à l'aval desquels un DMB permanent doit être maintenu, devront être précisées de manière détaillée à l'occasion de ce contrôle, ainsi que les points particuliers permettant de vérifier le respect du DMB lors de contrôles ultérieurs.

Ces éléments feront l'objet d'un document de récolement spécifique établi par le service de police de l'eau et dont l'exploitant sera destinataire.

A l'issue du contrôle, si aucune non-conformité n'a été constatée, le service de police de l'eau adressera un courrier à l'exploitant accompagné du document de récolement spécifique précité, validant les dispositifs et mesures de gestion d'ouvrages hydrauliques qu'il a mis en place pour le maintien et le suivi du DMB.

Toute modification souhaitée par l'exploitant à ces dispositions validées lors du contrôle de réception devra être au préalable portée à la connaissance du service de police de l'eau, et ne pourra être mise en œuvre qu'après accord formalisé délivré par ce service à l'exploitant.

Si un ou plusieurs éléments de non conformité sont constatés, un rapport de manquement administratif sera établi par le service de police de l'eau, conformément aux dispositions de l'article L171-6 du code de l'environnement à l'attention du préfet, avec copie à l'exploitant afin que ce dernier puisse faire part de ses observations éventuelles conformément à la procédure

contradictoire particulière prévue par les dispositions du 3° de l'article 27 de la loi n° 2000-321 du 12 avril 2000 relative aux droits des citoyens dans leurs relations avec les administrations.

A l'issue de cette procédure contradictoire, si l'exploitant ne respecte pas les prescriptions du présent arrêté, le préfet le mettra en demeure de satisfaire à ses obligations conformément aux dispositions de l'article L171-8-I du code de l'environnement.

#### **Article 5- Sanctions encourues en cas de non respect d'une mise en demeure de respecter les dispositions relatives à la mise en place permanente du débit minimal biologique**

Indépendamment des poursuites pénales qui peuvent être exercées, si à l'expiration du délai fixé par une mesure de mise en demeure prise à l'encontre de l'exploitant de respecter les prescriptions du présent arrêté, cet exploitant n'a pas obtempéré à cette injonction, il pourra alors lui être imposé des sanctions administratives, conformément aux dispositions de l'article L171-8-II du code de l'environnement.

En cas de non-respect des prescriptions prévues par le présent arrêté, l'exploitant pourra faire l'objet des sanctions pénales prévues notamment par les articles L.173-1-5°, L173-3 et suivant et L.216-7-2° et 13 du même code.

#### **Article 6 - Droits des tiers**

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

#### **Article 7 - Autres réglementations**

La présente autorisation ne dispense en aucun cas le demandeur de faire les déclarations ou d'obtenir les autorisations requises par d'autres réglementations, notamment les permissions de voirie.

#### **Article 8 - Délais et voies de recours**

Sans préjudice de l'application des articles L.515-27 et L.553-4, les décisions mentionnées au I de l'article L.514-6 et aux articles L.211-6, L.214-10 et L.216-2 peuvent être déférées à la juridiction administrative :

- par les tiers, personnes physiques ou morales, les communes intéressées ou leurs groupements, en raison des inconvénients ou des dangers que le fonctionnement de l'installation présente pour les intérêts mentionnés aux articles L.211-1 et L.511-1 dans un délai d'un an à compter de la publication ou de l'affichage de ces décisions.
- par les demandeurs ou exploitants, dans un délai de deux mois à compter de la date à laquelle la décision leur a été notifiée.

Dans le même délai de deux mois, le pétitionnaire peut présenter un recours gracieux. Le silence gardé par l'administration pendant plus deux mois sur la demande de recours gracieux emporte décision implicite de rejet de cette demande conformément à l'article R.421-2 du code de justice administrative.

#### **Article 10 - Publicité et informations des tiers**



Le présent arrêté est publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de l'Eure et est consultable sur le site internet de la préfecture de l'Eure (<http://www.eure.gouv.fr>)

Le présent arrêté sera affiché à la mairie de xxxxxxxx pour une durée minimale d'un mois et pourra y être consulté. Un procès verbal de l'accomplissement de cette formalité est dressé par les soins du maire et transmis au service en charge de la police de l'eau.

Un avis est affiché par les soins du préfet et aux frais de l'exploitant dans deux journaux régionaux ou locaux diffusés dans le département de l'Eure.

### **Article 11 - Exécution**

Le secrétaire général de la préfecture de l'Eure, la directrice départementale des territoires et de la mer de l'Eure, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à l'exploitant M. xxxxx.

Une copie du présent arrêté sera adressée à :

- Monsieur le maire de la commune de xxxxxx
- M. le président de la CLE DU SAGE de
- M. le président du syndicat intercommunal de
- M. le directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Haute-Normandie ;
- M. le directeur territorial Seine-aval de l'agence de l'eau du bassin Seine- Normandie ;
- M. le chef du service départemental de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques ;
- M. le délégué régional de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques ;
- M. le président de la fédération départementale de pêche et de protection des milieux aquatiques de l'Eure.

EVREUX, le

Pour le préfet