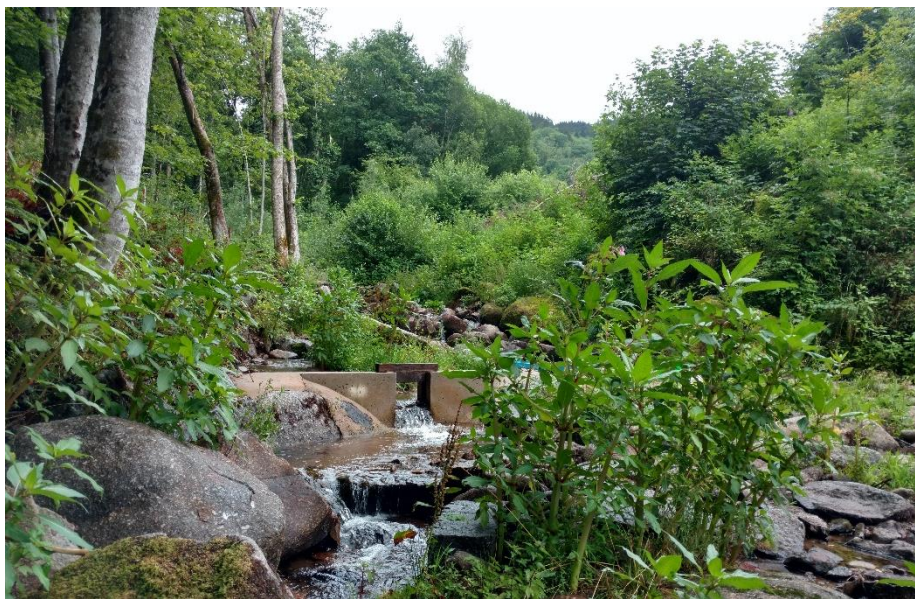


Développement d'une démarche d'aide à la définition des débits minimums

Étude de la sensibilité des cours d'eau de la région Grand-Est



*Mémoire de dominante d'approfondissement
Gestion des Milieux Naturels*

Laurine Casanova

Stage effectué du 16/03/2020 au 11/09/2020

À la direction régionale Grand-Est de l'Office Français de la Biodiversité

Maître de stage : Vincent Burgun

Enseignant référent : Philippe Durand

Soutenu le 20/10/2020

Année 2019/2020

Sources photographie :

Laurine Casanova

Vincent Burgun

Développement d'une démarche d'aide à la définition des débits minimums

Étude de la sensibilité des cours d'eau de la région Grand-Est

*Mémoire de dominante d'approfondissement
Gestion des Milieux Naturels*

Laurine Casanova

Stage effectué du 16/03/2020 au 11/09/2020

À la direction régionale Grand-Est de l'Office Français de la Biodiversité

Maître de stage : Vincent Burgun

Enseignant référent : Philippe Durand

Soutenu le 20/10/2020

Année 2019/2020

Résumé

Le régime d'écoulement naturel structure l'écosystème des cours d'eau. La construction d'ouvrages en travers des cours d'eau, par exemple pour prélever ou dériver de l'eau altère les écoulements. Les conditions physico-chimiques, les habitats et les populations aquatiques s'en trouvent significativement impactées. Ainsi, le code de l'environnement impose à ces ouvrages de laisser transiter en permanence dans le cours d'eau un débit garantissant la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui s'y trouvent.

Les dossiers d'autorisation ou de déclaration des ouvrages en cours d'eau doivent comporter une détermination de ce débit minimum biologique. Les services de l'État ont la charge de l'instruction de ces dossiers, avec l'appui technique de l'OFB. Ils signalent toutefois des difficultés dues à la complexité technique de la thématique. Une série d'entretiens a permis d'identifier leurs besoins et leurs attentes.

L'objectif de ce travail est de développer une démarche d'aide à la décision. En permettant aux services instructeurs de gagner en autonomie, le traitement des dossiers en collaboration avec l'OFB serait optimisé. De nombreuses méthodes existent pour calculer le débit minimum biologique. Cette démarche aiguille le choix d'une méthode en fonction des caractéristiques du milieu et de l'ouvrage. Les ressources mises au point facilitent l'appréhension de la sensibilité du site et de la pression exercée par l'ouvrage. Ainsi, les services instructeurs peuvent vérifier que la méthode proposée par le ou la pétitionnaire est proportionnée à l'impact de l'ouvrage sur le milieu. En fonction de sa volonté d'approfondissement, l'utilisateur ou l'utilisatrice trouve dans la boîte à outils des ressources détaillant des points juridiques, techniques ou écologiques. Ce travail va être testé puis diffusé aux DDT des départements de la région Grand-Est.

Summary

Natural flow regime shapes river ecosystems. Dam or weir built across rivers, e.g. for extracting or diverting water, alter flow regime. Physico-chemical quality, habitats and aquatic populations are critically impacted. As a result, according to the French Environmental Code, these dams must let downstream a flow assuring life, movement, and reproduction for all species at all times.

Dams permit or declaration files determine the value of this environmental flow. Local government services are responsible for processing these files, with the technical support provided by the French biodiversity office (OFB). However, because of the technical complexity of the topic, some difficulties are encountered. Thanks to a series of interviews with agents from the local government services, their needs and expectations have been described.

This work aims to develop a decision-support tool. By enhancing the autonomy of local government services, collaborative file processing with the OFB will be optimised. Many methods are available to calculate the value of environmental flow. This tool guides the choice of a method according to the environment and dam characteristics. Thanks to the developed documents, ecosystem sensitivity and dam induced pressure are comprehended. In this way, local government services can check if the method chosen in the file is adjusted to environmental dam impact. If the user wants to further the subject, the toolbox offers details on juridical, technical, or ecological points. This work is about to be tried out then delivered to the local government services of the Grand-Est region.

① Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

② Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

③ **Sanction** : En cas de manquement à ces consignes, la DEVE/le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

④ Engagement :

Je soussignée Laurine Casanova

Reconnaît avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non-plagiat

A Gap, le 30/09/2020



Remerciements

Je tenais à remercier Vincent, Julien et Florent pour leur accompagnement tout au long de mon stage, pour leurs conseils et pour l'accueil qu'ils m'ont offert malgré la situation particulière de cette année. Merci également à l'ensemble des équipes de la DR et du SD Moselle, grâce à qui j'ai pu expérimenter les différentes activités de l'OFB.

Je remercie l'ensemble des agents et agentes des DDT, ainsi que Karine Schmitt pour leur participation aux entretiens : les résultats rassemblés m'ont été précieux.

Merci à Maxime Delolme pour sa participation à mon jury de stage et ses réponses à mes questions, qui m'ont permis de porter un regard critique sur mon étude de la sensibilité hydrologique.

Je remercie Pierre Sagnes pour le temps qu'il a pris pour répondre à mes questionnements et les documents qu'il m'a transmis : son aide m'aura permis de trancher sur des points compliqués.

Merci à Philippe Durand pour son accompagnement et son écoute et à Bruno Ferry pour sa réactivité et ses réponses quant à mes questions statistiques. De même, je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe des professeurs de GMN qui nous ont proposé une formation passionnante.

Enfin, merci à l'ensemble des copaines des GMN : sans vous, cette année aurait été bien moins enrichissante, tant scolairement qu'humainement. Et merci à Lou, pour ton soutien, tes conseils et ton écoute.

Table des matières

Résumé.....	5
Table des matières.....	9
Liste des sigles.....	11
Liste des figures.....	12
Liste des tableaux.....	13
Avant-propos.....	13
1. Contexte : les débits minimums pour préserver l'écosystème des cours d'eau soumis aux prélèvements en eau de surface.....	14
1.1. La gestion des débits, pourquoi ?.....	14
1.1.1. Le régime d'écoulement : élément clé de l'écosystème cours d'eau.....	14
1.1.2. Les activités humaines influencent l'écosystème cours d'eau du Grand-Est.....	17
1.1.3. Les impacts de l'altération du régime d'écoulement naturel.....	21
1.2. La notion de débit minimum pour protéger les écosystèmes.....	23
1.2.1. Historique du contexte juridique (Figure 10).....	23
1.2.2. Les différentes méthodes de définition du débit minimum biologique.....	25
1.2.3. Les processus de définition du débit réservé.....	26
1.3. Problématisation : un travail pour améliorer l'instruction des dossiers débits réservés.....	28
2. L'identification des besoins, un préalable à la conception de la démarche.....	30
2.1. Des entretiens avec les services instructeurs permettent de rassembler les besoins.....	30
2.2. Des entretiens qui valident et précisent les objectifs du stage.....	30
2.3. Une démarche d'entretiens toutefois perfectible.....	33
3. Une démarche conçue pour aiguiller le choix d'une méthode de détermination du débit réservé.....	34
3.1. Un compromis nécessaire entre précision et efficacité.....	34
3.2. Une démarche reposant majoritairement sur l'appréhension de l'impact de l'ouvrage.....	35
3.3. Une démarche qui accompagne l'instruction des dossiers.....	36
3.4. Une conception qui pourra être améliorée.....	38
4. La production de ressources sur la sensibilité, prérequis pour l'utilisation de la démarche.....	39
4.1. La cartographie de la sensibilité hydrologique est basée sur l'étude des débits d'étiage.....	39
4.1.1. L'objectif : décrire la sensibilité hydrologique.....	39
4.1.2. Un travail utilisant les données de la banque HYDRO.....	40
4.1.3. Un classement des stations selon leur sensibilité hydrologique.....	42
4.1.4. Une spatialisation de la sensibilité hydrologique basée sur les groupes de sensibilité des stations HYDRO.....	47
4.1.5. Une évaluation de la sensibilité hydrologique appelant un regard critique.....	51
4.2. Une liste d'espèces sensibles à l'altération du régime d'écoulement naturel alerte sur la sensibilité écologique d'un site.....	53

4.2.1.	L'objectif : alerter sur la sensibilité écologique d'un site.....	53
4.2.2.	Obtention d'une liste d'espèces écologiquement sensibles propre au Grand-Est	53
4.2.3.	Travail sur une cartographie illustrative.....	57
4.2.4.	Limites et perspectives de la détermination de la sensibilité écologique	59
4.3.	La sensibilité morphologique et le niveau de pression dépendent d'un nombre important de facteurs	59
4.3.1.	L'objectif : des listes d'indicateurs pour se placer sur des gradients.....	59
4.3.2.	Des indicateurs opposant deux extrêmes.....	60
4.4.	Perspectives pour la production de ressources sur la sensibilité plus globales	62
5.	Conclusion.....	63
	Références bibliographiques	64
	Liste des contacts.....	69
	Table des annexes.....	71

Liste des sigles

ACP : Analyse en composantes principales

AFB : Agence française pour la biodiversité

CE : Code de l'environnement

Creseb : Centre de ressources et d'expertise scientifique sur l'eau de Bretagne

CSP : Conseil supérieur de la pêche

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDCSPP : Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations

DDT : Département des territoires

DE-MEDDE : Direction de l'Eau du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

DG : Direction générale

DMB : Débit minimum biologique

DR : Direction régionale

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

ETP : Évapotranspiration potentielle

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

LEMA : Loi sur l'eau et les milieux aquatiques

MEDAD : Ministre d'État, ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, chargé des technologies vertes et des négociations sur le climat »

MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement durable

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

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

MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle

MTES : Ministère de la Transition écologique et solidaire

OFB : Office français de la biodiversité

Onema : Office national de l'eau et des milieux aquatiques

QMNA : débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A)

RHT : Réseau hydrographique théorique

SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau

SD : Service départemental

SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

SYRAH-CE : Système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau VCN : Volume Consécutif miNimal

Liste des figures

Figure 1 : Les quatre dimensions d'appréhension d'un cours d'eau.	14
Figure 2 : Schéma précisant les cinq paramètres nécessaires à la description du caractère dynamique du régime d'écoulement naturel.	15
Figure 3 : Photo d'un bras de la Moselotte (88) en assec.	16
Figure 4 : Barrage d'Autreville-sur-Moselle permettant le fonctionnement d'une microcentrale hydroélectrique.	18
Figure 5 : Part des usages dans les prélèvements en eaux de surfaces dans la région Grand-Est, en 2017.	19
Figure 6 : Répartition des ouvrages par département.	19
Figure 7 : Comparaison des débits journaliers de l'Aube avant et après la mise en service du lac d'Orient en 1990.	20
Figure 8 : Exemple d'une réduction des débits engendrée par un ouvrage de dérivation, sur le Ventron (88).	22
Figure 9 : Encart permettant un éclaircissement sur les définitions associées à la notion de débits minimums.	24
Figure 10 : Évolution juridique des valeurs du débit réservé 25	25
Figure 11 : Arbre des décisions à utiliser au début de la démarche.	37
Figure 12 : Réseau hydrographique et stations HYDRO de la région Grand-Est.	41
Figure 13 : Nombre de stations hydrologique par département, après retrait des stations non-pertinentes pour l'étude.	42
Figure 14 : Moyenne des modules par département, basée sur les 342 stations étudiées.	42
Figure 15 : Valeurs des onze descripteurs d'étiage, exprimé en part du module, pour les 342 stations étudiées.	43
Figure 16 : Résultats de l'ACP sur les onze indicateurs d'étiage pour les 341 stations.	44
Figure 17 : Arbre hiérarchique de proximité entre les stations.	45
Figure 18 : Répartition des stations sur le plan factoriel.	45
Figure 19 : Boxplot des descripteurs de débit pour chaque groupe issu de la classification non supervisée.	46
Figure 20 : Répartition des hydro-écorégions (HER niveau 2) sur le plan factoriel et des stations appartenant aux HER « Bassin de Forbach » et « Champagne humide » 48	48
Figure 21 : Nombre de station par sous-secteur de bassin versant Carthage pour l'ensemble de la région Grand-Est.	49
Figure 22 : Sensibilité hydrologique des stations HYDRO et des sous-secteurs de bassins versants Carthage.	50
Figure 23 : Sensibilité hydrologique des stations HYDRO. Fond : hydro-écorégions.	50
Figure 24 : Cartographie du niveau d'incertitude de détermination de la sensibilité hydrologique.	52
Figure 25 : Niveau de sensibilité écologique des zones hydrologiques, basées sur une moyenne des niveaux de sensibilités écologiques des points de pêche par zone hydrologique.	58
Figure 26 : Niveau de sensibilité des points de pêche OFB (1981-2015).	58

Liste des tableaux

Tableau 1 : Attentes sur des points spécifiques évoqués lors des entretiens.....	33
Tableau 2 : Liste des fiches associées à l'arbre des décisions.	35
Tableau 3 : Liste des informations sur les stations exportées depuis la banque HYDRO.....	40
Tableau 4 : Liste des indicateurs d'étiages étudiés et leur définition.....	41
Tableau 5 : Part des 342 stations pour lesquelles le débit d'étiage représente moins de 10% du module (stations peu sensibles hydrologiquement à une réduction des débits au 10 ^{ème} du module).	43
Tableau 6 : Liste des variables explicatives étudiées et de leurs sources.....	47
Tableau 7 : Groupes écologiques impactés par une réduction des débits ou un obstacle à l'écoulement.	54
Tableau 8 : Niveau de sensibilité écologique associé à une espèce en fonction du nombre de groupes écologiques sensibles auxquels elle appartient.....	55
Tableau 9 : Liste des poissons écologiquement sensibles des cours d'eau de la région Grand-Est, classés selon trois niveaux de sensibilité écologique aux modifications du régime d'écoulement (diminution des débits et obstacle à la continuité écologique).	56
Tableau 10 : Indicateurs du niveau de sensibilité morphologique du site.....	60
Tableau 11 : Indicateurs du niveau de pression exercé par l'ouvrage.	61

Avant-propos

Ce rapport est le résultat d'un stage de six mois, mené au sein de la Direction Régionale Grand-Est de l'Office Français pour la Biodiversité, pour l'obtention du diplôme d'ingénieur AgroParisTech spécialisation Gestion des Milieux Naturels. Il porte sur la thématique des débits minimums, qui mêle la conservation du bon état des cours d'eau et la préservation des usages économiques et de loisirs de l'eau, dans un contexte croissant de tensions sur cette ressource, amplifiées par le changement climatique.

1. Contexte : les débits minimums pour préserver l'écosystème des cours d'eau soumis aux prélèvements en eau de surface.

1.1. La gestion des débits, pourquoi ?

1.1.1. Le régime d'écoulement : élément clé de l'écosystème cours d'eau

1.1.1.1. L'écosystème cours d'eau, qu'est-ce que c'est ?

Les milieux aquatiques sont structurés par quatre facteurs abiotiques principaux : la lumière, la température de l'eau, la quantité d'oxygène dissout et le débit (solide et liquide). Les cours d'eau correspondent aux milieux aquatiques dont les eaux sont courantes : **l'écoulement en est donc un paramètre structurant majeur**. La morphologie du cours d'eau est en ajustement constant, du fait d'un processus d'érosion-dépôt lié à l'équilibre entre le débit liquide et le débit solide des matériaux qu'il transporte : c'est la balance de Lane (Malavoi, Bravard, 2010). Le courant entraîne les êtres vivants vers l'aval. Les organismes vivant dans l'écosystème lié au cours d'eau (« écosystème cours d'eau ») sont donc adaptés à cette contrainte. Enfin, l'écoulement facilite les échanges gazeux, l'apport de nutriments et l'évacuation des déchets (Beisel, 2018).

Un cours d'eau est formé par la **convergence de l'ensemble de l'eau d'une aire géographique appelée bassin versant**. La part des apports en eau qui n'est pas interceptée ou évapo-transpirée par la végétation s'écoule sur et à l'intérieur des versants jusqu'à rejoindre le réseau hydrographique.

Les limites de l'écosystème cours d'eau sont donc floues : des zones de transitions le relie à des écosystèmes terrestres, comme par exemple les ripisylves. On parle d'**hydrosystème**, qui correspond au cours d'eau et aux milieux dont le fonctionnement dépend directement ou indirectement du cours d'eau (Figure 1) (Bensettiti et al., 2002 ; Malavoi, Bravard, 2010 ; Beisel, 2018 ; Amoros, Petts, 1993).

D'un point de vue juridique, la **définition d'un cours d'eau** a été introduite dans le **Code de l'environnement** par la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (2016). Il s'agit d'un « écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année ». En fonction des conditions locales, l'écoulement peut ne pas être permanent (Code de l'environnement, Article L215-7-1).

1.1.1.2. Comment décrire le régime d'écoulement ?

Le régime d'écoulement façonne l'écosystème cours d'eau. Le **débit** est une variable descriptive de l'écoulement simple à utiliser, qu'il soit instantané ou moyen. Le débit instantané correspond à la quantité d'eau qui traverse la section d'un cours d'eau par unité de temps (en m³/s). Le débit moyen interannuel est appelé **module** et calculé sur une période de référence : il synthétise les débits moyens annuels en un point du cours d'eau sur cette période et permet une comparaison entre cours d'eau (Triplet, 2020).

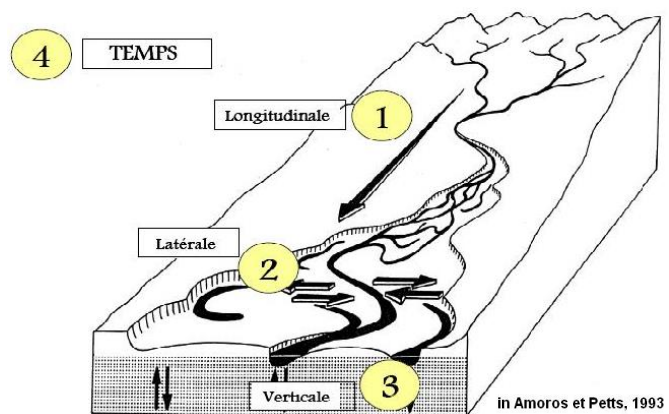


Figure 1 : Les quatre dimensions d'appréhension d'un cours d'eau. 1 : L'eau s'écoule selon un gradient continu amont-aval, le long duquel la pente, la taille des sédiments, le débit et les communautés faunistiques et floristiques varient. 2 : Le cours d'eau est en relation avec le lit majeur, les berges et les zones humides. 3 : La zone hyporhéique est une interface entre la rivière et la nappe phréatique. 4 : l'écosystème cours d'eau est influencé par des facteurs variant à des échelles de temps très différentes (des saisons jusqu'aux variations géologiques et climatiques), Source : Amoros, Petts, 1993.

Historiquement, l'appréhension des écosystèmes fluviaux par les gestionnaires s'est essentiellement limitée à la qualité de l'eau et au débit minimum (Poff et al., 1997). L'étude et la gestion des cours d'eau reposait sur des valeurs de débits fixe, comme le débit d'étiage (débit annuel le plus bas) ou les débits de crues (Baran, 2008). Toutefois, depuis les années 70, les débits sont appréhendés comme des paramètres dynamiques et ce **caractère dynamique conditionne l'écosystème cours d'eau**. Sa prise en compte est essentielle lors de l'étude et de la gestion des écosystèmes cours d'eau (Poff et al., 1997).

Le régime d'écoulement **naturel** peut-être décrit comme une succession de **cinq types d'écoulement** (The Nature Conservancy, 2018) :

- Les périodes **d'étiage**, périodes de l'année où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas. Les conditions physico-chimiques et les connectivités longitudinales et latérales sont dégradées.
- Les périodes de **faibles débits**. Il s'agit du débit disponible la plupart de l'année, les conditions de température, vitesse et connectivité qui y sont associées sont les conditions « normales ».
- Les périodes de **pics de débit** associés à une brève fonte des neiges ou à un orage, qui augmentent brièvement la connectivité.
- Les **petites crues** (crues de retour biennal à décennal) permettent l'accès à des habitats latéraux supplémentaires pouvant jouer un rôle essentiel dans la reproduction ou l'alimentation.
- Les **grandes crues**, dont la période de retour est moindre mais qui modifient significativement les habitats.

Les épisodes intenses tels que les **grandes crues** et les **étiages** exercent une pression de sélection sur les populations : leur variation peut influencer la survie des différentes espèces et **réguler les processus de l'écosystème** (Poff, Zimmerman, 2010).

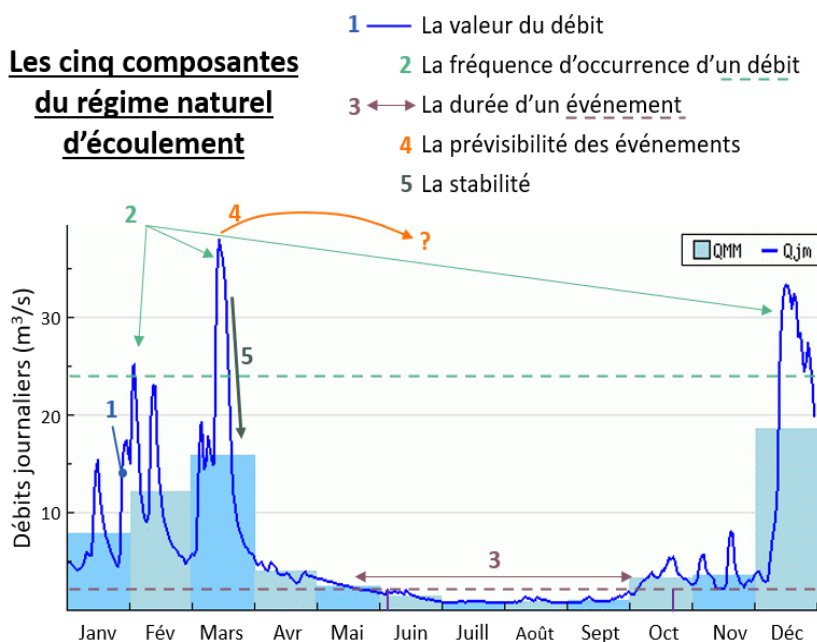


Figure 2 : Schéma précisant les cinq paramètres nécessaires à la description du caractère dynamique du régime d'écoulement naturel. Inspiré d'un schéma de Pierre Sagnes.

Cinq paramètres peuvent être utilisés pour **décrire le caractère dynamique de l'écosystème cours d'eau** (Figure 2) (Poff et al., 1997 ; Baran, 2008 ; Richter et al., 1997 ; Naiman et al., 2002) :

- La **valeur du débit** ;
- La **fréquence** d'occurrence d'un certain débit, ou nombre de fois qu'une valeur de débit est atteinte au cours d'un intervalle de temps ;
- La **durée** d'un événement ou épisode intense ;
- La **prévisibilité d'un événement**, c'est-à-dire la régularité à laquelle il survient ;
- La **stabilité**, qui fait référence aux vitesses de changement de débit sur une courte période.

1.1.1.3. L'impact du régime d'écoulement sur l'écosystème cours d'eau

Le régime d'écoulement joue un rôle essentiel dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes cours d'eau.

Le régime d'écoulement naturel façonne les habitats

Le milieu, défini par des facteurs abiotiques et biotiques spécifiques, où vit une espèce à l'un des stades de son cycle biologique est appelé son **habitat** (Conseil européen, 1992). Dans le cas de l'écosystème cours d'eau, les habitats sont déterminés par de nombreux paramètres tels que la profondeur d'eau, la vitesse du courant, la température, le taux d'oxygène dissout, la nature et la taille du substrat et la turbidité de l'eau. Ainsi, **le courant et le régime d'écoulement naturel jouent un rôle majeur dans la structuration des habitats** car ils influent sur la majorité de ces paramètres clés (Richter et al., 1997). Ensuite, le régime d'écoulement naturel détermine la morphologie du cours d'eau, c'est-à-dire la forme du fond, des berges et du lit majeur (Malavoi, Bravard, 2010). Les épisodes de crues fréquentes (biennales) sont le moteur de la dynamique morphologique des cours d'eau et des habitats. Le courant transporte des débris boisés et des sédiments qui modifient les habitats d'espèces. Les différents types d'écoulements et leur succession au cours de l'année créent donc une **mosaïque d'habitats variables dans le temps et dans l'espace**. Par exemple, les faciès d'écoulements tels que les successions radiers-pools (zones de reproduction des salmonidés) sont formés lors des événements de débits plus intenses, appelés « **débits structurants** » (Poff et al., 1997 ; Bunn, Arthington, 2002 ; Baran, 2008 ; Richter et al., 1997).

Le régime d'écoulement influence les communautés biologiques

Le régime d'écoulement naturel modifie les habitats d'espèces, il est donc attendu qu'il ait un impact sur les communautés végétales et animales. Tout d'abord, la vitesse du courant agit sur la faune aquatique en fonction de ses capacités de nage en l'entraînant vers l'aval (Baran, 2008). La distribution spatiale et temporelle des populations de plantes aquatiques est liée à des facteurs tels que la stabilité et la vitesse du courant et les événements extrêmes. La mosaïque d'habitats suscitée par le régime d'écoulement naturel favorise la diversité spécifique faunistique qui a tendance à augmenter avec la complexité des habitats (Gorman, Karr, 1978 ; Bunn, Arthington, 2002).

Les impacts identifiés dans la littérature scientifique peuvent être regroupés selon chaque grandeur caractéristique du régime d'écoulement naturel. Tout d'abord, la **valeur du débit** et plus particulièrement les **événements extrêmes** comme les crues ou l'étiage **dynamisent le fonctionnement des communautés biotiques**. D'une part, les crues majeures entraînent un déplacement important de sédiments et un export de nutriments et matières organiques, favorisant ainsi les espèces colonisatrices et remaniant les communautés biologiques. De même, elles provoquent le renouvellement des communautés végétales sur les berges et dans le lit majeur. Enfin, l'inondation du lit majeur permettent aux espèces animales aquatique d'accéder à de nouveaux habitats qui peuvent être essentiel pour leur reproduction, pour le développement des jeunes stades ou pour l'alimentation. Ainsi, l'hydrologie lors des périodes de reproduction ou d'émergence des alevins conditionne une part importante de la dynamique des populations de salmonidés, de cyprinidés et de brochets. Les périodes d'étiages sont également des périodes clés car la baisse du courant et l'augmentation de la température qu'elle entraîne sont des facteurs limitant pour de nombreuses espèces (Figure 3). Toutefois, elles peuvent avoir un impact positif sur certaines



Figure 3 : Photo d'un bras de la Moselotte (88) en assec. Cet événement extrême exerce une forte pression sur les communautés aquatiques.

communautés de plantes qui profitent des périodes de basses eaux pour reconquérir les berges. Enfin, les événements extrêmes tels que les crues et les périodes d'étiage influence la distribution spatiale et temporelle des invertébrés benthiques (Bunn, Arthington, 2002 ; Poff et al., 1997 ; Baran, 2008).

La **fréquence** et surtout la **régularité d'occurrence** de ces événements extrêmes sont essentielles pour les communautés biotiques. En effet, le cycle de développement de nombreuses espèces est calé sur les variations de débit : elles peuvent être le déclencheur d'événements tels que la fraie, la ponte ou la migration. L'accès aux habitats du lit majeur au moment adéquat peut être essentiel pour le succès reproductif. Enfin, le cycle de développement de certaines espèces végétales est adapté aux variations de débits qui peuvent par exemple jouer un rôle dans la dispersion des graines (Poff et al., 1997).

La **durée d'un événement** conditionne son importance écologique : par exemple, la durée d'une crue détermine le temps au cours duquel les poissons auront accès à des habitats supplémentaires pour l'alimentation ou la reproduction (Bunn, Arthington, 2002). De plus, une exposition prolongée à un événement extrême naturel (comme l'étiage) favorise le développement d'espèces qui y sont tolérantes, plutôt que d'espèces adaptées à des variations de débits (Poff et al., 1997).

Enfin, la **vitesse de modification** du débit influence la composition des communautés biotiques en défaveur des espèces allochtones, moins adaptées aux variations de vitesses naturelles.

Ainsi, l'ensemble des variations naturelles de régime hydrologique (intra-annuelles et interannuelles) apparaissent comme essentielles pour le maintien d'une biodiversité autochtone et de l'intégrité des écosystèmes cours d'eau (Richter et al., 1997).

1.1.2. Les activités humaines influencent l'écosystème cours d'eau du Grand-Est

1.1.2.1. Le Grand-est, une région aux conditions climatiques, géologiques et hydrologiques hétérogènes.

La région Grand-Est est la 4^{ème} plus vaste région de France avec une surface de 58 000 km² (IGN, 2017). Elle constitue une **zone de transition entre le climat océanique altéré et le climat continental**, caractérisé par des écarts de température inter saisonniers plus importants et des précipitations plus abondantes, tandis que le massif des Vosges et le Jura alsacien présentent un **climat montagnard**, où la température baisse avec l'altitude et les précipitations augmentent. Ainsi, la région présente des **volumes moyens de précipitations très différents** : dépassant plus de 2000mm par an sur le massif vosgien, elles tombent à moins de 600mm par an dans le centre de la plaine d'Alsace, protégé par l'effet de Foehn induit par les Vosges (Météo-France, 2020). Les **pent**es sont également **très variables** entre les zones montagneuses et les plaines et plateaux.

La région est située **en tête de trois des cinq grands bassins versant** français : Seine-Normandie (42% de la surface de la région), Rhône-Méditerranée (4%) et Rhin-Meuse (54%) (IGN, MEDD, 2002). Ce dernier est **international** : le Rhin poursuit son cours en Allemagne et la Meuse en Belgique puis aux Pays-Bas, ce qui nécessite des actions cohérentes avec les pays voisins (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2014).

Le **réseau hydrographique** est **hétérogène** (Wasson et al., 2002). Sur la **moitié ouest** de la région, la géologie calcaire ou crayeuse favorise les infiltrations, le réseau hydrographique y est donc **peu dense**, à l'exception de la plaine de la Woëvre et la Champagne humide où le substrat marneux est imperméable. Au contraire, sur la **moitié est**, le réseau hydrographique est **plus dense** car favorisé par des substrats imperméables (marnes dans le plateau lorrain, granite puis grès dans les Vosges et collines d'Alsace). Les alluvions déposées par le Rhin forment la plaine d'Alsace. Les grands cours d'eau qui traversent la région présentent un régime pluvial (débits principalement alimentés par les pluies donc minimaux en été), à l'exception du Rhin qui a un régime nival (débits alimentés par la fonte des neiges dans les Alpes, donc maximums en printemps et été).

1.1.2.2. Les modifications du régime d'écoulement naturel dans le Grand-Est

Des prélèvements en eau indissociable des activités humaines

Les activités humaines sont étroitement **liées à l'eau**. Elles dépendent donc de la quantité et de la qualité de cette ressource. L'eau est captée dans les masses d'eaux de surface ou souterraines, utilisée puis en partie restituée au milieu naturel.

Elle est prélevée pour l'alimentation en eau potable, les productions agricoles et industrielles ou la production d'énergie (énergie hydroélectrique ou fonctionnement des centrales nucléaires et thermiques). Une part du débit des cours d'eau est détournée pour alimenter les canaux, gérés par Voies Navigables de France (VNF), qui servent de voies de navigation. Certains prélèvements ou dérivations reposent sur la mise en place de barrages ou de retenues d'eau qui s'opposent au cours naturel



Figure 4 : Barrage d'Autreville-sur-Moselle permettant le fonctionnement d'une microcentrale hydroélectrique.

du cours d'eau (Figure 4). Enfin, les activités présentes sur le bassin versant (changement d'occupation des sols, imperméabilisation) jouent également sur le régime d'écoulement des cours d'eau, en influençant la genèse des débits (Agence française pour la biodiversité, 2010).

Ainsi, parmi les **volumes prélevés**, certains sont **restitués** au cours d'eau (ex : centrales hydroélectriques en dérivation), tandis que d'autres **changent de bassin versant** (ex : prélèvements pour les canaux) ou sont **évaporé, évapo-transpirés ou exportés** (ex : refroidissement de centrales, irrigation agricole, industrie).

Cinq **grands lacs réservoirs** ont été mis en service entre les années 60 et 90 afin de réguler les crues ou de réaliser du soutien d'étiage en été. Les trois principaux sont situés en Champagne humide, sur la Seine (lac d'Orient), la Marne (lac du Der-Chantecoq), l'Aube (lacs Amance et du Temple). Le lac de Pierre-Percée garantit un débit d'étiage suffisant à la Moselle pour permettre le refroidissement de la centrale nucléaire de Cattenom et le lac de Madine soutient l'étiage du Rupt-de-Mad, essentiel à l'alimentation en eau potable de la ville de Metz.

Les prélèvements dans le Grand-Est

En 2016, la région Grand-Est se classe au troisième rang en termes de prélèvements d'eau, derrière la région Auvergne-Rhône-Alpes et la région Nouvelle-Aquitaine (Chataigner, Michon, 2019). 95% du volume prélevé en 2017 a été capté en eau de surface.

La très grande majorité des prélèvements en eaux de surface est utilisée pour la production d'énergie, en particulier l'énergie hydro-électrique (Figure 5). Dans ce dernier cas, l'eau prélevée est restituée au cours d'eau. Si on s'intéresse aux prélèvements hors-énergie, 77% sont réalisés pour alimenter des canaux et 20% pour l'industrie. L'irrigation et l'alimentation en eau potable représentent une part très minoritaire (3% au total).

Si l'étude de l'évolution des prélèvements dans le temps aurait été intéressante, trop peu d'années de données sont disponibles.

Les obstacles à l'écoulement dans le Grand-Est

Le prélèvement ou la dérivation d'eau en cours d'eau nécessite souvent la construction d'ouvrages s'opposant à l'écoulement, comme des seuils ou des barrages. Dans le Grand-Est, 18 500 ouvrages s'opposant à l'écoulement sont identifiés, soit environ un tous les 2 km de cours d'eau (Onema, 2010c ; IGN, MEDD, 2002). Ils sont majoritairement situés dans les Vosges et les deux départements alsaciens (Figure 6). Seul 30% sont indiqués comme ayant un usage dans le Référentiel des Ouvrages à l'Écoulement (ROE). La région comporte toutefois environ 300 centrales hydro-électriques et 200 prises d'eau pour l'alimentation des canaux, soit un minimum de 500 ouvrages réglementés, auxquels il faut ajouter les petits prélèvements et les plans d'eau (voir §1.2.3.). La majorité des ouvrages servant à l'énergie et l'hydroélectricité est située dans le département des Vosges (37%), puis dans le Haut-Rhin (12%) et la Meuse (11%). Les zones montagneuses présentent en effet des pentes intéressantes pour la mise en place de petites centrales hydroélectriques. Les ouvrages servant aux canaux sont situés majoritairement dans les Vosges (34%), la Moselle (15%), la Meurthe-et-Moselle (10%), la Meuse (10%) et les Ardennes (10%).

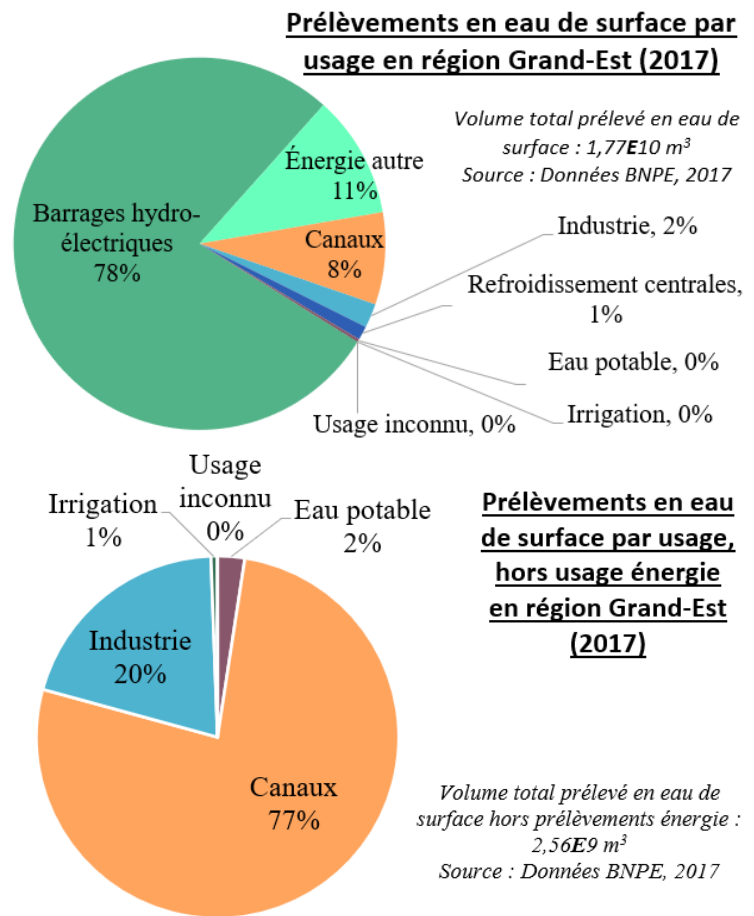


Figure 5 : Part des usages dans les prélèvements en eaux de surfaces dans la région Grand-Est, en 2017. Source : BNPE.

Répartition des ouvrages par département

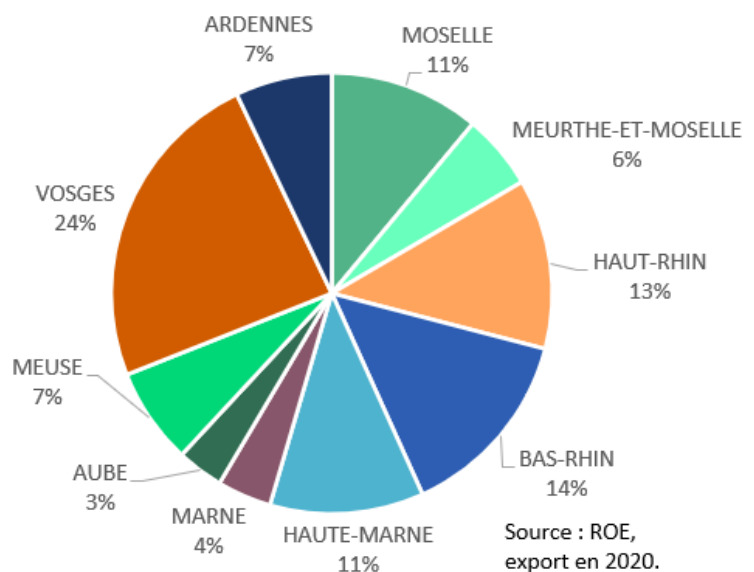


Figure 6 : Répartition des ouvrages par département. Source : ROE, export en 2020.

La modification du régime d'écoulement naturel : exemple du lac d'Orient

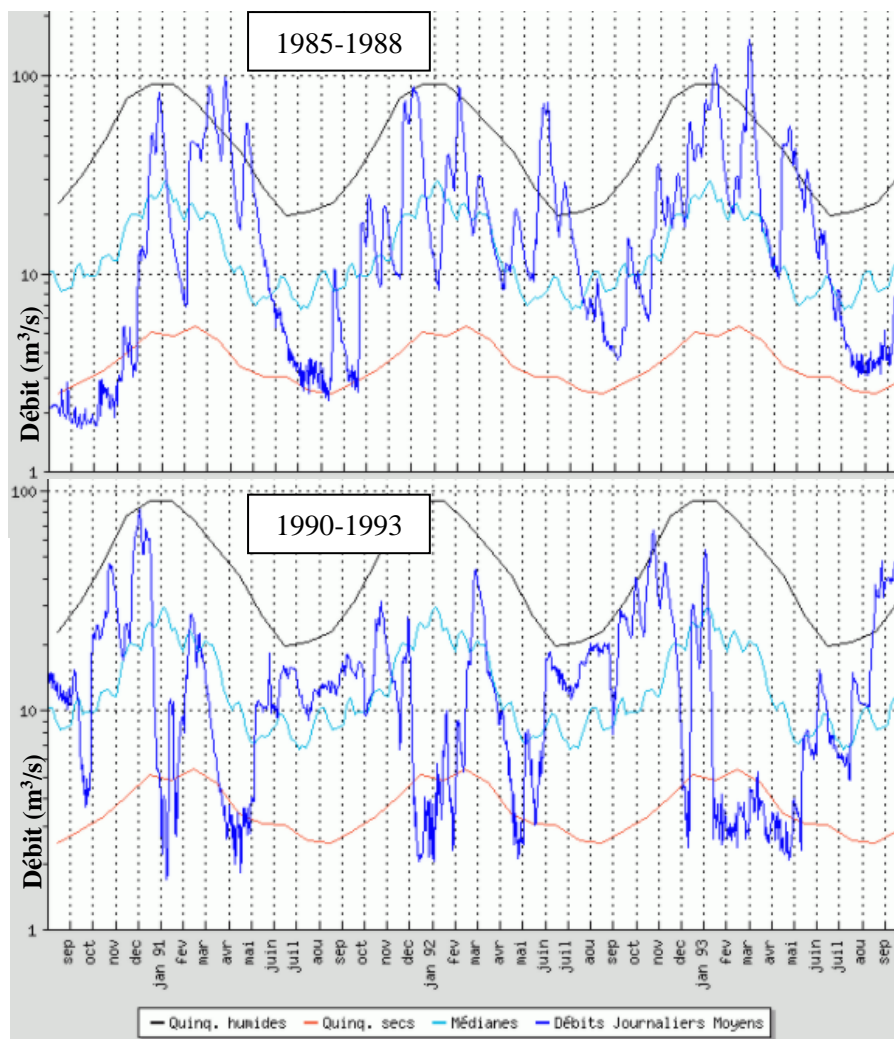


Figure 7 : Comparaison des débits journaliers de l'Aube avant et après la mise en service du lac d'Orient en 1990. La courbe bleue correspond aux débits des années indiquées, la noire aux valeurs fortes du passé (avant la période affichée) et la rouge aux valeurs faibles. Station hydro : L'Aube à Blaincourt-sur-Aube (H1231010). DREAL Champagne-Ardenne/HYDRO - MEDDE/DE.

La construction des grands lacs réservoirs a engendré une **modification du régime d'écoulement naturel**, aisément observable sur les valeurs des débits et leur répartition dans l'année. Par exemple, l'observation des variations mensuelles des débits de la station hydrométrique de Blaincourt-sur-Aube, située en aval du lac d'Orient, avant et après sa mise en fonctionnement en 1990 montre une modification du régime d'écoulement (Figure 7). En effet, si les débits d'étiages ne semblent pas plus faibles, les **périodes d'étiage** sont nettement **décalées**. La période étiage qui correspondait aux mois de juin à novembre survient de janvier à juin après à la mise en service du réservoir. Un étiage au printemps n'est pas une situation naturelle pour un cours d'eau au régime pluvial : ces périodes correspondent naturellement aux périodes de forts débits. Les crues sont ainsi également évitées.

1.1.2.3. Le changement climatique augmente les tensions autour de la ressource en eau

Le projet Explore 2070 évalue les **impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques** et la ressource en eau à l'échéance 2070 en France, en se basant sur le scénario A1B du GIEC (scénario médian conduisant à une augmentation de + 2.8°C de la température mondiale en 2100 par rapport à 2010). À l'échelle de la France métropolitaine, une **baisse de 10 à 40% du débit moyen annuel** des cours d'eau est attendue, de même qu'une **baisse générale des débits d'étiage**, plus sévère que la baisse de la moyenne annuelle d'après la majorité des projections (MEDDE, 2012). Des **augmentations** moyennes des **température de l'eau** comprises entre 1,1 et 2,2 °C sont attendues.

Une étude de l'état quantitatif des ressources en eau du Grand-Est à l'horizon 2030-2050 est en cours. Les résultats ne sont pas encore disponibles. Cependant, l'augmentation de l'ETP (évapotranspiration potentielle) et la baisse du bilan hydrique déjà constatées ces cinquante dernières années dans la région laisse présager une augmentation de l'irrigation et des **tensions autour de l'eau en période estivale** (Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique Grand-Est, 2018).

1.1.3. Les impacts de l'altération du régime d'écoulement naturel

1.1.3.1. Un impact négatif difficile à caractériser

Comme vu précédemment, le régime d'écoulement naturel façonne l'écosystème cours d'eau. Il apparaît donc que **l'altération de l'écoulement** engendre des **modifications des habitats et donc des communautés biologiques** et de leur **dynamiques** (Baran, 2008). Poff et Zimmerman publient en 2010 une analyse bibliographique, avec pour objectif de déterminer l'impact qualitatif et quantitatif de la modification des cinq paramètres du régime d'écoulement sur l'écosystème (magnitude, fréquence, durée, prévisibilité, stabilité). Sur les 165 publications analysées, 92% relevaient la **dégradation d'un des indicateurs écologiques étudiés en réponse à l'altération du régime d'écoulement**, contre seulement 21% une amélioration d'un indicateur écologique (Poff, Zimmerman, 2010). L'étude de la sensibilité aux altérations du courant des communautés piscicoles montrent que le degré de dégradation des cours d'eau impacte la **structure des communautés** : par exemple, le nombre d'espèces rhéophiles (adaptées aux courants forts), diminue avec l'augmentation de l'anthropisation (Berrebi et al., 1998). Cette altération des écoulements est souvent associée à d'autres impacts issus des travaux et ouvrages mis en œuvre pour développer l'activité. Ainsi, la construction d'ouvrages en travers des cours d'eau entraîne une perte de continuité écologique, c'est-à-dire qu'elle nuit à « la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments, ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques » (Baudoin et al., 2014).

Ainsi, le lien entre **l'augmentation de l'artificialisation et la dégradation de l'écosystème cours d'eau** est souvent **clair**. Toutefois, le fonctionnement de cet écosystème est influencé par de nombreux mécanismes, à des échelles spatiales et temporelles différentes. Relier un impact observé (par exemple, la diminution d'une espèce de poisson) à une modification de l'écosystème (par exemple, la perte de continuité écologique ou le changement de composition du substrat habituellement utilisé pour la reproduction) peut ainsi s'avérer très **complexe** (Bunn, Arthington, 2002). De plus, les ouvrages modifient souvent **plusieurs paramètres** du régime d'écoulement naturel (par exemple, l'intensité des crues et leur fréquence) ou des habitats (ex : taille du substrat), et différentes altérations engendrées par différents ouvrages peuvent avoir les mêmes impacts (Poff, Zimmerman, 2010). Enfin, il est parfois difficile de séparer les effets de la modification de l'écoulement des impacts des changements globaux d'usage des sols qui les accompagnent souvent (Bunn, Arthington, 2002).

Les chaînes d'impacts qui résultent de ces changements sont complexes. Le choix est fait de présenter les impacts observés sur les communautés biotiques (invertébrés, poissons, flore) par type d'ouvrage.

1.1.3.2. Les ouvrages suscitent des altérations directes du régime d'écoulement

Le prélèvement ou la dérivation d'eau en cours d'eau nécessite souvent la construction d'ouvrages s'opposant à l'écoulement, comme des seuils ou des barrages.

Impacts des obstacles à l'écoulement

La construction d'obstacles à l'écoulement tels que les barrages impacte fortement la **continuité écologique** et **retient les sédiments** (Elosegi, Sabater, 2013 ; Schmutz, Moog, 2018). En amont du barrage, la sédimentation augmente, entraînant le colmatage du substrat. L'eutrophisation est favorisée. En aval, la diminution soudaine de sédiments augmente l'érosion, induisant une incision du lit et une perte d'habitats pour les espèces lithophiles (i.e. se reproduisant sur un substrat de type gravier/galets) (Schmutz, Moog, 2018).

La perte de connectivité longitudinale provoque un déclin des espèces migratoires. Les populations de poissons se retrouvent isolées et donc fragilisées (Poulet et al., 2012 ; Bunn, Arthington, 2002). Au sein des retenues d'eau en amont des barrages, la conversion des habitats lotiques en habitats lentiques provoque des changements de communautés d'espèces : les rhéophiles et les espèces

frayant sur les zones inondées sont remplacées par des espèces plus généralistes ou allochtones (Bunn, Arthington, 2002). Une **baisse de la diversité écologique** peut être observée (Schiemer et al., 2004). L'augmentation de la température modifie les périodes de reproduction en aval (poissons et insectes) et élimine les espèces préférant les températures faibles (Bunn, Arthington, 2002).

Impacts de la stabilisation des débits et réduction des crues

La stabilisation des débits cause une **modification des communautés piscicoles et de macro-invertébrés** des cours d'eau. La diversité et l'endémisme des espèces décroît. La diminution des perturbations favorise les espèces exotiques envahissantes (Poff et al., 1997 ; Poff, Zimmerman, 2010 ; Bunn, Arthington, 2002). La perte des variations de débits saisonnières affecte la reproduction et les migrations des espèces aquatiques (Poff, Zimmerman, 2010 ; Bunn, Arthington, 2002).

La réduction des événements de crues modifie les **communautés végétales des berges et du lits majeurs**, qui ne sont plus régulièrement inondés : des macrophytes se développent, des communautés moins liées à l'eau remplacent la ripisylve et les espèces exotiques envahissantes sont favorisées (Elosegi, Sabater, 2013 ; Poff et al., 1997 ; Poff, Zimmerman, 2010 ; Baran, 2008 ; Bunn, Arthington, 2002). La **réduction de la connectivité latérale** interdit l'accès à des habitats de refuges ou de reproduction (Baran, 2008 ; Poff, Zimmerman, 2010). Enfin, la morphologie du cours d'eau change, la réduction des crues causant une baisse de la dynamique fluviale pouvant modifier le style fluvial et une déconnexion des annexes fluviales (Baran, 2008).

Impacts de la réduction des débits dans les tronçons court-circuité (TCC)

La réduction des débits engendrée par les prélèvements d'eau perturbe l'écosystème du tronçon court-circuité (Figure 8). En effet, les **conditions physico-chimiques sont modifiées** (perte de hauteur et de surface en eau, augmentation de la température de l'eau, diminution de la quantité de dioxygène et de la capacité de dilution des rejets). En conséquences, la qualité et l'accessibilité des habitats d'espèces sont dégradées (European Union, 2015 ; Baran, 2011). La structure des populations aquatiques est modifiée : sont observées une diminution des espèces rhéophiles (ex : truites), une baisse de la richesse spécifique et une modification des cycles de vie des espèces (Poff, Zimmerman, 2010 ; Baran, 2011 ; 2008). Enfin, le développement d'espèces exotiques envahissantes est favorisé.

Impacts du fonctionnement par éclusées de certains aménagements

Certains ouvrages hydroélectriques fonctionnent par éclusées. Ce régime, entraînant des augmentations de débit très soudains, n'a pas d'équivalent naturel (Poff et al., 1997). C'est une cause importante de **stress et de perturbations**, qui provoque un entrainement des espèces aquatiques invertébrées et de poissons vers l'aval, causant des mortalités massives et des pertes de productivité de l'écosystème (Courret, 2014 ; Bunn, Arthington, 2002 ; Poff et al., 1997 ; Baran, 2008).

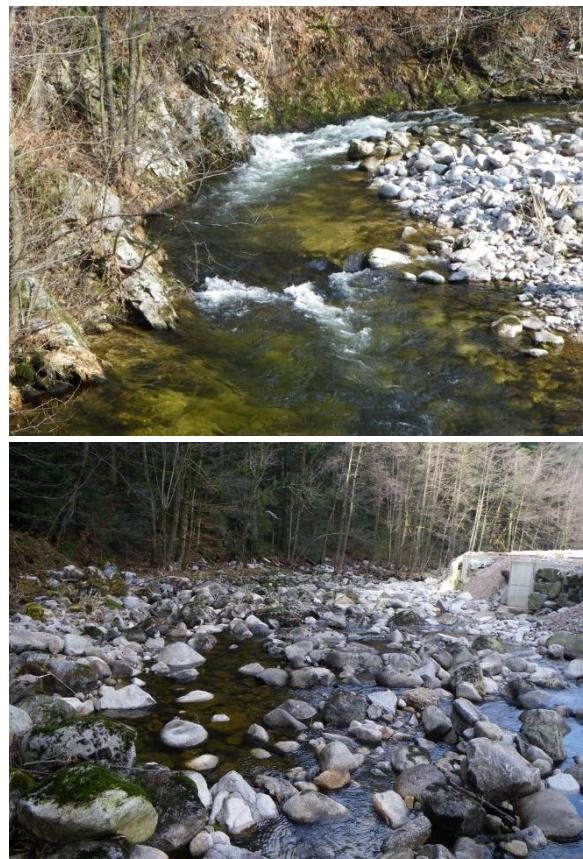


Figure 8 : Exemple d'une réduction des débits engendrée par un ouvrage de dérivation, sur le Ventron (88). En haut : en amont de l'ouvrage, en bas : en aval, dans le tronçon court-circuité.

Impacts du transfert d'eau de bassin versant en bassin versant

Certains prélèvements, réalisés dans le but d'alimenter des canaux ou des retenues, causent un transfert d'eau d'un bassin versant vers un autre bassin versant. Ces pratiques favorisent la **diffusion d'espèces exotiques envahissantes** (Bunn, Arthington, 2002).

1.1.3.3. Les impacts des altérations indirectes du régime d'écoulement

Impact de la modification de la morphologie du cours d'eau

La chenalisation et la rectification des cours d'eau causent une augmentation de la vitesse du courant, une baisse du nombre d'habitats et une baisse de la rétention de sédiments, de nutriments et de matière organique, suscitant une baisse de productivité de l'écosystème. La connectivité latérale (avec les berges et les annexes hydrauliques) diminue drastiquement (Elosegi, Sabater, 2013).

Impact de la modification du bassin versant

Le changement d'usage des sols modifie l'eau arrivant dans le cours d'eau et donc le régime d'écoulement. L'imperméabilisation du sol favorise l'augmentation de l'intensité des très grandes crues. Le changement de couvert forestier et le drainage des terres agricoles augmente légèrement les crues annuelles, mais impacte peu les grandes crues (Baran, 2008). En revanche, il favorise des étiages plus longs et plus marqués par perte de capacité de rétention des sols et milieux humides.

1.2. La notion de débit minimum pour protéger les écosystèmes

La forte diminution des débits à l'aval d'ouvrages faisant obstacle à l'écoulement a un fort impact tant hydrologique que biologique. La réglementation du débit instantané qu'un ouvrage doit laisser transiter à son aval permet de maîtriser cet impact.

1.2.1. Historique du contexte juridique (Figure 10)

Une notion qui date du début du XX^{ème} siècle

La première mention de réglementation des débits en aval des ouvrages pour préserver les espèces aquatiques apparaît en 1919 dans la **loi relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique**. En effet, les mesures prises pour la conservation et la circulation des poissons doivent être inscrites dans le cahier des charges de l'ouvrage hydraulique (Loi relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique - Article 10, 1919). Ainsi, un **débit réservé** à garantir dans le cours d'eau en aval de l'ouvrage peut être spécifiée.

La **loi relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles** (dite « loi pêche ») de 1984 définit pour la première fois la notion d'un **débit minimal** à maintenir dans le cours d'eau en aval de l'ouvrage et « *garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage* » (Code rural (ancien), 410apr. J.-C. ; Code rural et de la pêche maritime, Article L232-5). C'est le **débit minimum biologique**. Il s'agit d'un **débit instantané minimal** : la valeur du débit en aval de l'ouvrage doit lui être en tout temps supérieure ou égale afin d'assurer la vie, la reproduction et la circulation des espèces en permanence. Dans le cas des **ouvrages à construire** ou des renouvellements de concession ou d'autorisation, ce débit est fixé au **10^{ème} du module** (débit moyen interannuel), calculé sur une période d'au moins cinq ans. On parle alors de **débit plancher**. Il peut descendre jusqu'au 20^{ème} si le module du cours d'eau est supérieur à 80 m³/s. Les débits réservés des ouvrages existants en 1984 doivent peu à peu tendre vers ces valeurs. Afin de permettre une entrée en vigueur progressive, la loi fixe un premier palier moins contraignant pour les **ouvrages existants** : le débit réservé est fixé au **40^{ème} du module** (ou au 80^{ème} si le module est supérieur à 80 m³/s), à l'échéance 1987. Dans les faits, les ouvrages ont été modifiés pour permettre un débit minimal au moins égal au 40^{ème} du module, mais **l'objectif du 10^{ème} du module n'a pas été atteint** pour la plupart des ouvrages antérieurs à 1984 (Sido, 2005).

L'apport de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006

Face à ce constat, la **loi sur l'eau et les milieux aquatiques** (2006) crée l'**article L214-18 du Code de l'environnement**, au titre de la préservation des ressources en eau et des milieux aquatiques. Il **reprend et précise la « loi pêche »**. Les **ouvrages existants**, pour lesquels les débits réservés étaient pour la plupart le 40^{ème} du module, doivent être **mis aux normes** avant le 1^{er} janvier 2014 (Code de l'environnement, Article L214-18).

Concernant la valeur du débit réservé pour les nouveaux ouvrages, l'article L214-18 du Code de l'environnement est identique à l'article 410 de l'ancien Code rural créé par la Loi pêche. Toutefois, dans son application, cet article se distingue de la Loi pêche. Précédemment, le débit réservé était très souvent égal au débit plancher. À la suite de la Loi sur l'eau, une place plus grande est faite au **débit minimum biologique**, qui garantit « *en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces* ». Sa valeur, basée une étude de la réponse de l'écosystème à une réduction des débits, **est souvent supérieure au 10^{ème} du module**.

Un article précisé par deux circulaires successives

En **2009**, une **circulaire précise les modalités de mise aux normes des ouvrages existants** (MEDAD, 2009). Elle reconnaît l'impossibilité de mener une étude pour déterminer le débit minimum biologique pour l'ensemble des 50 000 ouvrages barrant les cours d'eau de France métropolitaine. Elle préconise de manière pragmatique le **relèvement des débits réservés existants au débit plancher** dans un premier temps (10^{ème} du module, 20^{ème} pour les cas spéciaux), en se concentrant prioritairement sur les « *10 % à 20 % des ouvrages ayant un usage et un responsable au titre de la police de l'eau* ». Elle prévoit néanmoins de tendre progressivement vers le débit minimum biologique via des études (MEDAD, 2009). C'est en **2011** qu'une **circulaire précise l'article L214-18 du Code de l'environnement** (MEDDTL, 2011). L'expression « débit minimum biologique » est définie, comme correspondant à la notion de « *débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* » figurant dans l'article L214-18 du Code de l'environnement. Il est souligné que ce débit est différent du débit plancher (10^{ème} du module dans la plupart des cas). Ainsi, tous les ouvrages « *permettant la dérivation ou le stockage des eaux* » doivent garantir à leur aval le débit minimum biologique, ou le débit plancher (10^{ème} du module) si celui-ci est supérieur au débit minimum biologique. Les propriétaires ou gestionnaires de l'ouvrage doivent répondre à une **obligation de résultats**. La circulaire de 2011 présente un bilan des différentes méthodes proposées depuis la Loi pêche de 1984 pour aider à la définition du débit minimum biologique. Elle donne également des pistes pour estimer le module du cours d'eau et précise les cas particuliers. Ainsi, la valeur du débit minimum biologique doit être basée sur une **étude analysant l'impact de la réduction des débits sur les espèces aquatiques** vivant en aval de l'ouvrage.

Les différents débits minimums

Débit réservé : débit instantané qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter à son aval immédiat. Il désigne la valeur **fixée par l'arrêté préfectoral ou dans les titres** de l'ouvrage.

Débit minimum biologique (DMB) : débit minimal qui, lorsqu'il est maintenu dans le lit d'un cours d'eau, garantit en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux. Il s'agit d'une **notion biologique**.

Débit plancher : 10^{ème} du module (ou 20^{ème} du module dans certains cas particuliers). Il s'agit d'un **minimum réglementaire** qui doit transiter à l'aval immédiat d'un ouvrage.

Figure 9 : Encart permettant un éclaircissement sur les définitions associées à la notion de débits minimums.

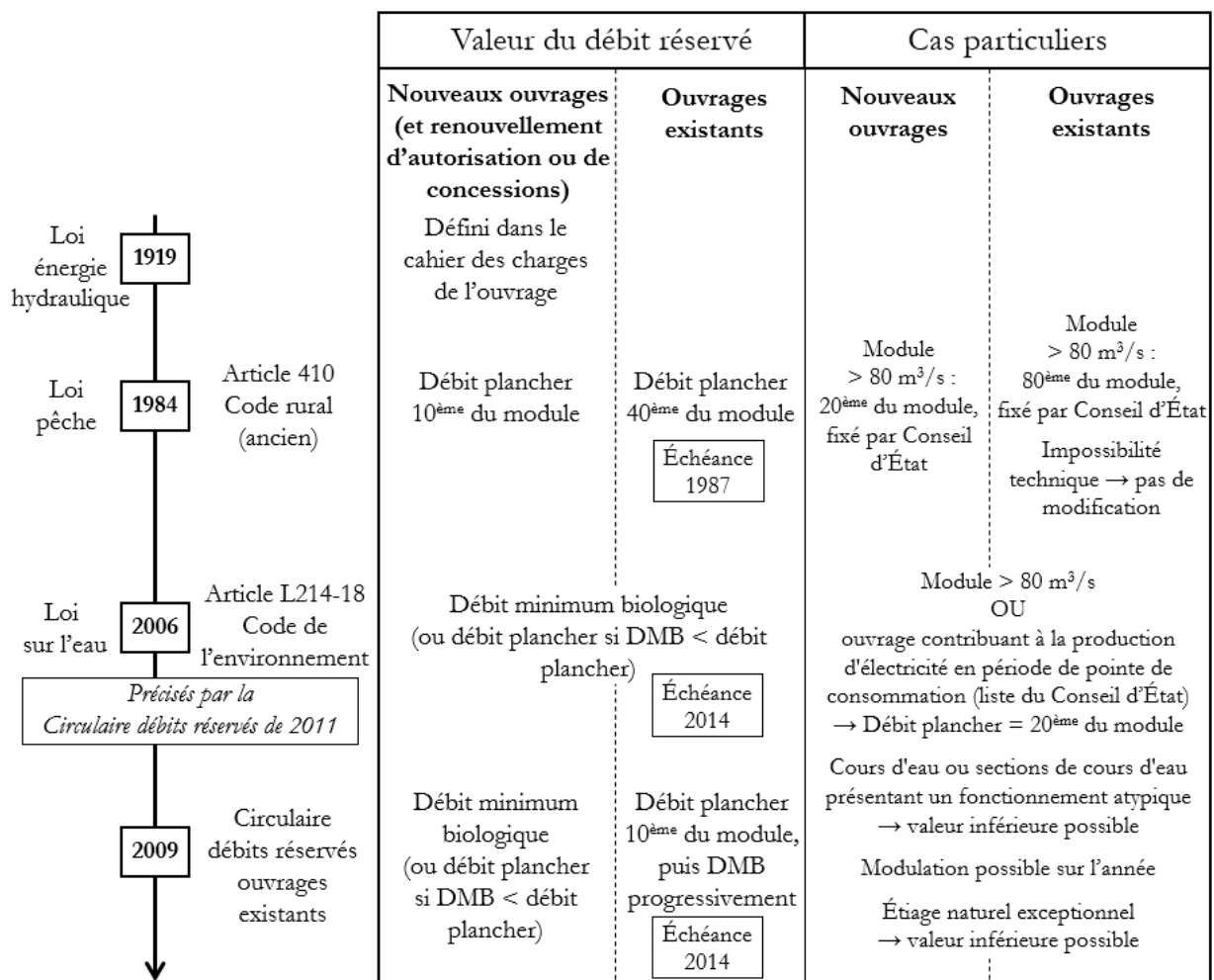


Figure 10 : Évolution juridique des valeurs du débit réservé.

Toutes les valeurs exprimées en fraction du module sont les valeurs minimums autorisées, le débit réservé pouvant être supérieur.

« Loi énergie hydraulique » : Loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique ; « Loi pêche » : Loi n°84-512 du 29 juin 1984 relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles ; « Loi sur l'eau » : Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques ; « Circulaire débits réservés ouvrages existants » : Circulaire DGALN/DEB/SDEN/EN4 du 21 octobre 2009 relative à la mise en œuvre du relèvement au 1er janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants. ; « Circulaire débits réservés de 2011 » : 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.

1.2.2. Les différentes méthodes de définition du débit minimum biologique

La valeur du débit réservé est issue de l'étude de l'impact de la réduction des débits sur les espèces aquatiques vivant en aval de l'ouvrage. En effet, la diversité des situations hydrologique, morphologique et écologique ne permet pas de définir un débit sans étudier le site. Cette étude doit être proportionnée aux enjeux écologiques et à l'impact de l'ouvrage.

La circulaire de 2011 détaille trois grands types de méthodes pour déterminer le débit minimum biologique (Baran, 2011). Elles peuvent être utilisées seules ou en combinaison (MEDDTL, 2011).

La méthode hydrologique considère qu'il est nécessaire de maintenir un débit minimal proportionnel à la situation d'étiage naturelle. Le VCN10 biennal est la valeur de débit d'étiage considérée « écologiquement pertinente » par la circulaire. Il s'agit du débit moyen minimal calculé sur dix jours consécutifs et de retour deux ans. Simple à mettre en œuvre, cette méthode constitue une

première étape incontournable lors d'une étude de détermination du débit minimum biologique. Toutefois, elle ne tient pas compte de la morphologie du cours d'eau : elle doit dans tous les cas être complétée par une **vérification de terrain** s'assurant du maintien des **connectivités latérale et longitudinale** du cours d'eau lorsque le débit est réduit au VCN10 biennal. Enfin, obtenir des valeurs de débits d'étiage non perturbées par les prélèvements peut s'avérer difficile dans certains cas.

Dans les cas où la méthode hydrologique n'est pas suffisante, deux types de méthodes nécessitant des campagnes de terrains approfondies peuvent être mises en œuvre. Les **méthodes hydrauliques** reposent sur l'étude de la **variation des paramètres hydraulique et des surfaces en eaux en fonction du débit**. Le débit réservé retenu correspond au débit de rupture pour lequel les vitesses moyennes, les profondeurs et les surfaces en eau diminuent très significativement. Si elles prennent en compte les spécificités morphologiques du site, elles ne reposent pas sur des critères biologiques.

Les **méthodes dites « d'habitats »** répondent à cette limite. Elles reposent sur le postulat que les **organismes aquatiques** présentent des **préférences** pour certaines **conditions hydrauliques** et qu'ils sont donc **affectés dans leur distribution, leur comportement et leur croissance en fonction des débits**. Ces méthodes couplent des modèles hydrauliques et des modèles biologiques pour établir une relation entre la valeur du débit et la qualité de l'habitat pour les espèces présentes, en se basant sur des mesures de terrain. La plus utilisée est la **méthode ESTIMHAB**, développée par le Cemagref en 2002 (Lamouroux, Souchon, 2002 ; Lamouroux, Capra, 2002). Ces méthodes sont lourdes à mettre en œuvre, difficile à interpréter et inadaptées à certaines situations (comme par exemple les cours d'eau de forte pente), c'est pourquoi leur utilisation ne doit pas être systématiquement envisagée.

Un autre groupe de méthodes, dites « holistiques » est également évoqué : il s'agit de méthodes qui prennent en compte l'ensemble du fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes et des aspects extérieurs à l'écosystème (aspects sociaux par exemple). Lamouroux et al. proposent ainsi en 2016 une démarche plus intégrée, qui combine prise en compte du contexte hydrologique, du contexte écologique et des usages actuels et futurs pour choisir un scénario de débit minimum biologique (Lamouroux et al., 2016).

1.2.3. Les processus de définition du débit réservé

1.2.3.1. La définition d'une valeur incombe à l'exploitant de l'ouvrage

Les articles L214-1 à L214-19 du Code de l'environnement déterminent le droit d'usage des eaux et milieux aquatiques (Code de l'environnement, Articles L214-1 à L214-19). Ils définissent la notion de **IOTA** : les Installations, Ouvrages, Travaux et Activités « *réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants* » (Article L214-1 du Code de l'environnement). Les IOTA sont soumis à un régime de **déclaration ou d'autorisation auprès des services de l'État**, en fonction des « *dangers qu'ils présentent et la gravité de leurs effets sur la ressource en eau et les écosystèmes aquatiques* » (Article L214-2 du Code de l'Environnement).

La définition du débit réservé fait partie de la démarche de déclaration ou d'autorisation (Code de l'environnement, Articles R214-1 à R214-106). Ainsi, le ou la pétitionnaire adresse aux services de l'État un dossier précisant la valeur du débit réservé et la démarche mise en place pour le déterminer, potentiellement avec l'aide d'un bureau d'études. Les services de l'État peuvent être contactés en amont de la démarche pour accompagner les pétitionnaires dans leur demande.

1.2.3.2. Les dossiers sont instruits par les services de l'État avec l'aide de l'OFB

Le rôle des services de l'État

Les services déconcentrés de l'État relaient les décisions prises par l'administration centrale (ministères) et gèrent les services de l'État au niveau local. La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) met en œuvre au niveau régional les politiques du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) et du Ministère de la Cohésion des Territoires (MCT). La Direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP) assure notamment la sécurité et la qualité sanitaire de l'alimentation et la protection de l'environnement, en gérant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Les directions départementales des territoires (DDT) ont notamment pour mission de promouvoir le développement durable et de mettre en œuvre les politiques d'aménagement du territoire à l'échelle départementale (Vie publique.fr, 2018). Ainsi, les **DDT instruisent la majorité des dossiers relatifs aux débits réservés** pour les nouveaux ouvrages ou les renouvellements d'autorisation ou de déclaration. Elles sont également en charge de la mise aux normes des ouvrages existants (MEDAD, 2009).

Pour chaque ouvrage, un **arrêté préfectoral** est publié par les services de l'État. Il précise les modalités de conception et de fonctionnement de l'ouvrage, y compris pour le débit réservé et les dispositifs de contrôles. Pour les ouvrages existants, des **arrêtés de prescription complémentaires**, modifiant ou précisant l'arrêté initial peuvent être rédigés.

Comme vu dans le paragraphe 1.1.2.2, le **nombre d'ouvrages** concernés par la détermination d'un débit réservé est **très important** (au minimum 500 ouvrages pour les stations hydroélectriques et les prises d'eaux pour les canaux), en particulier par la mise en conformité des ouvrages existants (circulaire de 2009). La plupart des dossiers nécessitent plusieurs années pour être traités : il s'agit d'une **tâche de très grande ampleur** pour les DDT.

La place de l'OFB

L'**Office Français de la Biodiversité** (OFB), créé le 1^{er} janvier 2020, regroupe les agents des anciens Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) et Agence Française pour la Biodiversité (AFB), elle-même issue de la fusion de plusieurs organismes, dont l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema), en 2017. Il est responsable de cinq missions principales :

- La connaissance, la recherche et l'expertise sur les espèces, les milieux et leurs usages ;
- La police de l'environnement et la police sanitaire de la faune sauvage ;
- L'appui à la mise en œuvre des politiques publiques ;
- La gestion et l'appui aux gestionnaires d'espaces naturels ;
- L'appui aux acteurs et la mobilisation de la société.

Il est organisé en trois niveaux : national, régional et départemental (OFB, 2020).

Le ministère de la transition écologique et solidaire publie en 2019 une note technique explicitant **l'organisation de l'appui des établissements publics aux services déconcentrés de l'Etat** dans le cadre des instructions en police administrative de l'eau et de la nature (MTES, 2019).

Ainsi, les services instructeurs peuvent solliciter l'AFB et l'ONCFS (maintenant OFB) :

- En amont de la phase d'instruction, pour un **appui technique** ou la participation à des réunions de cadrage. Les services de l'État restent toutefois les interlocuteurs directs des pétitionnaires.
- Pendant l'instruction, pour un **appui technique** sur des points de conception, de réalisation et d'exploitation du projet.
- Après l'instruction, pour **constater le non-respect** de l'arrêté préfectoral.

Ainsi, l'équipe « **appui technique** » du service **Police de la direction régionale Grand-Est** est régulièrement sollicitée par les services de l'état pour donner un avis sur les dossiers d'instructions relatifs aux débits réservés. C'est dans ce service que ce stage s'est déroulé.

1.2.3.3. Le contrôle du respect des débits réservés est réalisé par les services de l'État et l'OFB

Les services de l'État (DDT, DREAL et DDCSPP) et le service police de l'OFB coopèrent pour réaliser les **contrôles sur les débits réservés**. Les services de l'État s'occupent en particulier des aspects administratifs tandis que l'OFB gère les aspects techniques. Ainsi, des mesures de débits sont réalisées sur le terrain, afin de vérifier que les prescriptions sont bien respectées par les pétitionnaires. Deux types d'infractions peuvent se présenter : le non-respect de l'article L214-18 du CE, qui représente un délit au terme de l'article L216-7 et donne lieu à un procès-verbal, ou le non-respect d'un arrêté préfectoral, qui donne lieu à une contravention de 5^{ème} classe.

1.3. Problématisation : un travail pour améliorer l'instruction des dossiers débits réservés

Une volonté d'améliorer l'instruction des dossiers débits réservés

Les départements de la région Grand-Est présentent une **grande variété de cours d'eau et d'ouvrages** barrant le lit de ces derniers. **Différents problèmes** résultent de cette hétérogénéité et motivent ce travail, impulsé par l'unité appui technique du service police de la direction régionale de l'OFB et la DREAL Grand-Est.

Karine Schmitt, chargée de mission eau et continuité écologique à la DREAL Grand-Est, identifie plusieurs **difficultés** dans le **processus d'instruction des dossiers** débits réservés. Les débits réservés sont un sujet **complexe** et ne font pas partie des priorités identifiées au niveau national pour les services de l'État. Ainsi, c'est un sujet très technique, représentant parfois peu de dossiers, qui peuvent donc être moins maîtrisés par les services déconcentrés de l'État. Du fait de l'hétérogénéité de contexte hydrologique sur la région, certains départements sont beaucoup plus confrontés à la thématique des débits réservés. Ainsi, **l'intérêt** pour le sujet et les **compétences techniques** nécessaires sont **très variables**. De fait, les services instructeurs peuvent rencontrer des difficultés pour traiter ces dossiers et le recours à l'appui technique de l'OFB est essentiel. Cette diversité de situations et de compétences semble entraîner un **traitement hétérogène des dossiers**. Par ailleurs, un **projet de groupe de travail** à l'échelle de la région sur les débits réservés a été **abandonné** du fait de la proportion très variable de DDT concernées par cette problématique.

D'autre part, l'équipe « appui technique » du service police de la direction régionale Grand-Est de l'OFB, composée de Vincent Burgun, Florent Pierron et Julien Viillard souligne des opportunités pour **optimiser le traitement des dossiers** en permettant aux services de l'État de **gagner en autonomie** sur certaines étapes. Par exemple, certains dossiers dont l'étude est insuffisante pourraient être invalidés immédiatement par la DDT. De plus, des études lourdes (par exemple des études « habitats ») sont parfois réalisées alors qu'elles ne sont pas essentielles ou adaptées à la situation. Les **pétitionnaires** engagent donc des démarches longues et coûteuses qui pourraient être évitées.

Mise au point d'une méthode pour optimiser le traitement des dossiers

L'objectif de ce travail est de répondre à ces problèmes, en proposant une méthode standardisée de traitement des dossiers débits réservés et en fournissant des ressources homogènes à l'échelle de la région Grand-Est.

D'après l'annexe 1 de la circulaire de 2011, « les exigences et le niveau de détail de l'analyse conduisant à la détermination du débit minimum biologique [...] doivent être **proportionnés** en fonction des **enjeux écologiques présents** et des **impacts de l'ouvrage** sur le cours d'eau ». Un outil

facilitant **l'évaluation de l'impact des ouvrages** permettrait aux services instructeurs de juger si la démarche proposée est proportionnée et de réaliser un **premier tri** dans les dossiers transmis à l'OFB. L'impact de l'ouvrage correspond au croisement entre la **sensibilité du milieu** et au **niveau de pression** exercée sur le milieu par l'ouvrage. La sensibilité se définit comme la propension du milieu à être dégradé ou perturbé par un aménagement. Ainsi, fournir des **ressources** permettant de juger de la sensibilité du milieu et du niveau de pression de l'ouvrage faciliterait l'identification **d'une méthode de détermination** du débit réservé proportionnée. L'objectif de ce travail est donc de **développer une méthode**, s'approchant d'un mode opératoire, pour **favoriser un traitement homogène** des dossiers. Elle pourrait s'adresser **aux services de l'État** mais aussi aux **bureaux d'études**.

Un premier stage avait initié en 2018 une étude comparative des débits d'étiage et du débit plancher (valeur minimale au titre de l'article L214-18 CE, égal au 10^{ème} du module la plupart du temps) à l'échelle de la région. Ce travail s'inscrit dans sa continuité.

Initialement, un comité de pilotage rassemblant des représentant.e.s de l'OFB, des services de l'état (DREAL et DDT) et de l'Agence de l'eau était prévu, mais il a été abandonné du fait des complications liées à la situation sanitaire.

Dans un premier temps, une phase d'entretiens avec les services instructeurs permet **d'identifier les difficultés** rencontrées lors de l'instruction, afin de développer une méthode adaptée aux besoins. Ensuite, la **conception d'une démarche** aiguillant le choix d'une méthode de détermination du débit réservé, adaptée à l'impact et aux enjeux offre des solutions aux problèmes identifiés. Cette démarche repose sur des **ressources** offrant une vision d'ensemble sur la sensibilité et la pression à l'échelle de la région Grand-Est, dont la réalisation est finalement détaillée.

La naturalité du régime d'écoulement est essentielle au fonctionnement de l'écosystème cours d'eau. Les prélèvements en eaux de surface altèrent le régime d'écoulement et donc impactent les populations faunistiques et floristiques des cours d'eau et leurs habitats. Le code de l'environnement impose à tout ouvrage de prélèvement de laisser transiter à son aval un débit minimum, indiqué dans l'arrêté préfectoral associé. Différentes méthodes existent pour définir ce débit qui dépend du contexte hydrologique, écologique et morphologique du site. Les services de l'État sont chargés de l'instruction des dossiers portant sur ces débits minimums avec l'appui technique de l'OFB. Toutefois, dans la région Grand-Est, la grande variété de situations et de compétences entraînent une hétérogénéité et des difficultés dans le traitement de ces dossiers, certains services se reposant fortement sur l'OFB. Ce travail a pour objectif de développer une méthode d'aide à la décision pour faciliter et optimiser le traitement des dossiers. Des ressources à destination des services instructeurs et de l'OFB permettent d'étudier la sensibilité du site et la pression exercée par l'ouvrage afin de vérifier que la méthode proposée dans le dossier est proportionnée à l'impact de l'ouvrage sur le site. Afin de proposer une méthode adaptée aux futur.e.s utilisateurs et utilisatrices, une série d'entretiens permettant d'identifier les besoins est réalisée : elle est détaillée dans la partie suivante.

2. L'identification des besoins, un préalable à la conception de la démarche

Une phase préalable d'identification des besoins permet de concevoir une méthode répondant aux attentes et que les services instructeurs pourront s'approprier.

2.1. Des entretiens avec les services instructeurs permettent de rassembler les besoins

Une série d'entretiens a été menée avec les agent.e.s des DDT en charge de l'instruction des dossiers traitant des débits réservés. Du fait du confinement, ces entretiens semi-directifs ont eu lieu par téléphone. L'objectif est double : obtenir une **vision globale** sur les **connaissances et les modes opératoires** quant à l'instruction des dossiers sur les débits réservés et **rassembler les besoins** vis-à-vis du stage.

Un guide d'entretien garantissant une démarche rigoureuse

Un guide d'entretien permet d'orienter la discussion pour obtenir les réponses nécessaires, tout en laissant un certain degré de liberté à la personne interviewée pour s'exprimer. Il est organisé en trois parties (Annexe 1) :

- **L'importance du sujet** des débits minimums et **l'intérêt** qu'il suscite au sein de la DDT,
- Les **pratiques et les difficultés rencontrées** par les services instructeurs sur la thématique des débits réservés,
- Des suggestions sur le **fond et la forme** de la méthode.

Un document schématisant la démarche de détermination du débit réservé d'après les circulaires de 2009 et de 2011 est envoyé aux agent.e.s en amont des discussions. Le guide n'est pas transmis.

Le guide d'entretien a été testé auprès d'un agent d'un service instructeur ayant une bonne connaissance du sujet. Malgré ces premières corrections, il est **amélioré au fil des entretiens**, afin d'adapter la pertinence de certaines questions et de mieux répondre aux objectifs.

Une analyse croisée des entretiens permettant de répondre aux objectifs.

L'analyse croisée des notes prises lors des entretiens permet de souligner les **similitudes et les différences entre les dix DDT** de la région Grand-Est. Elle s'articule autour de **cinq axes** :

- L'importance du sujet « débit réservé » ;
- L'intérêt montré pour la thématique ;
- Les pratiques mises en œuvre ;
- Les besoins identifiés (besoins techniques, questions sur des points particuliers et outils demandés, dont les suggestions sur le fond et la forme) ;
- La connaissance et technicité globale sur le sujet.

2.2. Des entretiens qui valident et précisent les objectifs du stage

Quatorze entretiens semi-directifs téléphoniques ont été réalisés, avec vingt agent.e.s des services en charge de l'eau et l'environnement des dix départements de la région Grand-Est. Ces entretiens permettent d'obtenir des données qualitatives et n'ont pas pour objectif d'être traités quantitativement.

Par simplification rédactionnelle, les dossiers portant tout ou en partie sur une question de débit réservé seront dans la suite désigné comme « dossiers débit réservé ».

Un sujet représentant une faible part des dossiers instruits mais appelé à prendre de l'importance

La nature des dossiers traités dépend des départements et de leurs spécificités territoriales : par exemple, les zones en amont des bassins versants regroupent de nombreuses centrales hydroélectriques tandis que les plaines sont plus agricoles.

Les problématiques de débits réservés sont souvent « **à la marge** » **de dossiers plus importants**, tels que les renouvellements d'autorisation de centrales hydro-électriques ou les dossiers de rétablissement de la continuité écologique. De plus, elles sont présentes dans une **faible part des dossiers instruits** par les services des DDT. Enfin, la réflexion sur les débits réservés n'est pas toujours enclenchée dans les dossiers de prélèvements agricoles en eaux de surface.

Enfin, les agent.e.s interviewé.e.s s'attendent globalement à une **augmentation de la problématique dans le futur**. En effet, du fait du changement climatique, les assecs sont de plus en plus répétés en été et l'irrigation agricole est en expansion. De plus, dans certains départements comme les Vosges, les renouvellements d'autorisation des centrales hydro-électrique à venir devrait relancer le sujet.

Des compétences techniques très variables mais fortement liées à l'ancienneté et à l'intérêt pour le sujet

Les compétences techniques des agent.e.s en charge de l'instruction sont **très variables selon les départements**. En effet, beaucoup ne sont pas formés en hydrologie ou en environnement : ils ou elles **développent des compétences et rassemblent des informations au fil des dossiers** rencontrés. N'ayant pas le temps ou les ressources nécessaires pour développer une expertise dans l'ensemble des domaines instruits, leurs compétences **dépendent de leur ancienneté et de leur intérêt personnel** pour le sujet.

Les personnes interviewées insistent très souvent sur **l'importance de l'appui technique prodigué par l'OFB**, qui joue un rôle plus ou moins grand dans l'instruction des dossiers « débits réservés », en fonction de leur complexité et des compétences des agent.e.s en charge de l'instruction.

Cette hétérogénéité peut être illustrée par la capacité à vérifier les calculs de reconstitution du module proposés par les pétitionnaires (ou les bureaux d'étude engagés). Le calcul du module est une étape nécessaire à la détermination du débit réservé. Dans le cas de l'absence de données fiables sur les débits du cours d'eau concernés, le module doit être reconstitué, par exemple en identifiant un cours d'eau semblable pour lequel des données fiables sont disponibles. Ainsi, dans quatre des dix DDT, les agent.e.s semblaient très bien maîtriser la question de la reconstitution du module, tandis que dans les six autres, la vérification des calculs du module apparaissait comme difficile voire impossible sans l'appui technique de l'OFB, en particulier dans le cas où aucune station d'hydrométrie non influencée n'est disponible à proximité du projet étudié.

Différentes difficultés rencontrées lors de l'instruction des dossiers « débits réservés » sont ressorties au cours des discussions, en particulier :

- Connaître des ordres de grandeurs du débit réservé, avoir un regard critique sur les calculs proposés par les bureaux d'études,
- Reconstituer le module,
- Comprendre et interpréter les méthodes habitats,
- Dimensionner les dispositifs de restitution du débit,
- Mettre en œuvre des dispositifs de suivi et de contrôle du débit.

Il s'avère ainsi que, comme l'expliquait un.e des agent.e.s au cours d'un entretien, le sujet des débits réservés est « **sous-traité, mais pas parce qu'il n'y a pas d'enjeux** », plutôt par manque de compétences. Il apparaît que si les dossiers portant tout ou en partie sur les débits réservés **ne sont pas les dossiers les plus nombreux**, ils sont perçus comme étant **très complexes à instruire**.

Une démarche de traitement des dossiers hétérogène sur la région Grand-Est

Le traitement des dossiers « débits réservés » est **très variable selon le département et les compétences** des agent.e.s en charge de l'instruction. Le recours à **l'appui technique de l'OFB est systématique** sur la très grande majorité des dossiers (à l'exception d'un département qui n'y recourt que pour les demandes ou renouvellements d'autorisation). Toutefois, il semblerait que les cas dans lesquels il est nécessaire de déterminer un débit réservé ne soient pas toujours bien identifiés : dans le cas d'un plan d'eau ou d'un prélèvement agricole, la réflexion sur les débits minimum est rarement enclenchée.

Ainsi, sur les dix DDT de la région :

- Quatre se contentent dans la grande majorité des cas du 10^{ème} du module, se reposant sur ce qui est proposé par les pétitionnaires ;
- Une détermine le débit réservé grâce à la méthode hydrologique, en sélectionnant le maximum entre le VNC10 biennal et le 10^{ème} du module ;
- Deux se reposent uniquement sur l'OFB, qui propose une méthode adaptée à la situation ;
- Trois s'adaptent à la situation en proposant la méthode la plus appropriée, en vérifiant ce que propose les pétitionnaires (souvent un mélange des méthodes hydrologiques, hydraulique et d'habitats), en coopération avec l'OFB. Il s'agit des départements où les agent.e.s apparaissent comme ayant le plus d'expériences et de compétences sur le sujet des débits réservés.

Le **recours à une étude « débit minimum biologique »** est très souvent réservé **aux dossiers les plus importants** (demande ou renouvellement d'autorisation). Dans deux départements sur dix, aucune étude DMB approfondie (« habitats ») n'a jamais été réalisée.

L'idée d'une méthode homogène accueillie avec enthousiasme

Lors des entretiens, certain.e.s agent.e.s paraissent **démuni.e.s** face à la problématique des débits réservés. Ils ou elles déplorent les limites de leurs compétences et le manque de méthode dans le traitement de ces problématiques, à la fois par les pétitionnaires et les agent.e.s en charge de l'instruction. Ainsi, la très grande majorité des personnes interviewées a fait preuve d'un **grand enthousiasme** face au développement d'une méthode pour traiter les dossiers de débits réservés, en particulier en **amont de l'instruction** pour guider les pétitionnaires. L'accent a souvent été mis sur l'importance d'avoir une méthode **homogène et justifiable auprès des pétitionnaires**. Toutefois, il a souvent été souligné que cette méthode **ne pourrait se substituer à l'accompagnement effectué par l'OFB**, ce qui a parfois semblé être une crainte des personnes interviewées lors de la présentation de l'objectif du travail.

Les entretiens permettent d'identifier des attentes

Cette série d'entretien a permis d'identifier les **attentes globales des services instructeurs** quant à une aide à l'instruction des dossiers « débits réservés ». Il s'agirait d'un **mode opératoire « clé en main »**, qui présenterait les différentes méthodes possibles, leurs avantages et inconvénients et aiguillerait le **choix d'une méthode en fonction de la situation**. Cette méthode pourrait ainsi être imposée aux pétitionnaires **en amont de l'instruction** et permettrait d'orienter leur demande, en particulier pour les projets de faible envergure pour lesquels les pétitionnaires n'embauchent pas de bureau d'études.

Il a souvent été souligné que des **supports de vulgarisation** et des éléments de langage seraient intéressants pour expliquer aux pétitionnaires **l'importance de la mise en place de débit réservé**.

Lors des entretiens de récolte des besoins, des **attentes sur des points spécifiques** ont été soulignées (Tableau 1).

Tableau 1 : Attentes sur des points spécifiques évoqués lors des entretiens avec les agent.e.s des DDT. Il s'agit de méthodes ou ressources dont les interviewé.e.s auraient besoin ou de cas particuliers qui leur posent problème. Il n'a pas été possible de tous les prendre en compte dans ce travail.

Méthodes ou ressources évoquées	Cas particuliers posant question
<ul style="list-style-type: none"> - Documents de vulgarisation et communication ; - Une méthode ou des ressources pour reconstituer le module en cas d'absence de station sur le cours d'eau ; - Des clés de compréhension et d'interprétation des méthodes « habitats » telles que la méthode ESTIMHAB ; - Des clés sur la définition et le dimensionnement des dispositifs de restitution du débit réservé ; - La mise en place d'un retour d'expériences sur les dispositifs de contrôle des débits réservés ; - Un guide d'analyse permettant la vérification des propositions faites par les bureaux d'études, en particulier permettant de savoir si le dossier est complet et d'avoir un regard critique sur les calculs ; - Une cartographie des cours d'eau au fonctionnement atypique de la région. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumul d'infrastructures successives ; - Captage (intégral) de sources pour l'alimentation en eau potable ; - Fonctionnement par éclusées ; - En période d'étiage, l'obligation de fermeture totale du biefs ou canaux d'amenées pose parfois question, en particulier pour préserver des espèces protégées ou de bâtiments architecturaux ; - Plan d'eau en barrage, et en particulier pour le contrôle du respect du débit réservé lorsque les plans d'eau sont en cours de remplissage ; - La mise en place d'un mode opératoire adapté aux agriculteurs dans le cas où les prélèvements souterrains à proximité des cours d'eau phréatiques viendraient à être considérés comme des prélèvements de surface (Alsace).

2.3. Une démarche d'entretiens toutefois perfectible

Différentes limites doivent être soulignées. Tout d'abord, malgré un premier test, le guide d'entretien a évolué au fil des entretiens. Ainsi, des informations manquent de clarté pour certaines DDT, en particulier les cas dans lesquels une étude DMB est demandée ou les cas sur lesquels il est fait appel à l'OFB. De plus, ces entretiens ont été réalisés en début de la période de stage : la compréhension du sujet et des enjeux a progressé au fil des entretiens. De fait, certains points évoqués par les interviewé.e.s n'ont pas été assez approfondis par manque de relances pertinentes.

Les entretiens avec les services en charge de l'instruction de dossiers « débits réservés » montrent que cette thématique représente une faible part des dossiers instruits mais qu'elle est très complexe. Les compétences des agent.e.s sont développées en fonction du nombre de dossiers reçus, de leur ancienneté et de leur intérêt : elles sont donc inégales selon le département. Ainsi, le niveau de questionnement de la proposition du dossier varie beaucoup sur la région Grand-Est. L'appui technique de l'OFB est très demandé et le caractère essentiel de son rôle est souvent souligné. Il est attendu que l'importance de la problématique augmente du fait du changement climatique. En conséquence, la possibilité de développer des compétences et la proposition d'une méthode homogène à la région a globalement été accueillie avec enthousiasme. Les entretiens ont permis d'identifier les attentes principales quant à cette méthode. Elle devra être facile à prendre en main et efficace afin d'être appropriée par l'ensemble des services instructeurs de la région, tout en s'adaptant aux différents niveaux de compétence des agent.e.s. La mise au point de cette méthode et le résultat qui en découle sont présentés dans la partie suivante.

3. Une démarche conçue pour aiguiller le choix d'une méthode de détermination du débit réservé

Plusieurs méthodes de détermination du débit réservé existent, chacune nécessitant un investissement différent (§ 0). La méthode issue de ce travail a donc pour objectif **d'aiguiller le choix de la méthode de détermination du débit réservé**, en fonction des **enjeux écologiques** et de **l'impact de l'ouvrage**, en accord avec la circulaire de 2011 (MEDDTL, 2011).

3.1. Un compromis nécessaire entre précision et efficacité

Une méthode basée sur un travail de rassemblement de l'existant

La méthode mise au point s'inspire de doctrines proposées dans **d'autres régions ou départements**, en particuliers celles de Bourgogne-Franche-Comté (Borderelle, Huger, 2012 ; Onema DR Rhône-Alpes, 2013 ; DDT Eure, 2014 ; Baran et al., 2015). Ces doctrines guident les services instructeurs dans le choix d'une méthode à retenir pour la détermination du débit réservé. En fonction de l'impact de l'ouvrage, le choix est fait de rester au débit plancher (10^{ème} du module), de retenir la valeur d'un indicateur d'étiage comme débit réservé (méthode hydrologique) ou de demander la réalisation d'une étude débit minimum biologique plus approfondie par un bureau d'études.

Elle repose également sur des **recherches bibliographiques** sur l'importance du régime d'écoulement naturel et de l'impact des ouvrages construits en cours d'eau et des prélèvements en eaux de surface (§ 1.1.).

Évolution d'une méthode vers une démarche

Lors des entretiens, les services instructeurs ont souvent demandé une **méthode opérationnelle**, leur permettant de traiter facilement les dossiers et de **déterminer une valeur de débit réservé**. Toutefois, **chaque situation est particulière**, du fait des caractéristiques du milieu impacté et de l'ouvrage. La situation détermine la méthode à utiliser, mais aussi les dispositifs de restitution et de contrôle du débit à mettre en place.

Ainsi, il est nécessaire de trouver un **équilibre** entre un **mode opératoire trop simplificateur** de la diversité des cours d'eau et de **simples orientations** qui ne permettraient pas aux services instructeurs de prendre des décisions. De plus, la technicité et l'intérêt des services instructeurs sur le sujet des débits réservés varie fortement selon les départements : la méthode doit donc s'adapter à l'utilisateur ou utilisatrice.

Il ne s'agit donc pas d'une « méthode » fournissant une valeur de débit réservé à la sortie, mais plutôt d'une **démarche** aiguillant les services instructeurs sur les **éléments à examiner**, permettant de **traiter les cas les plus simples** et fournissant des **ressources** pour traiter les cas les plus complexes.

Une méthode visant trois objectifs

L'objectif de la méthode est triple. Elle doit permettre d'assurer un **traitement uniforme des dossiers** « débit réservé » sur la région, de **gagner en efficacité** et en autonomie pour les services instructeurs et de donner une **vision d'ensemble et des ressources homogènes** à l'échelle de la région pour faciliter le traitement des dossiers.

Cette méthode doit permettre **d'identifier les cas** dans lesquels une **implication de l'OFB n'est pas nécessaire**. Il s'agit des cas où l'étude proposée par les pétitionnaires est trop sommaire par rapport à l'impact de l'ouvrage et peut donc être immédiatement refusée par les services instructeurs. Elle sert aussi **d'alerte** pour ne pas passer à côté de sites très sensibles dont les dossiers appellent une **attention particulière**.

3.2. Une démarche reposant majoritairement sur l'appréhension de l'impact de l'ouvrage

La démarche est composée de **trois éléments** : un arbre des décisions, des fiches-précisions et une boîte à outils. La **complexité et le niveau de précision** qu'ils proposent est croissant, pour s'adapter à la volonté d'approfondissement et aux compétences de l'utilisateur ou utilisatrice. Un power-point présente la démarche, ses objectifs, ses limites et comment l'utiliser (Annexe 7). Il est complété par une note qui précise les moyens utilisés pour mettre au point les ressources.

L'arbre des décisions constitue la base de la démarche

L'arbre des décisions est le point d'entrée dans la démarche (Figure 11). Ce schéma a trois objectifs. Tout d'abord, il identifie le **contexte réglementaire du dossier**, c'est à dire par quelle circulaire (2009 ou 2011) il est concerné et la **démarche qui en découle**. Ensuite, dans le cas de la détermination d'un débit minimum biologique (circulaire de 2011), il aiguille le **choix d'une méthode** de détermination du débit réservé **proportionnée à l'impact** de l'ouvrage et aux enjeux. Enfin, il oriente vers les **fiches-précisions**.

Les fiches-précisions complètent l'arbre des décisions et facilitent l'appréhension de l'impact (Annexe 6)

Des fiches, basées en majorité sur les textes juridiques, **détaillent des points plus complexes** (Tableau 2). Elles présentent également des ressources créées lors du stage pour faciliter l'appréhension de **l'impact** de l'ouvrage, en fonction de la sensibilité du milieu et du niveau de pression de l'ouvrage (§4.). Enfin, elles orientent vers des ressources techniques ou bibliographiques rassemblées dans la boîte à outils.

Tableau 2 : Liste des fiches associées à l'arbre des décisions. Les fiches complètes sont disponibles en annexe 6.

Titre de la fiche	Présentation du contenu
Les différentes méthodes de détermination du débit minimum biologique.	Résume l'annexe 2 de la circulaire de 2011 et fournit des liens vers des ressources.
Déterminer le module du cours d'eau.	Rassemble des ressources techniques pour faciliter la détermination du module en l'absence de station jaugée.
Cas où le cours d'eau présente un fonctionnement atypique.	Résume les annexes 1 et 4 de la circulaire de 2011 et fournit des liens vers des ressources.
Demande de modulation du débit réservé.	Détaille les modalités de la modulation du débit réservé.
Cas d'une source entièrement capté.	Identifie un cas flou dans la législation.
Déterminer la sensibilité hydrologique.	Rassemble le contenu produit dans la partie 4.1. et explique comment s'en servir.
Déterminer la sensibilité écologique.	Rassemble le contenu produit dans la partie 4.2. et explique comment s'en servir.
Déterminer la sensibilité morphologique.	Rassemble le contenu produit dans la partie 4.3. et explique comment s'en servir.
Déterminer le niveau de pression.	Rassemble le contenu produit dans la partie 4.3. et explique comment s'en servir.

L'élaboration de ces fiches a nécessité une lecture approfondie des textes de loi et a suscité des discussions avec l'équipe « appui technique ». Les décisions prises, parfois avec l'avis de Pierre Sagnes chef du pôle de recherche et développement en éco-hydraulique (centre d'expertise de l'OFB en charge de la thématique DMB) permettront également d'homogénéiser le traitement des dossiers en interne.

Des ressources répondent aux difficultés identifiées lors des entretiens

Lors des entretiens, des difficultés liées à **certains points techniques** ont été régulièrement évoquées, comme par exemple pour la reconstitution du module en cas d'absence de station jaugée, la compréhension et l'interprétation des méthodes « habitats », le dimensionnement des dispositifs de restitution du débit réservé et les dispositifs de contrôle du débit. Des échanges avec des personnes ressources et un benchmark ont permis de **rassembler des ressources sur ces sujets**. Elles sont disponibles dans la boîte à outils (liste complète en Annexe 2). Les fiches-précisions flèchent vers la plupart de ces ressources.

3.3. Une démarche qui accompagne l'instruction des dossiers

A qui cette démarche est-elle destinée ?

Cette démarche a été mise au point à **destination des services instructeurs**. Elle pourra être utilisée tout au long du processus d'instruction des dossiers « débits réservés ». Tout d'abord, en **amont de l'instruction**, pour **orienter les pétitionnaires** sur la démarche à mettre en œuvre, puis **lors de l'instruction** pour vérifier le contexte réglementaire, vérifier que l'étude est proportionnée à l'impact de l'ouvrage et rédiger les arrêtés préfectoraux, mais aussi **occasionnellement** en appui sur d'autres thématiques liées aux débits réservés. Les ressources produites au cours du stage serviront également à **l'OFB**, par exemple pour identifier des **zones de contrôles prioritaires**. À terme, une version de cette démarche destinée aux pétitionnaires pourra être produite. Il s'agit toutefois d'un guide qui n'a pas de portée réglementaire.

Comment utiliser cette démarche pour déterminer l'impact ?

Le **choix d'une méthode** de détermination du débit réservé dépend de **l'impact de l'ouvrage sur le milieu**. L'impact de l'ouvrage correspond au **croisement entre la sensibilité du milieu et au niveau de pression** exercée sur le milieu par l'ouvrage. La **sensibilité** se définit comme la propension du **milieu** à être **dégradé ou perturbé par un aménagement**. Elle est approchée dans ce travail selon trois axes : le régime hydrologique, les espèces présentes et la morphologie du cours d'eau.

Ainsi, la démarche fournit des ressources permettant d'appréhender la sensibilité du site et le niveau d'impact (§4. et fiches en Annexe 6). Leur croisement donne un niveau d'impact. L'insertion du site dans une zone à enjeux (cours d'eau classés ou prioritaires, espaces protégés) engendre une évaluation à la hausse du niveau de sensibilité écologique.

Si l'impact est fort, une étude DMB détaillée est nécessaire, a contrario, s'il est très faible, le choix du débit plancher comme débit réservé peut être suffisant. C'est par exemple le cas lorsque le débit d'étiage (VCN10 biennal) est inférieur au 10^{ème} du module. Ainsi, la démarche souligne les **points à prendre en compte** pour **prendre une décision**, mais le **choix final** de la méthode à utiliser pour déterminer le débit réservé **est laissé à l'utilisateur ou l'utilisatrice**.

Lors de l'instruction, si la méthode proposée dans le dossier est **proportionnée à l'impact**, il peut être **transmis à l'OFB** pour avis technique ; sinon il est **refusé sans avoir besoin de faire appel à l'OFB**.

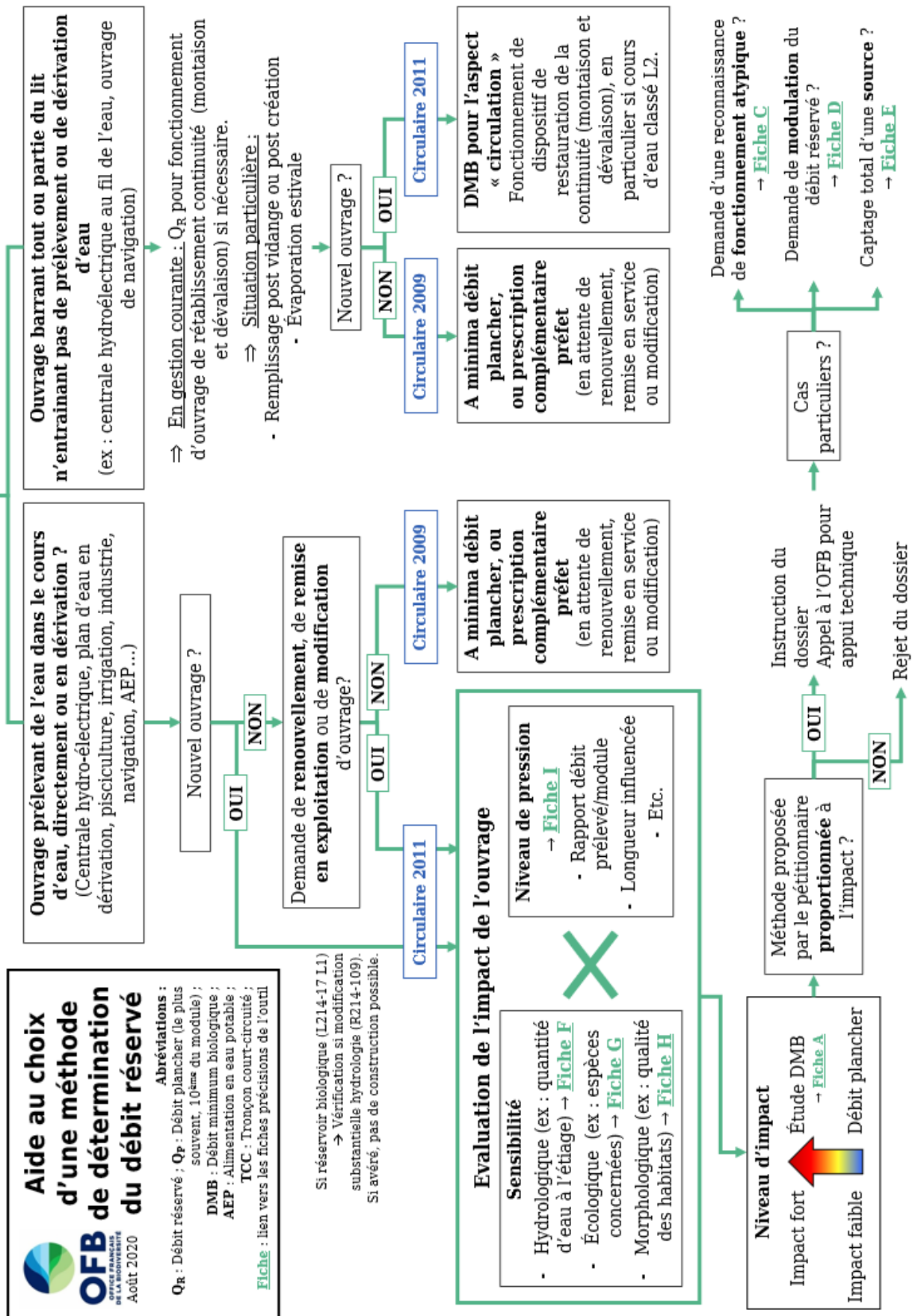


Figure 11 : Arbre des décisions à utiliser au début de la démarche.

3.4. Une conception qui pourra être améliorée

La démarche issue de ce travail présente plusieurs limites.

Tout d'abord, elle ne répond pas complètement à la nécessité d'un **mode opératoire** soulignée lors des entretiens. Initialement, il était prévu de réaliser un tableau croisant les différents niveaux de sensibilité et de pression et y associant une méthode, à l'image de la doctrine produite par l'Onema Bourgogne-Franche-Comté (Borderelle, Huger, 2012). Toutefois, cette idée a été écartée. En effet, des bornes permettant de trancher entre deux niveaux de sensibilité ou de pression semblent trop arbitraires et trop immuables. En effet, tous les sites et les ouvrages ont des caractéristiques différentes. Il est donc compliqué de choisir des seuils quantitatifs permettant de discriminer les niveaux de sensibilité ou de pression. Par exemple, la création d'un tronçon court-circuité de 500 mètres de long peut constituer une pression non négligeable sur un petit cours d'eau mais ne pas avoir d'impact important sur un cours d'eau de taille notable en plaine. Il a été choisi de mettre l'accent sur l'importance de **s'adapter à la situation**, tout en fournissant des ressources pour s'y adapter.

La démarche ne donne finalement **pas de solution simple** : elle aiguille l'utilisateur ou l'utilisatrice. Une **première phase de test** par des agent.e.s maîtrisant le sujet des débits réservés permettra de la mettre à l'épreuve et de l'améliorer, pour éventuellement la diffuser aux pétitionnaires. De plus, certaines demandes spécifiques des services de l'État n'ont pas été satisfaites. En particulier, aucun document de communication n'a été produit par manque de temps.

D'autre part, la principale limite de cette démarche tient dans son **échelle**. En effet, elle se limite à l'échelle de l'ouvrage. Une réflexion plus **holistique**, tenant compte de l'ensemble des usages et des prélèvements à l'échelle du bassin versant semble être la seule solution pour s'adapter au changement climatique en cours. C'est la démarche proposée par le Creseb dans son guide élaboré en Bretagne (Baran et al., 2015). La définition de débits minimums biologique à l'échelle d'un cours d'eau ou d'une masse d'eau constitue une autre approche intéressante, lorsque elle est possible, tel que réalisé sur la Doller et la Lauch, dans le Haut-Rhin (Balufin, 2016). Ces réflexions intégrées complètent les démarches sur les débits objectifs d'étiage, définis dans le SDAGE et permettant d'atteindre le bon état des eaux au sens de la DCE tout en satisfaisant « *l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix* » (MEDD, 2006).

Un arbre des décisions permet tout d'abord à l'utilisateur ou l'utilisatrice d'identifier le contexte réglementaire du dossier. Il flèche vers des fiches-ressources qui guident l'appréhension de l'impact de l'ouvrage sur le site et détaillent des points particuliers, comme par exemple la modulation du débit réservé. Enfin, des ressources sur le thème des débits minimums sont rassemblées, ce qui favorise leur accessibilité. Cette démarche propose un panel d'outils permettant un approfondissement croissant du sujet des débits minimums. Elle s'adapte aux compétences et aux connaissances de l'utilisateur ou l'utilisatrice, afin que l'ensemble des agent.e.s puissent se l'approprier. Une phase de test avec les services instructeurs permettra de vérifier si elle répond aux objectifs et de l'améliorer. L'appréhension de l'impact de l'ouvrage sur le site permet de vérifier que la méthode de détermination du débit réservé proposée dans le dossier est adaptée. L'impact correspond au croisement entre le niveau de pression de l'ouvrage et la sensibilité du site. Celle-ci est évaluée selon trois axes : sensibilité hydrologique, écologique et morphologique. Des ressources sont disponibles pour faciliter l'estimation de l'impact : leur conception est détaillée dans la partie suivante.

4. La production de ressources sur la sensibilité, prérequis pour l'utilisation de la démarche

Le **choix d'une méthode** de détermination du débit réservé dépend de **l'impact de l'ouvrage sur le milieu**. L'**impact** de l'ouvrage correspond au **croisement entre la sensibilité du milieu et au niveau de pression** exercée sur le milieu par l'ouvrage. La **sensibilité** se définit comme la propension du **milieu** à être **dégradé ou perturbé par un aménagement**.

Ainsi, fournir des **ressources** permettant de juger de la sensibilité du milieu et du niveau de pression de l'ouvrage facilitera le **choix d'une méthode de détermination du débit réservé** par les services instructeurs. Ces ressources doivent être **disponibles et homogènes** pour l'ensemble de la **région Grand-Est**. La **sensibilité** est approchée dans ce travail selon trois axes : le **régime hydrologique**, les **espèces présentes** et la **morphologie** du cours d'eau.

Un ouvrage barrant partiellement ou totalement le lit d'un cours d'eau et permettant une dérivation ou un stockage de l'eau **influence le régime d'écoulement naturel** de multiples manières. Toutefois, la démarche concerne ici les débits réservés. Pour des raisons de simplification, le travail sur la sensibilité portera donc principalement sur **la réponse du milieu à une réduction des débits**. La sensibilité à la réduction de la continuité écologique sera parfois considérée.

4.1. La cartographie de la sensibilité hydrologique est basée sur l'étude des débits d'étiage

4.1.1. L'objectif : décrire la sensibilité hydrologique

Les **bas débits** sont des périodes très contraignantes, qui régulent les **processus** de l'écosystème (Poff, Zimmerman, 2010). Maintenir un **débit proportionnel à la situation naturelle** au niveau des ouvrages permettrait alors de garantir un **niveau minimum de perturbations** du régime d'écoulement naturel (Baran, 2011).

L'étiage est la période de l'année où le cours d'eau atteint son débit le plus faible. Un milieu où les périodes d'étiages sont caractérisées par des débits très bas sera susceptible de mieux supporter une diminution des débits engendrée par un ouvrage. Ainsi, la **sensibilité hydrologique** d'une portion de cours d'eau est **fonction de la quantité d'eau en étiage** : plus il y a d'eau dans le cours d'eau en étiage, plus sa sensibilité à une diminution importante des écoulements augmente. La **sensibilité hydrologique est décrite par le rapport entre le débit d'étiage et le module** (débit moyen annuel). Plus le rapport est élevé, plus il y a d'eau dans le cours d'eau en période de basses eaux et donc plus le milieu est sensible à une diminution artificielle des débits. C'est le principe à l'origine des méthodes hydrologiques de détermination du débit réservé (Baran, 2011).

L'objectif est de choisir **un ou des descripteur.s pertinent.s de la sensibilité hydrologique** et de **cartographier la sensibilité hydrologique des cours d'eau de la région Grand-Est**.

4.1.2. Un travail utilisant les données de la banque HYDRO

Les données de débit utilisées pour étudier les étiages de la région Grand-Est sont les données fournies par la **banque HYDRO**. Cette banque rassemble les mesures de hauteurs d'eau en provenance des stations de mesures implantées sur les cours d'eau français. Grâce à des courbes de tarage, elle **calcule**, par station, **les débits instantanés, mensuels, les débits d'étiages, de crues**, etc. (MEDDE, 2015). Trois cent quarante-deux stations sont disponibles à l'échelle de la région Grand-Est (Figure 12).

Deux groupes de variables sont intéressants pour ce travail : les **débits d'étiages** et les **informations sur les stations**, qui permettent de contextualiser et de cartographier les résultats (Tableau 3). Différents **descripteurs** sont disponibles pour caractériser le **régime d'étiage**, les onze plus communs sont sélectionnés et seront utilisés pour **l'étude de la sensibilité hydrologique** (Tableau 4).

Les données utilisées sont produites par la **DREAL Grand-Est**. Elles ont été exportées les 28 et 29 mai 2020. Pour chacune des « stations à signification hydrologique », c'est-à-dire situées sur des cours d'eau à régime naturel, en service et hors service, des dix départements de la région, les fiches d'information sur les stations et les fiches « synthèses » présentant les calculs de débits ont été exportées (exemple d'une fiche « Synthèse » en annexe 8).

Du fait de la transition en cours entre les plateformes HYDRO 2 et HYDRO 3, le format des données exportées de la banque HYDRO ne permet pas leur exploitation directe sans une remise en forme fastidieuse. Ces données ont été mises en forme sur Excel, afin de récupérer les variables intéressantes pour l'exploitation.

Les stations pour lesquelles les chroniques sont trop courtes pour permettre les calculs des valeurs d'étiages, les stations servant uniquement à l'annonce de crues et les stations hors-services dont les données sont reprises par des stations actuellement en activité ont été retirées.

Tableau 3 : Liste des informations sur les stations exportées depuis la banque HYDRO. Ces informations permettront de contextualiser et de cartographier les résultats de sensibilité obtenus grâce aux débits d'étiage.

Informations sur la station
- Code station
- Nom de la station
- Nom du cours d'eau
- Département
- Coordonnées GPS de la station (en Lambert II étendu)
- Caractère influencé des mesures (pas ou faiblement, fortement, fortement en étiage, non renseigné)
- Qualité de mesure en basses eaux (bonne, douteuse, non renseignée)
- Année de mise en service de la station
- Durée des chroniques disponibles (Nombre d'années)
- Unité du débit (m ³ /s ou L/s)
- Superficie du bassin versant (en km ²)

Tableau 4 : Liste des indicateurs d'étiages étudiés et leur définition (glossaire Eau & Milieux Aquatiques).

Indicateur d'étiage	Définition (Office International de l'Eau, 2020 ; Triplet, 2020),
QMNA	Débit mensuel minimal de chaque année civile : moyenne des débits journaliers du mois d'étiage (mois calendaire pour lequel le débit moyen est le plus faible sur l'année). La valeur fournie est la moyenne des QMNA de chaque année pour toute la durée de la chronique.
QMNA2	Débit d'étiage mensuel biennal : débit d'étiage mensuel qui se produit en moyenne une fois tous les deux ans (ou ayant la probabilité 1/2 de ne pas être dépassé une année donnée).
QMNA5	Débit d'étiage mensuel quinquennal : débit d'étiage mensuel qui se produit en moyenne une fois tous les cinq ans (ou ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée).
VCN3(2)	Débit moyen minimal annuel calculé sur 3 jours consécutifs qui se produit en moyenne une fois tous les deux ans.
VCN3(5)	Débit moyen minimal annuel calculé sur 3 jours consécutifs qui se produit en moyenne une fois tous les cinq ans.
VCN10(2)	Débit moyen minimal annuel calculé sur 10 jours consécutifs qui se produit en moyenne une fois tous les deux ans.
VCN10(5)	Débit moyen minimal annuel calculé sur 10 jours consécutifs qui se produit en moyenne une fois tous les cinq ans.
Q80	Débit journalier dépassé en moyenne 80% des jours de l'année.
Q90	Débit journalier dépassé en moyenne 90% des jours de l'année.
Q95	Débit journalier dépassé en moyenne 95% des jours de l'année.
Q99	Débit journalier dépassé en moyenne 99% des jours de l'année.

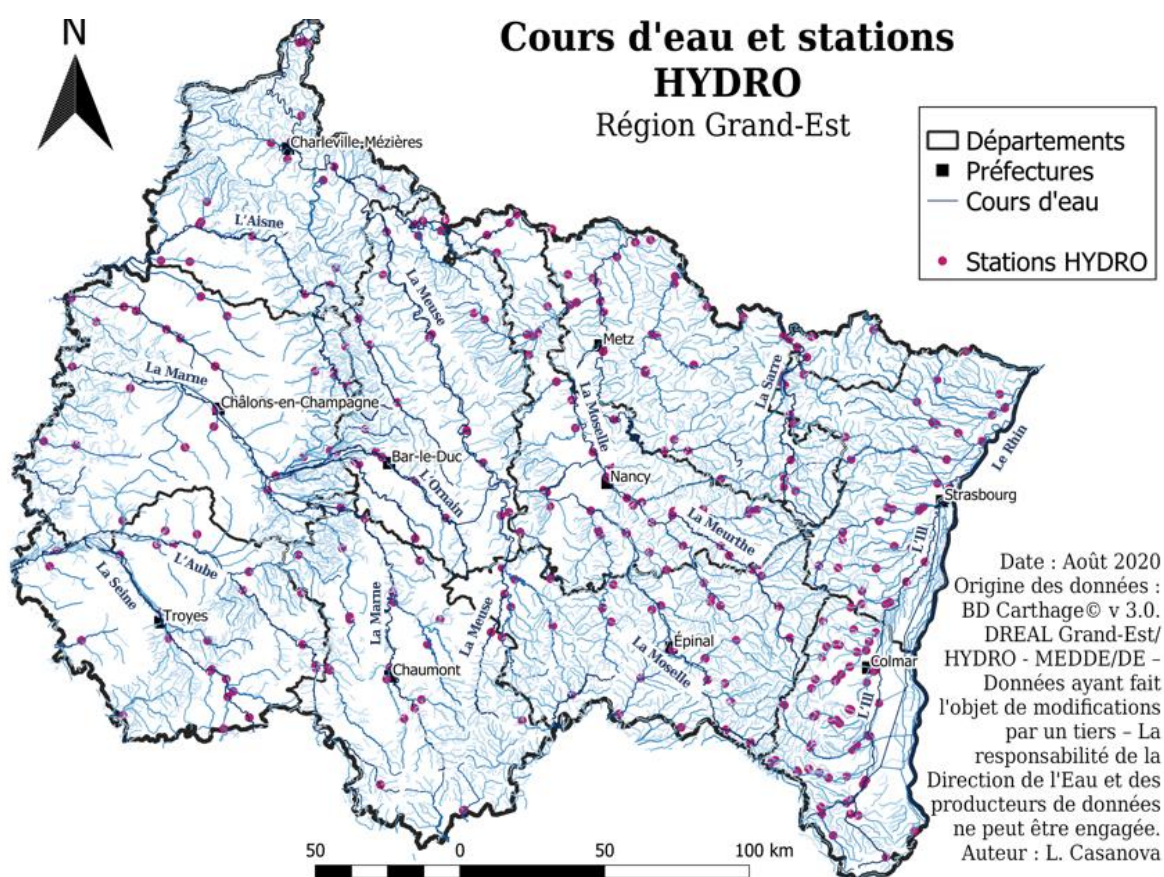


Figure 12 : Réseau hydrographique et stations HYDRO de la région Grand-Est.

4.1.3. Un classement des stations selon leur sensibilité hydrologique

4.1.3.1. La première description des données indique une sensibilité hydrologique globalement importante sur la région.

Un pool de stations étudiées reflétant la variabilité de la région grand-Est

Ainsi, les données de **342 stations** sont retenues pour étudier la sensibilité hydrologique de la région Grand-Est (liste des stations en annexe 3). Elles sont réparties dans tous les départements (Figure 13), mais plus de 50% d'entre elles sont concentrées dans quatre départements seulement (le Haut-Rhin, la Meurthe-et-Moselle, la Moselle et le Bas-Rhin). Les modules moyens par départements témoignent des fortes variations de situations hydrologiques au sein de la région. Les Ardennes et le Bas-Rhin, situés en fin de bassin versant, présentent des débits moyens bien plus importants que les Vosges, le Haut-Rhin ou la Haute-Marne, qui présentent majoritairement des cours d'eau situés en tête de bassin versant (Figure 14).

Nombre de stations par département

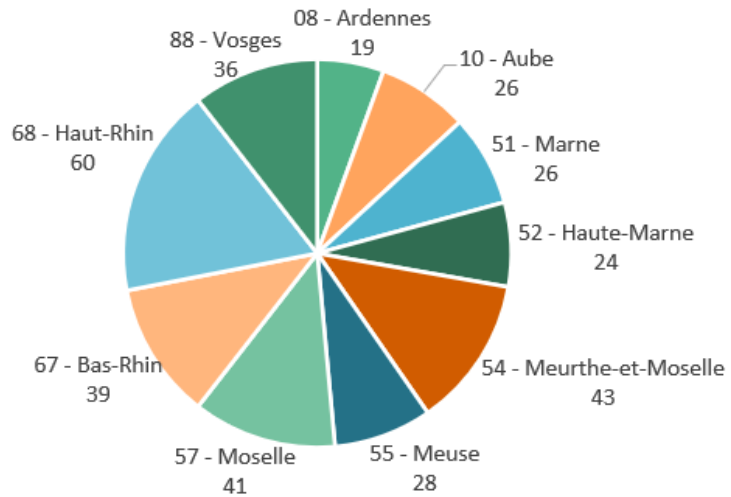


Figure 13 : Nombre de stations hydrologique par département, après retrait des stations non-pertinentes pour l'étude. Total : 342 stations.

Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.

Module moyen par département (en m³/s)

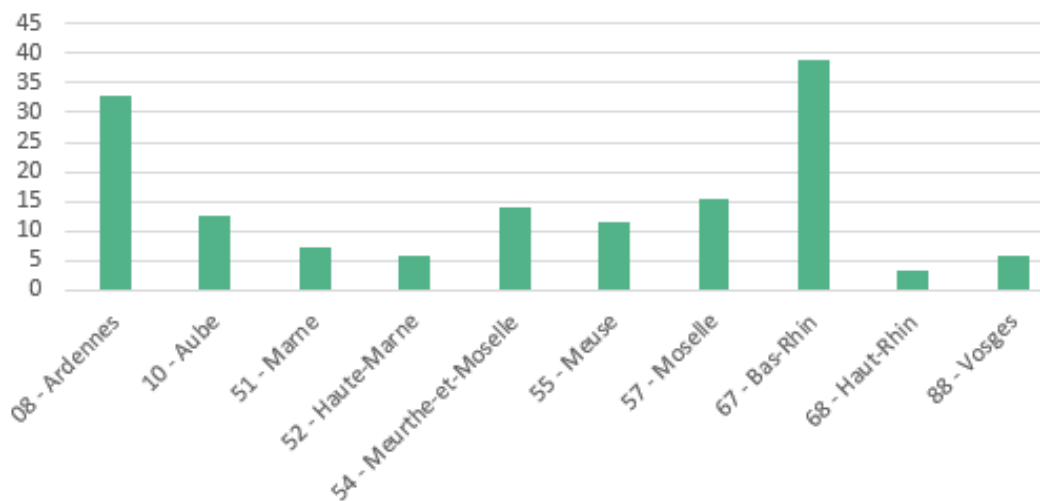


Figure 14 : Moyenne des modules par département, basée sur les 342 stations étudiées. Le module moyen du Bas-Rhin est fortement influencé par la présence d'une station sur le Rhin, qui a été supprimée par la suite, tandis que le module moyen des Ardennes est gonflé par la présence de quatre stations en aval de la Meuse.

Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.

Des débits d'étiage globalement supérieurs au 10^{ème} du module

La représentation de onze indicateurs d'étiage en part du module, par station (classées par valeurs croissantes de VCN10(2)/Module) montre **qu'une majorité des stations ont un débit d'étiage supérieur au 10^{ème} du module**, quel que soit l'indicateur retenu (Figure 15). La tendance est donc à **une sensibilité hydrologique forte sur la région**. Par exemple, si on choisit le **VCN10(2)** comme indicateur, **70% des stations ont un étiage supérieur au 10^{ème} du module** (et sont donc hydrologiquement sensibles) (Tableau 5).

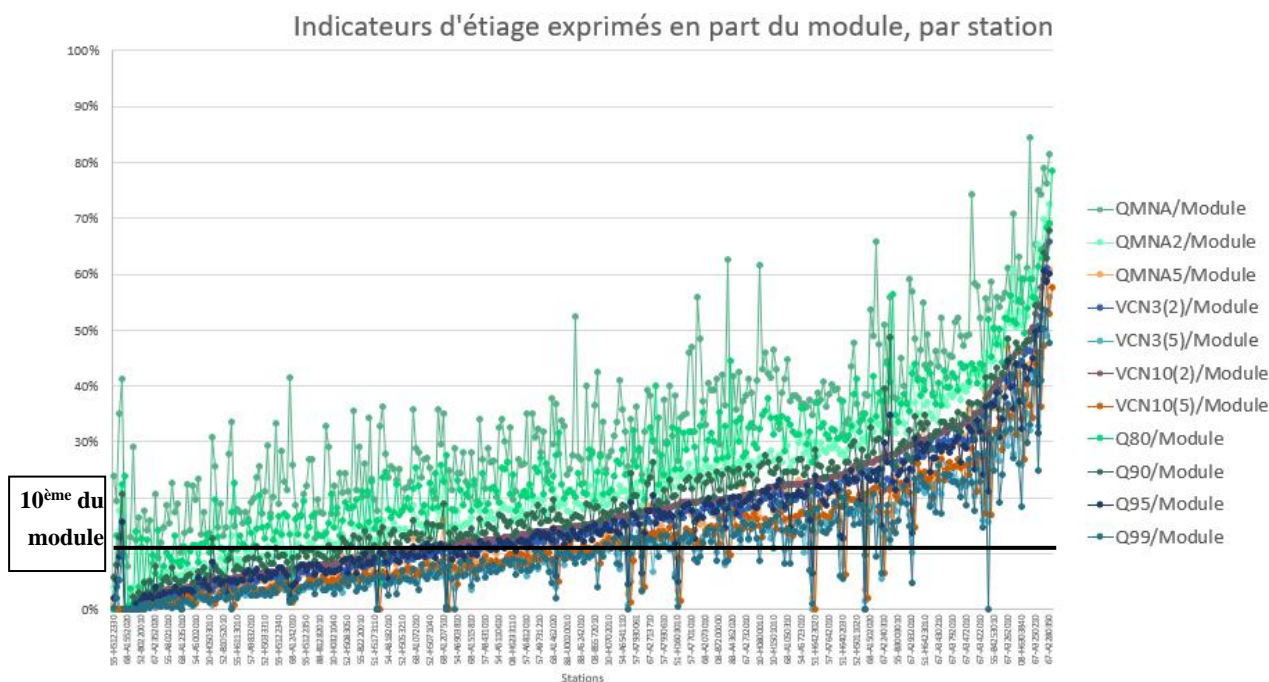


Figure 15 : Valeurs des onze descripteurs d'étiage, exprimé en part du module, pour les 342 stations étudiées, classées par valeur de VCN10 biennal croissante.

Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.

Tableau 5 : Part des 342 stations pour lesquelles le débit d'étiage représente moins de 10% du module (stations peu sensibles hydrologiquement à une réduction des débits au 10^{ème} du module). Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité

Descripteur d'étiage X	QMNA	QMNA2	QMNA5	VCN3(2)	VCN3(5)	VCN10(2)	VCN10(5)	Q80	Q90	Q95	Q99
Part des stations X < 10% du module	1%	16%	37%	34%	54%	30%	50%	6%	23%	35%	58%

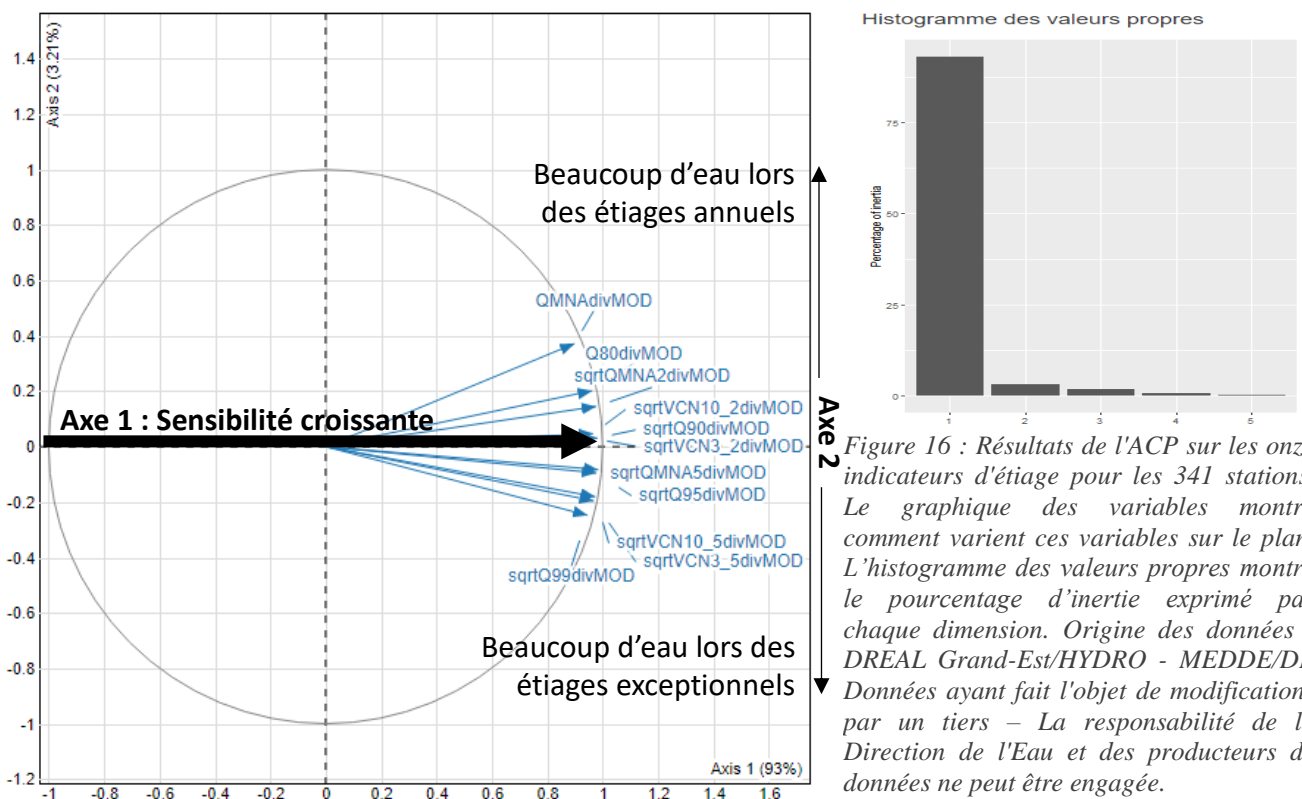
4.1.3.2. L'analyse de données multivariées permet de classer les stations en groupes de sensibilité hydrologique

D'après l'annexe 2 de la circulaire de 2011, « 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 » (Baran, 2011). Ainsi, le descripteur d'étiage le plus utilisé pour étudier la sensibilité des cours d'eau est le VCN10(2). Néanmoins, **choisir un descripteur d'étiage pour étudier la sensibilité hydrologique reste difficile à justifier**. L'étude de l'ensemble des descripteurs d'étiage pour classer les stations en groupes de sensibilité aura plus de chances d'être bien perçue par les pétitionnaires.

Une ACP sépare les stations selon leur sensibilité

Une **analyse en composantes principales (ACP)** est réalisée sur les **onze descripteurs d'étiages, rapportés au module**, pour 341 stations (la station située sur le Rhin à Lauterbourg est retirée de la liste car elle est trop particulière, et le Rhin n'est pas concerné par la législation sur le débit réservé) avec le package R *FactoMineR* (Lê et al., 2008). Neuf des onze variables ont une distribution légèrement asymétrique, calculée avec la fonction *skewness* du package R *moments* (Komsta, Novomestky, 2015). Cette **asymétrie est corrigée** avec une fonction racine carrée, afin de limiter le poids des points extrêmes.

L'axe 1 sépare à droite les stations ayant de fortes valeurs d'étiage/module, donc des étiages avec beaucoup d'eau restant dans les cours d'eau, des stations à gauche ayant de faibles valeurs d'étiage/module, qui sont caractérisées par de faibles quantités d'eau dans le cours d'eau en période d'étiage (Figure 16). Les stations sont donc **classées de gauche à droite par sensibilité croissante** (Figure 18). La dimension 1 exprime 93% de l'inertie : 93% de la variabilité totale des stations est représentée selon cet axe. L'interprétation des autres dimensions n'est pas nécessaire pour l'analyse. Il est toutefois intéressant de remarquer que l'axe 2 semble séparer les stations présentant des débits importants lors des étiages annuels (fortes valeurs de QMNA/Module, Q80/Module, QMNA2/Module) des stations présentant des débits importants lors des étiages plus exceptionnels (fortes valeurs de Q99/Module, VCN3(5)/Module et VCN10(5)/Module). Les stations les plus sensibles sont donc situées vers le bas à droite du plan factoriel.



Une classification non supervisée définit des groupes de sensibilité hydrologique semblable

Une classification non supervisée est réalisée sur les résultats de l'ACP afin de **départager les stations en groupes de débit d'étiage/module semblables**. La fonction HCPC du package R *FactoMineR* est utilisée. Elle réalise une **classification ascendante hiérarchique** : elle constitue des groupes d'individus ayant des traits communs, c'est à dire des valeurs proches de certaines variables, tout en maximisant les différences entre les groupes. Quatre groupes de stations sont suggérés (Figure 17 et Figure 18). Ils se répartissent le long de l'axe 1 : ils séparent donc les stations en **quatre groupes de sensibilité croissante**.

Le tracé des **boîtes à moustaches** décrivant la répartition statistique des descripteurs d'étiage des stations de chaque groupe permet de vérifier que les **stations sont bien séparées selon leur sensibilité hydrologique** (Figure 19). La représentation du module (en m³/s) par groupe montre que les groupes ne sont pas séparés en fonction du module.

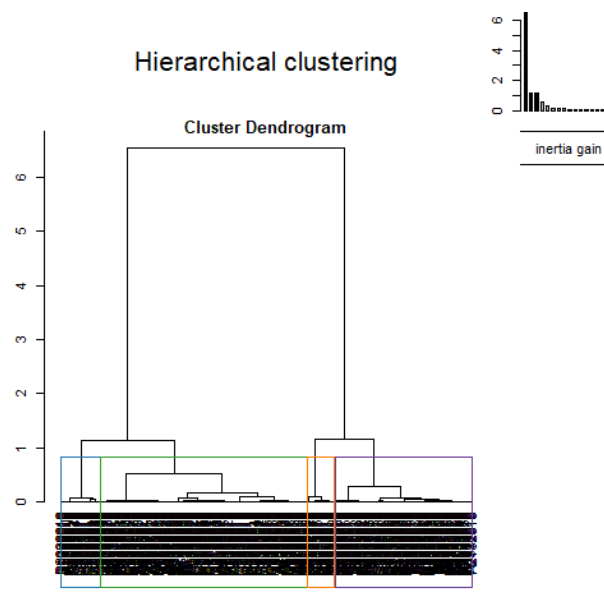
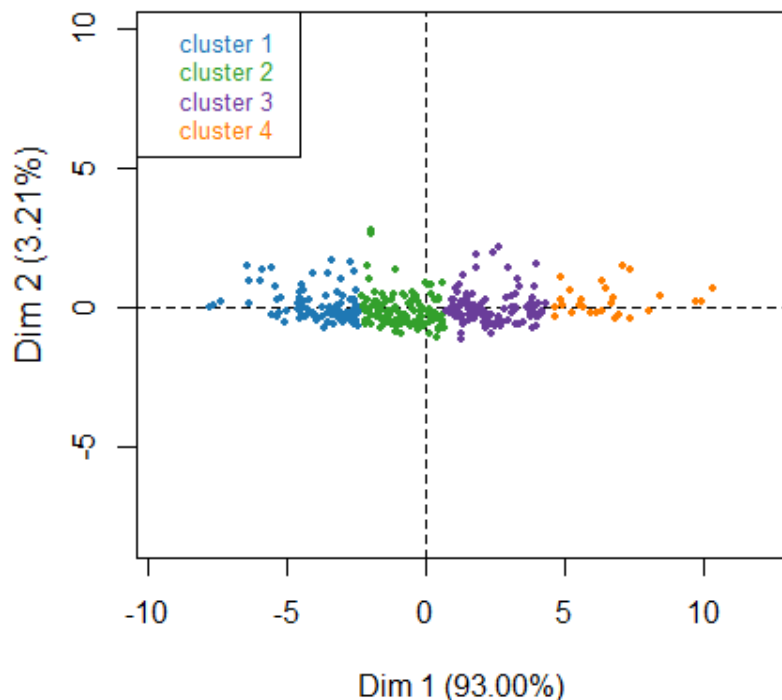


Figure 17 : Arbre hiérarchique de proximité entre les stations. La fonction suggère de former quatre groupes, en se basant sur le gain d'inertie entre les groupes à chaque regroupement.

Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.

Figure 18 : Répartition des stations sur le plan factoriel. Les individus sont colorés selon leur groupe, issu de la classification non supervisée réalisée sur le résultat de l'ACP. Les quatre groupes séparent les individus selon l'axe 1, donc selon leur sensibilité.

Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.



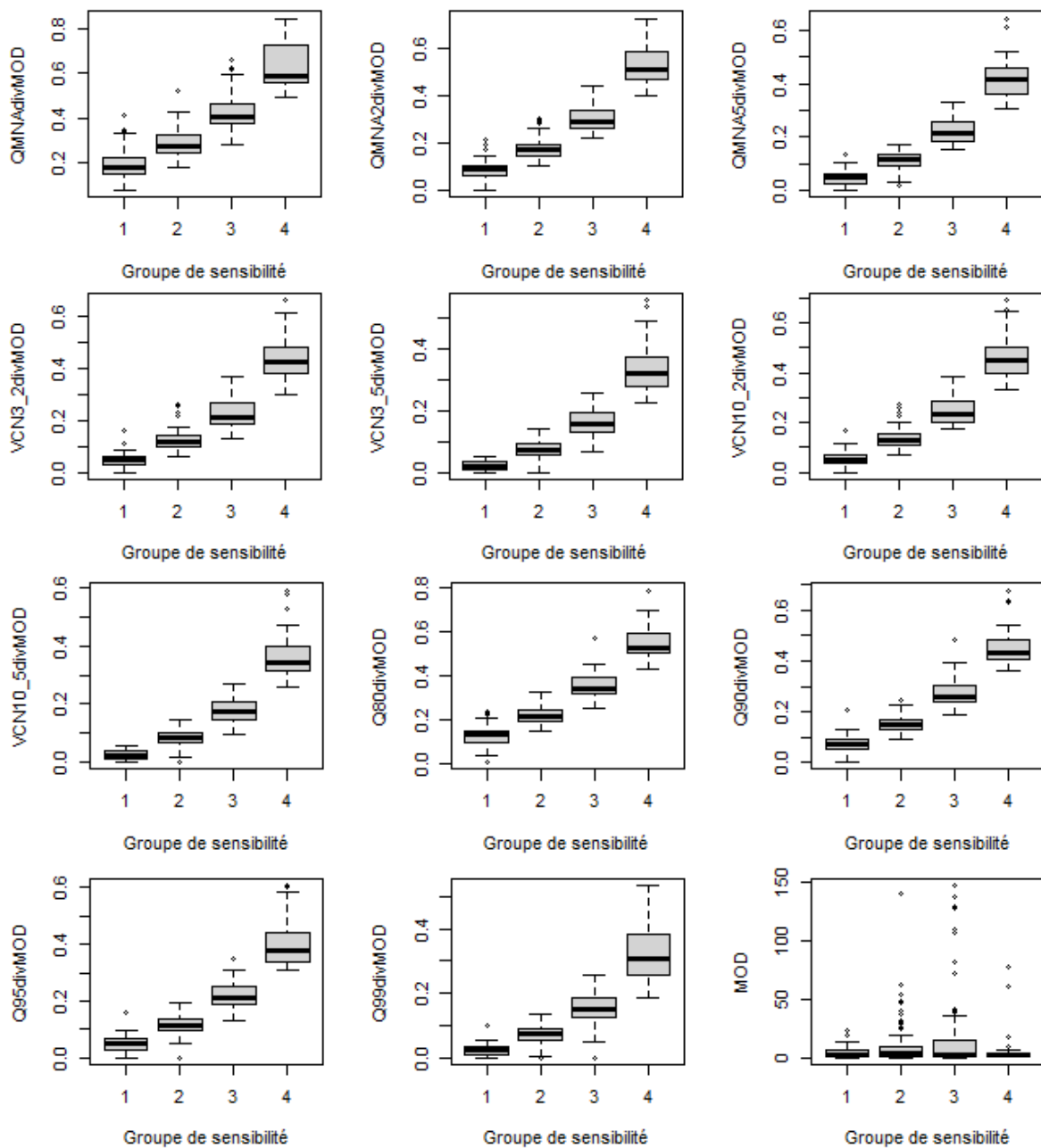


Figure 19 : Boxplot des descripteurs de débit pour chaque groupe issu de la classification non supervisée. Les onze descripteurs d'étiage sont exprimés en part du module (donc sans unité), le module (dernier graphique) est en m^3/s . Origine des données : DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE – Données ayant fait l'objet de modifications par un tiers – La responsabilité de la Direction de l'Eau et des producteurs de données ne peut être engagée.
 div : divisé par ; MOD : module ; VCN10_n : VCN10 de retour n ans.

4.1.4. Une spatialisation de la sensibilité hydrologique basée sur les groupes de sensibilité des stations HYDRO

4.1.4.1. Attribution d'un niveau de sensibilité aux sous-secteurs de bassin versant Carthage

Ajout de variables explicatives à l'ACP

L'objectif est d'obtenir une **carte de la sensibilité hydrologique** sur l'ensemble de la **région Grand-Est**. Il est donc nécessaire de passer de la sensibilité hydrologique des stations à une **représentation surfacique**. Des variables explicatives sont ajoutées à l'ACP afin **d'identifier des facteurs permettant de prédire les groupes de sensibilité** (Tableau 6).

Tableau 6 : Liste des variables explicatives étudiées et de leurs sources.

Variable explicative	Définition (Office International de l'Eau, 2020)	Source
Variables quantitatives		
Module (en m ³ /s)	Débit moyen annuel pluriannuel en un point d'un cours d'eau.	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Superficie du bassin versant (en km ²)	/	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Variables qualitatives		
Département	/	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Caractère influencé de la station	D'après la banque HYDRO.	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Qualité de mesure en basses eaux	D'après la banque HYDRO.	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Nom du cours d'eau	/	DREAL Grand-Est/HYDRO - MEDDE/DE
Région Carthage	Les six bassins hydrographiques français sont découpés en éléments de plus en plus fins, emboîtés les uns dans les autres (IGN, MEDD, 2002).	BD CARTHAGE© v3.0 (IGN, MEDD, 2002)
Secteur Carthage		BD CARTHAGE© v3.0
Sous-secteur Carthage		BD CARTHAGE© v3.0
Niveau 1 des hydro-écorégions	Zones géographiques homogènes du point de vue de la géologie, du relief et du climat, découpées en deux niveaux de plus en plus fins.	(Wasson et al., 2002)
Niveau 2 des hydro-écorégions		(Wasson et al., 2002)
Rang de Strahler	Rang d'un cours d'eau d'après la méthode de Strahler : les cours d'eau issus d'une source sont notés de rang 1, puis chaque fois que deux tronçons de même ordre confluent, ils forment un tronçon d'ordre supérieur, tandis qu'un cours d'eau qui reçoit un affluent d'ordre inférieur conserve le même ordre.	Couche « Rang de Strahler », réalisée en 2004 par le Cemagref à partir de la BD Carthage, donnant les rangs de Strahler à l'échelle nationale. Information transmise par les Agences de l'eau dans le cadre de la typologie DCE.

Grâce au package R *explor*, la **répartition des modalités** de ces variables explicatives dans le plan factoriel est visualisée.

Par exemple, l’affichage des hydro-écorégions (HER) sur le plan factoriel permet **d’affecter un niveau de sensibilité à chaque entité** (Figure 20) (Wasson et al., 2002). Les HER sont présentées sur la carte en Figure 23. L’entité « Bassin de Forbach » apparaît très à droite dans le plan factoriel car les stations qui s’y trouvent sont très sensibles hydrologiquement. Il semblerait donc que les cours d’eau situés dans le bassin de Forbach sont très sensibles hydrologiquement (ce classement est toutefois nuancé dans le paragraphe 4.1.5.2). Inversement avec la Champagne humide : les stations sont globalement à gauche dans le plan factoriel, les cours d’eau de la Champagne humide pourraient donc être classés comme peu sensibles hydrologiquement. Ainsi de suite jusqu’à avoir associé un niveau de sensibilité à chacune des zones. L’effet de **la taille de la zone** reste toutefois à souligner : lorsqu’il y a peu de stations et qu’elles sont toutes au même niveau de sensibilité, il est aisé de classer la zone dans un groupe de sensibilité, comme par exemple pour le Bassin de Forbach. Toutefois, dans le cas de la Champagne humide, certaines stations appartiennent au groupe 1 (stations peu sensibles), d’autres au groupe 2 (stations moyennement sensibles). Ainsi, il apparaît que **plus la zone est grande** (avec un nombre de stations important), **plus son classement dans un groupe de sensibilité est délicat**. En revanche, **moins il y a de stations, plus le classement peut être faussé** par la présence d’une ou plusieurs **stations influencées** (par exemple pour lesquelles il y a du soutien d’étiage, qui apparaissent donc très sensibles).

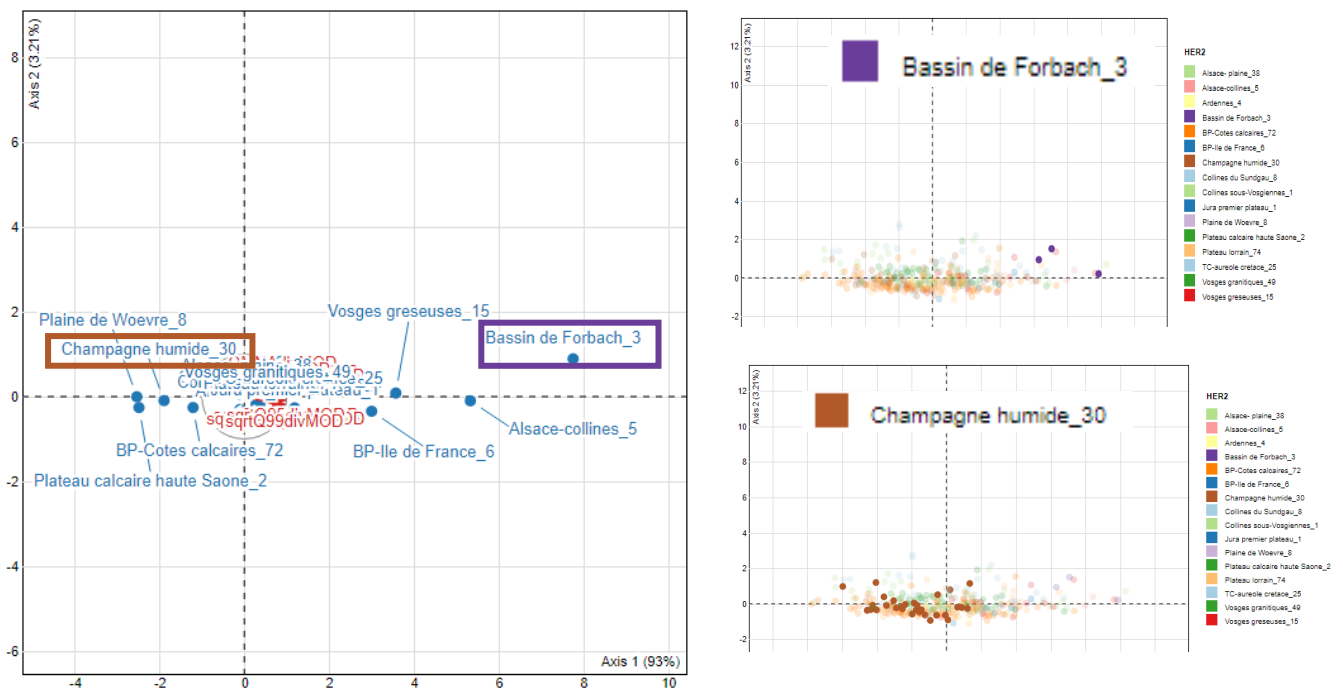


Figure 20 : Répartition des hydro-écorégions (HER niveau 2) sur le plan factoriel (à gauche) et des stations appartenant aux HER « Bassin de Forbach » et « Champagne humide » (à droite). Le nombre de station par HER est indiquée après le nom.

Attribution d'un niveau de sensibilité aux sous-secteurs de bassins versants

Ainsi, le choix est fait d'utiliser les **sous-secteurs des bassins versants** pour cartographier la sensibilité hydrologique. Il s'agit du meilleur compromis : leur surface permet d'éviter une généralisation des données hydrologiques à une trop grande échelle tout en s'assurant que le nombre de stations présentes par zone limite les imprécisions. Ils sont disponibles dans la base de données **Carthage©**.

La région Grand-Est présente 181 sous-secteurs Carthage. Vingt-quatre pourcent d'entre eux ne comprennent aucune station HYDRO, tandis que quarante-six pourcent en ont au moins deux (Figure 21).

Les coordonnées des différents sous-secteurs selon la dimension 1 sont récupérées. Elles sont comparées avec les coordonnées des stations classées dans les quatre groupes de sensibilité. Ainsi, il est possible **d'attribuer un groupe de sensibilité à chaque sous-secteur** (pour les sous-secteurs dans lequel il se trouve au moins une station, qui sont les seuls utilisés comme variables explicatives).

Répartition des stations HYDRO au sein des sous-secteurs Carthage de la région Grand-Est

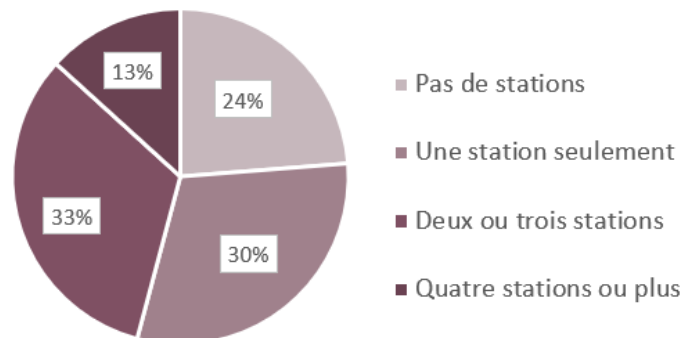


Figure 21 : Nombre de station par sous-secteur de bassin versant Carthage pour l'ensemble de la région Grand-Est.

4.1.4.2. Représentation cartographique de la sensibilité hydrologique

Une **représentation cartographique de la sensibilité hydrologique** est réalisée sur QGis (Figure 22). Les quatre niveaux de sensibilité correspondent aux **quatre groupes** issus de la classification non supervisée. Sur l'ensemble de la région Grand-Est, un **niveau de sensibilité** est associé à **chaque station** de la banque HYDRO et **chaque sous-secteur** de Carthage comprenant au moins une station.

L'est de la région ressort très sensible (débits d'étiages importants). Les précipitations y sont plus importantes que dans le reste de la région, en particulier sur le massif des Vosges (Météo60, 2020), et le substrat est imperméable, ce qui pourrait expliquer que les débits restent importants en étiage.

Les zones qui apparaissent les **moins sensibles** (où le débit d'étiage est très faible) sont concentrées à **l'est de l'ancienne région Champagne-Ardenne**, en amont de la Marne et de la Meuse. Il s'agit de zones au substrat essentiellement calcaire (Figure 23), qui favorise les infiltrations, mais aussi de zones très agricoles où les prélèvements en eaux souterraines pour l'irrigation sont importants. Le niveau d'eau des cours d'eau et des nappes étant liés, cela peut expliquer les débits d'étiages faibles qui engendrent un niveau de sensibilité faible dans ces zones.

Au contraire, **l'aval de la Marne, de la Seine et de l'Aube** semblent beaucoup **plus sensibles** (débits d'étiage importants), cela pourrait s'expliquer par la présence des grands lacs réservoirs qui fournissent un soutien d'étiage en été.

Cette **carte de sensibilité hydrologique et la table attributaire associée** sont incluses dans la boîte à **outils** de la démarche (voir Annexe 6). Elles faciliteront le **choix d'une méthode de détermination** du débit réservé **proportionnée à la sensibilité** de la zone concernée.

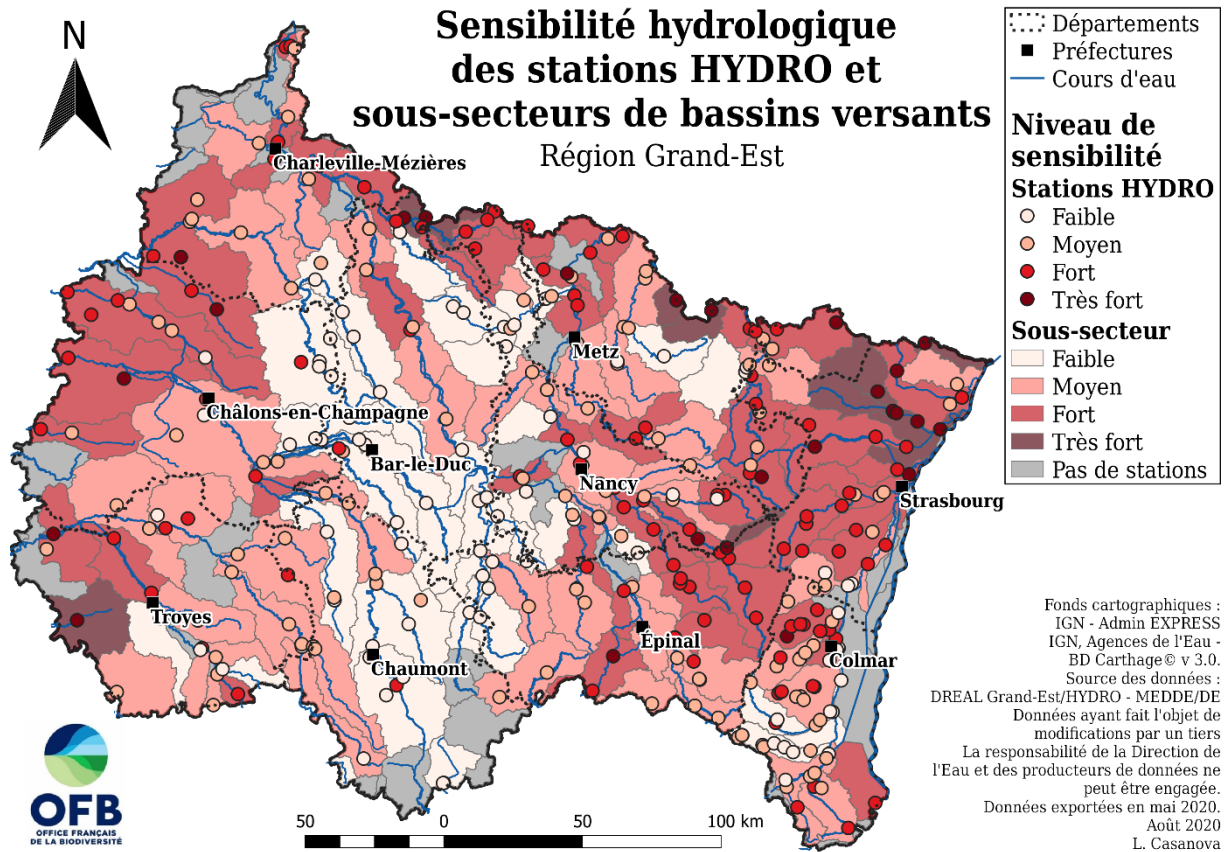


Figure 22 : Sensibilité hydrologique des stations HYDRO et des sous-secteurs de bassins versants Carthage.

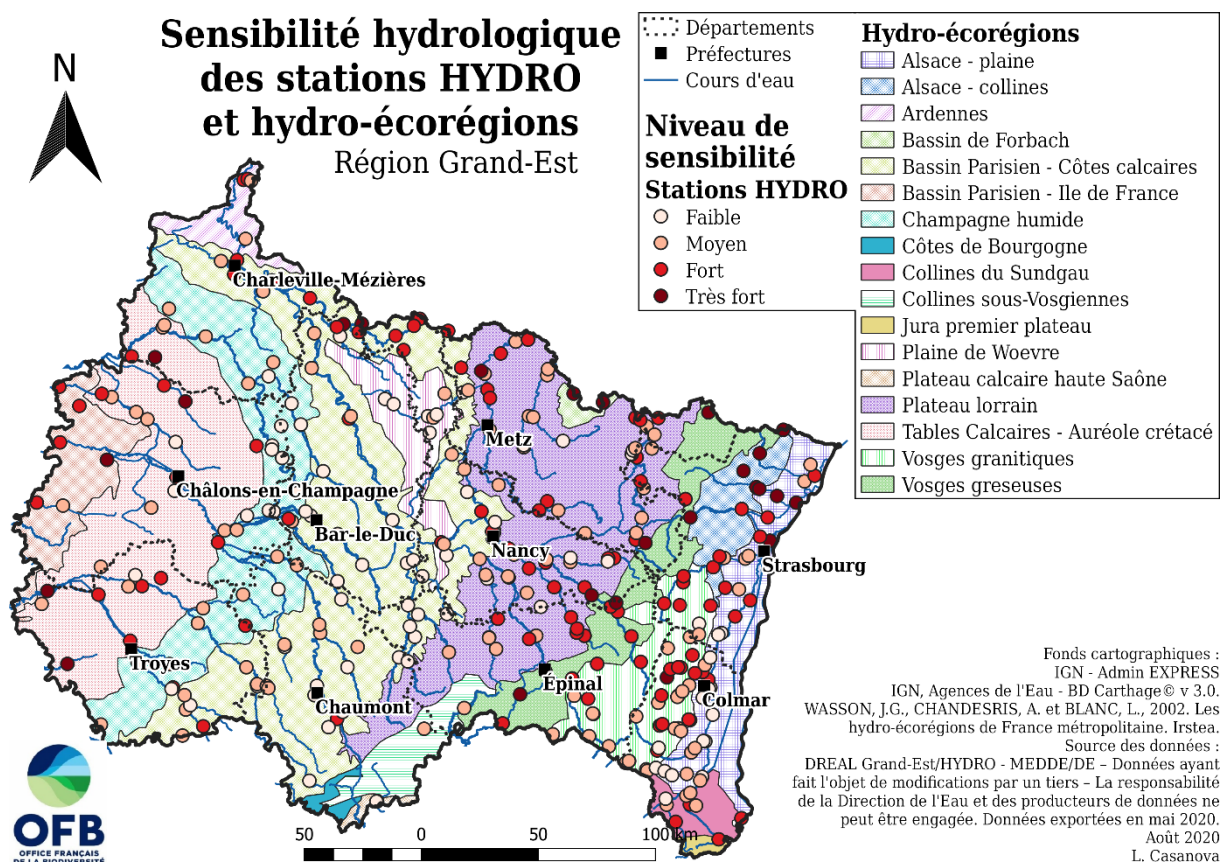


Figure 23 : Sensibilité hydrologique des stations HYDRO. Fond : hydro-écorégions.

4.1.5. Une évaluation de la sensibilité hydrologique appelant un regard critique

4.1.5.1. Points forts de l'approche de la sensibilité hydrologique

L'utilisation de ce traitement statistique pour classer les stations et les sous-secteurs en groupes de sensibilité a plusieurs **avantages**. Tout d'abord, le classement est **objectif** : il dépend d'une méthode statistique et s'appuie sur onze descripteurs d'étiages. De plus, la sensibilité est étudiée à l'échelle de la région, les stations étant analysées **les unes par rapport aux autres** : les stations « peu sensibles » sont en fait les stations les moins sensibles de la région, tandis que les stations « très sensibles » sont les stations les plus sensibles de la région. Il n'y a pas besoin d'une référence extérieure. Cette étude relative de la sensibilité permet d'identifier des **zones prioritaires**. Toutefois, des sources d'incertitudes restent à souligner.

4.1.5.2. Un indicateur d'incertitude synthétise les incertitudes sur les valeurs de débits d'étiage

Des données de débits reflétant une réalité modifiée par l'homme

L'hydrologie globale décrite dans la banque HYDRO est le reflet de centaines d'années de **modification des cours d'eau par l'homme** : il ne s'agit pas des données naturelles. Cette limite s'illustre dans le paragraphe 4.1.4.1 où la sensibilité des hydro-écorégions est utilisée pour expliquer la spatialisation de la sensibilité hydrologique (qui est ensuite réalisée grâce aux sous-secteurs Carthage). Ainsi, l'hydro-écorégion Bassin de Forbach apparaît comme très sensible, donc avec des débits d'étiage importants par rapport au module. Cependant, cette zone est un ancien bassin d'exploitation du charbon. Les anciennes mines ont été ennoyées et fournissent un soutien d'étiage aux cours d'eau en période sèche. Si ce soutien d'étiage n'est pas naturel, il peut toutefois être **bénéfique pour les milieux** en minimisant l'impact des sécheresses : il reste intéressant d'en tenir compte lors de l'étude de la sensibilité hydrologique.

Des données de débits plus ou moins robustes

Trois sources d'incertitudes diminuent la robustesse des données de débits d'étiage. Tout d'abord, l'approche de la sensibilité hydrologique repose sur une étude des **étiages naturels**. Toutefois, certaines stations de la banque HYDRO sont **influencées** par des prélèvements (par exemple, si elles se trouvent dans un tronçon court-circuité) ou du soutien d'étiage. Pour chaque station, il est indiqué si la station est influencée ou non, mais les critères de classement en tant que « fortement influencée » ne sont pas connus. Il est ainsi difficile de juger de la naturalité des écoulements.

De plus, le réseau de station de la banque Hydro est historiquement un réseau de surveillances des crues. En conséquence, les **mesures des valeurs de débits en basses eaux** ne sont **pas toujours fiables**, par exemple à cause de la présence de macrophytes qui influencent les hauteurs d'eau. Ainsi, par station, la qualité des mesures en basses eaux est indiquée comme étant « bonne » ou « douteuse ».

Enfin, certaines **années sont indiquées comme « invalides »** : ces années sont tout de même utilisées pour les calculs de débits d'étiage par la banque Hydro, pourvu que les données annuelles soient complètes. Il est difficile d'avoir une idée de l'impact de la présence de ces années invalidées car aucune information n'est disponible sur la raison de leur invalidation.

Des incertitudes se répercutant à l'échelle du sous-secteur de bassin versant

Le **nombre de stations par sous-secteur de bassin versant** influence la robustesse de l'identification du niveau de sensibilité hydrologique du sous-secteur. En effet, un nombre important de stations affaiblit l'impact d'une station peu précise ou influencée.

Un indicateur permettant de nuancer la cartographie de sensibilité hydrologique

Comme vu précédemment, il est difficile d'identifier clairement quelles sont les stations influencées et de retirer des calculs les années invalidées. Ainsi, plutôt que de supprimer ces stations de la base de données, le choix est fait de mettre au point un **indicateur d'incertitude** permettant de **nuancer la carte de sensibilité hydrologique**. Cet indicateur varie entre 0 (classement très robuste) et 2 (classement incertain) à l'échelle de la **station**, puis entre 0 (classement très robuste) et 3 (classement très incertain) à l'échelle du **sous-secteur**.

Les incertitudes s'approchent à **deux niveaux**. Au niveau de la **station**, l'indicateur gagne un point si la station est indiquée comme influencée sur la banque HYDRO et un point si la qualité des mesures en basses eaux est indiquée comme étant « douteuse ». L'indicateur au niveau de la station varie entre 0 et 2. Au niveau du **sous-secteur**, l'indicateur est égal au maximum des indicateurs stations auquel on rajoute un s'il n'y a qu'une ou deux stations sur la zone. Les valeurs de ces indicateurs d'incertitudes sont illustrées par une cartographie (Figure 24).

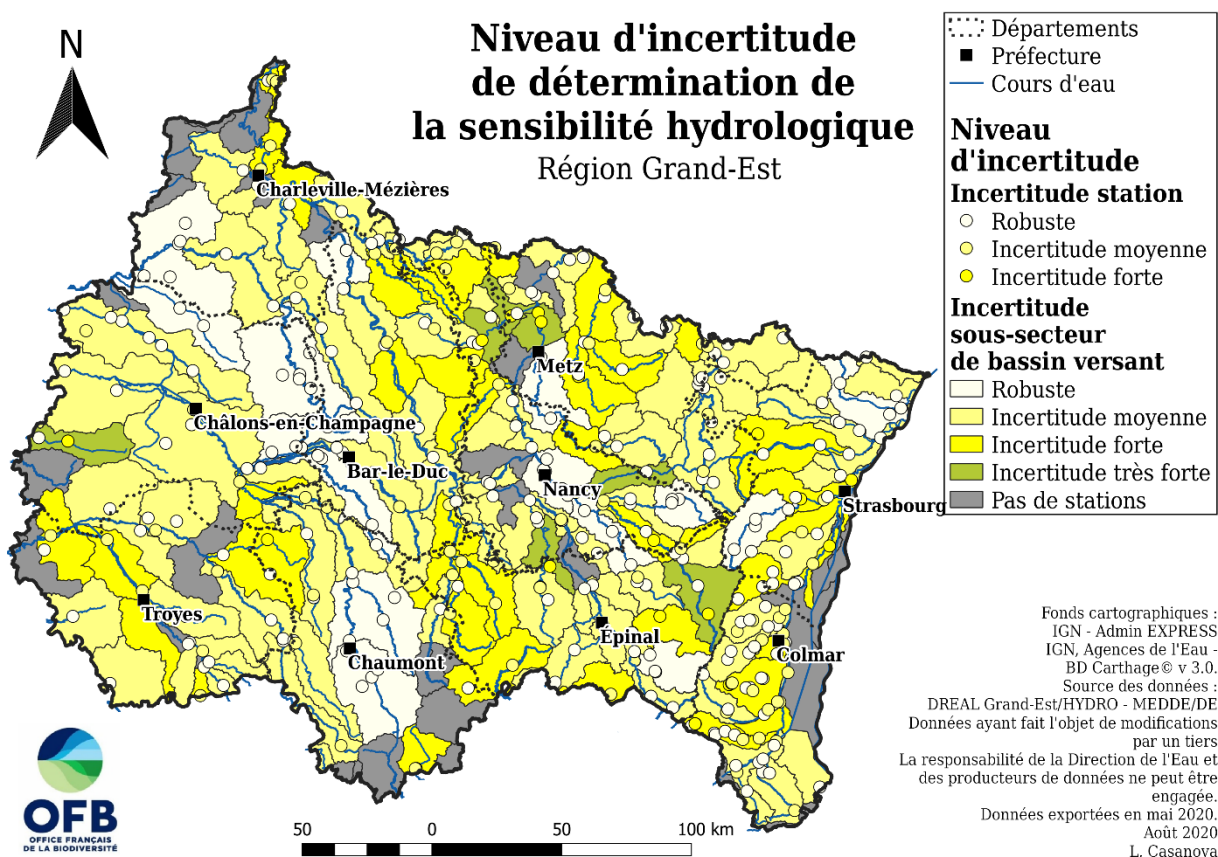


Figure 24 : Cartographie du niveau d'incertitude de détermination de la sensibilité hydrologique. L'indicateur varie entre trois niveaux à l'échelle de la station et quatre à l'échelle du sous-secteur.

Un indicateur d'incertitude perfectible

Si cet indicateur d'incertitude permet d'apporter un **regard critique** à la carte de sensibilité hydrologique, il reste très **simpliste**. En effet, il ne tient pas compte de tous les facteurs d'incertitude, en particulier les années indiquées comme « invalidées » sur la banque HYDRO mais qui sont tout de même utilisées pour les calculs des valeurs moyennes. Le caractère « influencé » indiqué sur la banque HYDRO n'est pas quantitatif : le seuil ou les critères auxquels il correspond restent inconnus. Ce classement est donc à l'appréciation des gestionnaires et n'est peut-être pas homogène à l'échelle de la région. Enfin, le même poids est donné à chacun des facteurs d'imprécision pour les combiner en un indicateur : une réflexion sur une pondération de ces facteurs pourrait être engagée.

Une spatialisation à l'échelle du sous-secteur de bassin versant améliorable

Le sous-secteur de bassin versant est pertinent pour étudier la sensibilité hydrologique, les facteurs influençant les débits (précipitations, substrat géologique, usages du sol) variant peu à cette échelle. Toutefois, ces zones pourraient être retravaillées pour tenir compte des hydro-écorégions. De plus, une étude de variables à l'échelle du bassin versant de la station (taille, taux d'imperméabilisation du sol, usages du sol, prélèvements) aurait pu être intéressante à étudier dans l'ACP.

4.2. Une liste d'espèces sensibles à l'altération du régime d'écoulement naturel alerte sur la sensibilité écologique d'un site

4.2.1. L'objectif : alerter sur la sensibilité écologique d'un site.

La modification du régime d'écoulement naturel impacte fortement les espèces présentes dans le cours d'eau (§ 1.1.3.). Toutefois, **toutes les espèces ne sont pas impactées de la même manière** : par exemple, le nombre d'espèces rhéophiles (adaptées aux courants forts) diminue avec l'augmentation de l'anthropisation (Berrebi et al., 1998). Ainsi, **la sensibilité écologique du milieu est fonction des espèces présentes sur un site et de leur sensibilité à l'altération du régime d'écoulement naturel.**

L'objectif est d'aboutir à **une liste d'espèces** qui, par leur présence, **alertent sur la sensibilité écologique d'un site** à la **diminution des débits** et à la présence d'**obstacles à l'écoulement.**

4.2.2. Obtention d'une liste d'espèces écologiquement sensibles propre au Grand-Est

Choix du ou des taxons utilisés

Les aménagements en cours d'eau impactent de nombreux taxons d'espèces. Toutefois, le choix est fait de se concentrer sur **l'ichtyofaune**. Les « poissons » sont en effet **très utilisés pour décrire la qualité d'un cours d'eau**. Ils sont sensibles à la fois à la qualité de l'eau et aux modifications des habitats. Jouant le rôle de consommateurs dans les réseaux trophiques, ils sont sensibles aux altérations des autres peuplements. De plus, du fait de leur déplacements et de leur durée de vie, ils répondent à la variabilité environnementale sur de larges échelles d'espace et de temps (Pont et al., 2013). Enfin, il s'agit d'espèces dont la conservation est à même de **susciter l'intérêt** du grand public et des pétitionnaires.

Identification de groupes écologiques sensibles

L'indice poisson rivière (IPR) est un bioindicateur de la qualité biologique de l'eau d'un cours d'eau (Office International de l'Eau, 2020). La qualité des peuplements piscicoles (y compris lamproies) d'un site est évalué en étudiant l'écart entre le peuplement présent et un peuplement de référence très peu perturbé par l'homme. Une première version a été développée dans le début des années 2000 (Oberdorff et al., 2002 ; 2001). En 2013, un rapport issu d'un partenariat entre l'Onema et l'Irstea présente le développement d'une nouvelle version de l'indicateur : l'**IPR+** (Pont et al., 2013). Pour développer cet indicateur, l'équipe a regroupé **des informations sur les traits biologiques et écologiques** caractéristiques de **soixante-sept espèces de poissons** vivant dans les cours d'eau français, grâce à un travail bibliographique (liste des espèces en Annexe 4).

Ainsi, **douze traits biologiques et écologiques sont recensés** (par exemple : le régime alimentaire, le substrat de reproduction, la tolérance à la qualité de l'eau...). Chaque trait a plusieurs modalités (par exemple, le trait régime alimentaire présente six modalités : herbivore, insectivore, omnivore, piscivore, planctonivore et détritivore). Pour chaque trait, chacune des soixante-sept espèces de poissons est associée à une modalité, formant ainsi des **groupes écologiques** (par exemple, le groupe écologique des omnivores, qui rassemble dix-huit espèces).

En croisant avec le travail bibliographique effectué en amont (§1.1.3.), **les traits biologiques et écologiques impactés** par la **réduction du débit du cours d'eau** et la **présence d'obstacles à l'écoulement** sont identifiés. Ainsi, **six traits biologiques** sont retenus (Tableau 7). Pour chacun de ces traits, **un groupe écologique** (associé à une modalité) est **négativement impacté** par la réduction des débits ou la mise en place d'un obstacle à l'écoulement (Tableau 7). Les espèces appartenant à ces groupes écologiques sont **donc écologiquement sensibles à la réduction des débits**.

Tableau 7 : Groupes écologiques impactés par une réduction des débits ou un obstacle à l'écoulement. Modalité = groupe écologique, c'est-à-dire une liste d'espèces répondant aux critères de définition de la modalité.

Traits biologiques et écologiques	Modalité impactée	Définition de la modalité (Pont et al., 2013)	Impact de la modification du régime d'écoulement sur le groupe écologique
Habitat - Degré de rhéophilie	Rhéophile	Le poisson préfère vivre dans un habitat présentant des conditions de vitesses élevées et de l'eau claire.	La réduction des débits engendre une diminution des espèces rhéophiles (Baran, 2008 ; 2011). Dans les retenues d'eau, la conversion des habitats lotiques en habitats lenthiques provoque une diminution des rhéophiles (Bunn, Arthington, 2002).
Tolérance à la température	Sténothermes	Le poisson est seulement capable de résister à une gamme étroite de température.	La température de l'eau augmente dans le tronçon court circuité (débits réduits) et dans les retenues d'eau (Baran, 2011 ; European Union, 2015).
Tolérance à la concentration en dioxygène	O ₂ intolérant	Le poisson est intolérant aux basses concentrations en O ₂ (entre 3 et 6 mg/L).	La quantité de O ₂ dissout dans l'eau diminue en cas de diminution des débits (Baran, 2011 ; European Union, 2015).
Habitat de frai	Rhéopare	Le poisson pond préférentiellement dans les eaux courantes.	La réduction des débits engendre une diminution des espèces rhéophiles (Baran, 2008 ; 2011). Dans les retenues d'eau, la conversion des habitats lotiques en habitats lenthiques provoque une diminution des rhéophiles (Bunn, Arthington, 2002).
Substrat de reproduction	Lithophile	Le poisson pond exclusivement sur des graviers, galets, pierres et/ou blocs.	En amont du barrage, la sédimentation augmente, entraînant le colmatage du substrat, en aval, l'érosion augmente induisant une perte d'habitats pour les espèces lithophiles (Schmutz, Moog, 2018).
Migration	Migrateur	Le poisson migre entre des zones distantes de plus de 5 à 10km (plus d'un segment de cours d'eau).	Les obstacles à l'écoulement entraînent un déclin des espèces migratoires, les populations de poissons sont isolées (Poulet et al., 2012).

Association d'un degré de sensibilité écologique à chaque espèce

Le nombre de groupes écologiques sensibles auxquels elle appartient est associé à chacune des espèces. Un **nombre de 0 à 6 est donc attribué à chaque espèce**, plus ce nombre est grand, plus cette espèce a de raisons d'être impactée par la modification du régime d'écoulement et donc plus cette espèce est considérée comme **écologiquement sensible**. Afin de réduire le nombre de classes, **une note de sensibilité écologique** est attribuée à chaque espèce en fonction du nombre de groupes écologiques sensibles auxquels elle appartient (Tableau 8). Ainsi, un **niveau de sensibilité écologique allant de 0 à 3** est associé à chacune des soixante-sept espèces présentes dans le rapport IPR+.

Tableau 8 : Niveau de sensibilité écologique associé à une espèce en fonction du nombre de groupes écologiques sensibles auxquels elle appartient.

Nombre de groupes écologiques sensibles auxquels l'espèce appartient	Niveau de sensibilité écologique associé à l'espèce
6	+3 : Sensibilité très forte
4 ou 5	+2 : Sensibilité forte
1, 2 ou 3	+1 : Sensibilité moyenne
0	+ 0 : Sensibilité faible

Obtention d'une liste d'espèces sensibles propre au Grand-Est

Le choix est fait de ne conserver que les **espèces autochtones présentes dans le Grand-Est** dans la liste principale, qui fera partie de la boîte à outils. Les données de répartition disponibles sur le site de l'INPN sont utilisées pour conserver uniquement les espèces présentes dans la région (MNHN, 2020). De même, les espèces introduites après 1500 (d'après l'UICN) ne sont pas retenues (UICN Comité français et al., 2019).

Ainsi, une liste de **vingt-deux espèces de poissons écologiquement sensibles**, classés selon **trois niveaux de sensibilité** est obtenue (Tableau 9).

Tableau 9 : Liste des poissons écologiquement sensibles des cours d'eau de la région Grand-Est, classés selon trois niveaux de sensibilité écologique aux modifications du régime d'écoulement (diminution des débits et obstacle à la continuité écologique). L'appartenance à un groupe écologique est signifiée par un 1 dans la colonne correspondante. Niveau de sensibilité : 3 = Sensibilité très forte ; 2 = Sensibilité forte ; 1 = Sensibilité moyenne. Groupes écologiques : RH : Rhéophile ; RHPAR : Rhéopare ; STH : Sténotherme ; O2 INTOL : O₂ intolérant ; LITH : Lithophile ; MIGR : Migrateur. Voir Tableau 7 pour les définitions des groupes écologiques.

Nom commun	Nom latin	RH	RHPAR	STH	O2 INTOL	LITH	MIGR	Niveau de sensibilité écologique
Lamproie de rivière	<i>Lampetra fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	3
Saumon	<i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	3
Truite commune	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	3
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	3
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	1	1	1	1	1		2
Grande Alose	<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	1	1		1	1	1	2
Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1		2
Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	1	1	1	1	1		2
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1			1	1	2
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1			1	1	2
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1			1	1	2
Lote	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)			1	1	1	1	2
Toxotosme	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	1	1			1	1	2
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1			1	1	2
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1		1	1		2
Blageon	<i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827)	1	1		1	1		2
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	1	1			1		1
Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)		1			1	1	1
Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	1					1	1
Anguille européenne	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)						1	1
Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linnaeus, 1758)						1	1
Goujon	<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)		1					1

4.2.3. Travail sur une cartographie illustrative

Une cartographie ponctuelle grâce aux données de pêches de l'OFB

L'OFB, anciennement CSP, puis Onema, puis AFB, réalise des pêches électriques de suivi des peuplements de poissons dans les cours d'eau du département. Ainsi, une **cartographie ponctuelle** peut être réalisée en se basant sur les 6347 points de pêches réalisés entre 1981 et 2015 et disponibles en shapefile, certaines pêches ayant été réalisées au même endroit à des dates différentes (Figure 26). L'association d'un **niveau de sensibilité écologique à un point de pêche** est réalisée de manière itérative. Le point est noté « très sensible » s'il y a la présence d'au moins un individu appartenant à la liste d'espèces « très sensibles », etc.

Une généralisation à l'échelle du bassin versant peu précise

Il serait intéressant de représenter la sensibilité écologique **le long du linéaire** de cours d'eau ou en surfacique (**par bassin versant**). Pour cela, les données de pêches ponctuelles pourraient être **généralisées** à une unité surfacique. Les **tronçons SYRAH** sont des tronçons de cours d'eau présentant des caractéristiques géomorphologiques homogènes, dont la cartographie prédictive a été réalisée par le Cemagref en 2008 (Chandesris et al., 2008). L'utilisation des tronçons SYRAH est envisagée pour généraliser les données de pêches, mais la cartographie des tronçons n'est pas disponible pour l'ensemble des cours d'eau de la région et le nombre de tronçon est trop important (plus de onze mille tronçons pour moins de sept mille points de pêches, certains à la même localisation). La cartographie qui en résulterait serait **trop morcelée** pour être intéressante.

Les **zones hydrographiques** sont les bassins versants élémentaires résultant du découpage des six bassins hydrographique français dans la base de données Carthage (IGN, MEDD, 2002). Les niveaux de sensibilité des points de pêche peuvent être assimilés à l'ensemble de la zone hydrographique, par exemple en faisant une moyenne des niveaux de sensibilité des points de pêches présents dans la zone hydrographique. La cartographie suivante en résulte (Figure 25).

Une cartographie restant illustrative pour compléter la liste qui constitue le résultat final

Toutefois, ces cartographies ne sont pas intégrées dans la boîte à outils. En effet, seule la présence des espèces jugées sensibles est considérée : un travail en fonction de leur effectif, de leur abondance relative et de l'évolution dans le temps de ces paramètres pourrait être plus pertinent.

De plus, les peuplements de poissons changent fortement en fonction de la morphologie, en particulier des faciès d'écoulement et des habitats disponibles : ils varient beaucoup à une courte échelle spatiale (Malavoi, Bravard, 2010 ; Onema, 2010b). Les généraliser à l'échelle de la zone hydrographique est très approximatif. Cette cartographie pourra être précisée grâce à l'ajout de données de pêches plus récentes et couvrant une plus grande part du territoire et permettant éventuellement une étude à l'échelle du tronçon SYRAH.

La liste d'espèces associées à leur niveau de sensibilité écologique reste la ressource principale sur laquelle les services instructeurs pourront s'appuyer pour adapter la méthode de détermination du débit réservé à la sensibilité du milieu.

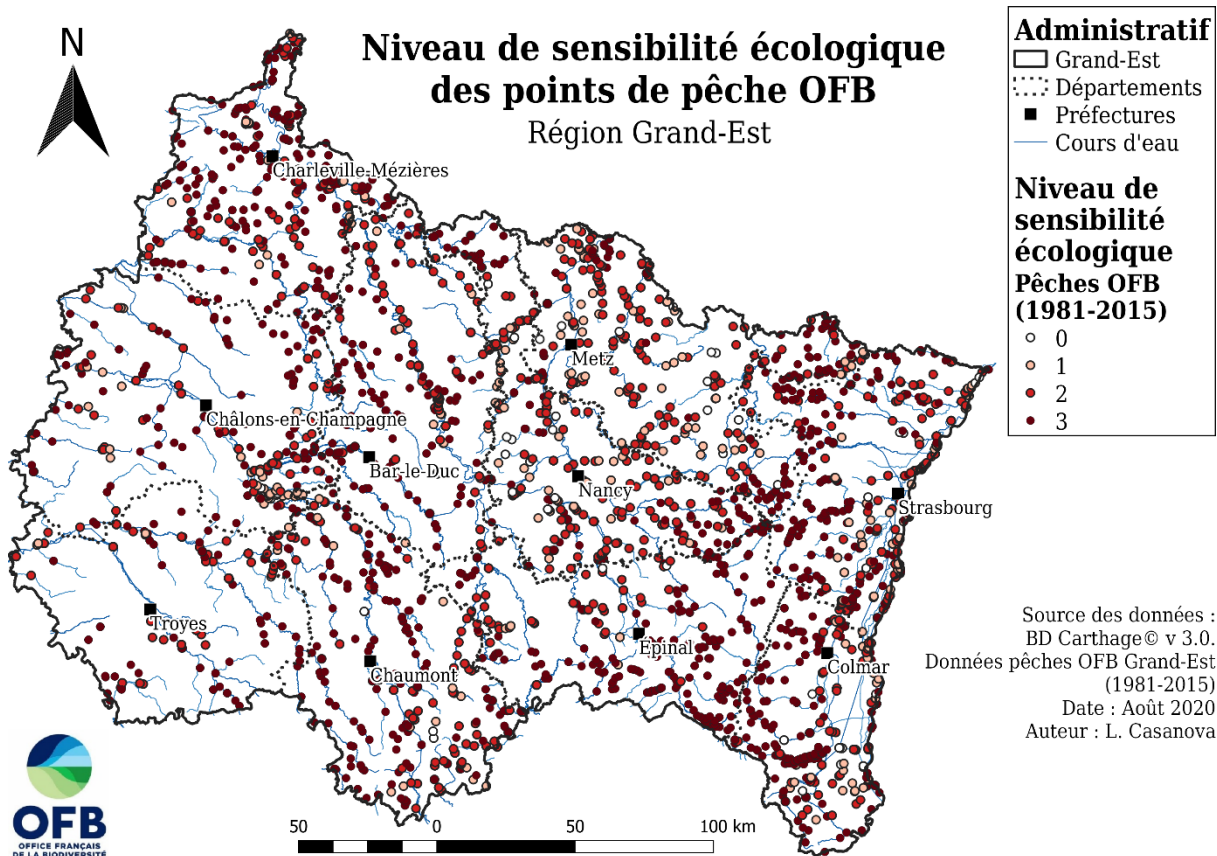


Figure 26 : Niveau de sensibilité des points de pêche OFB (1981-2015).

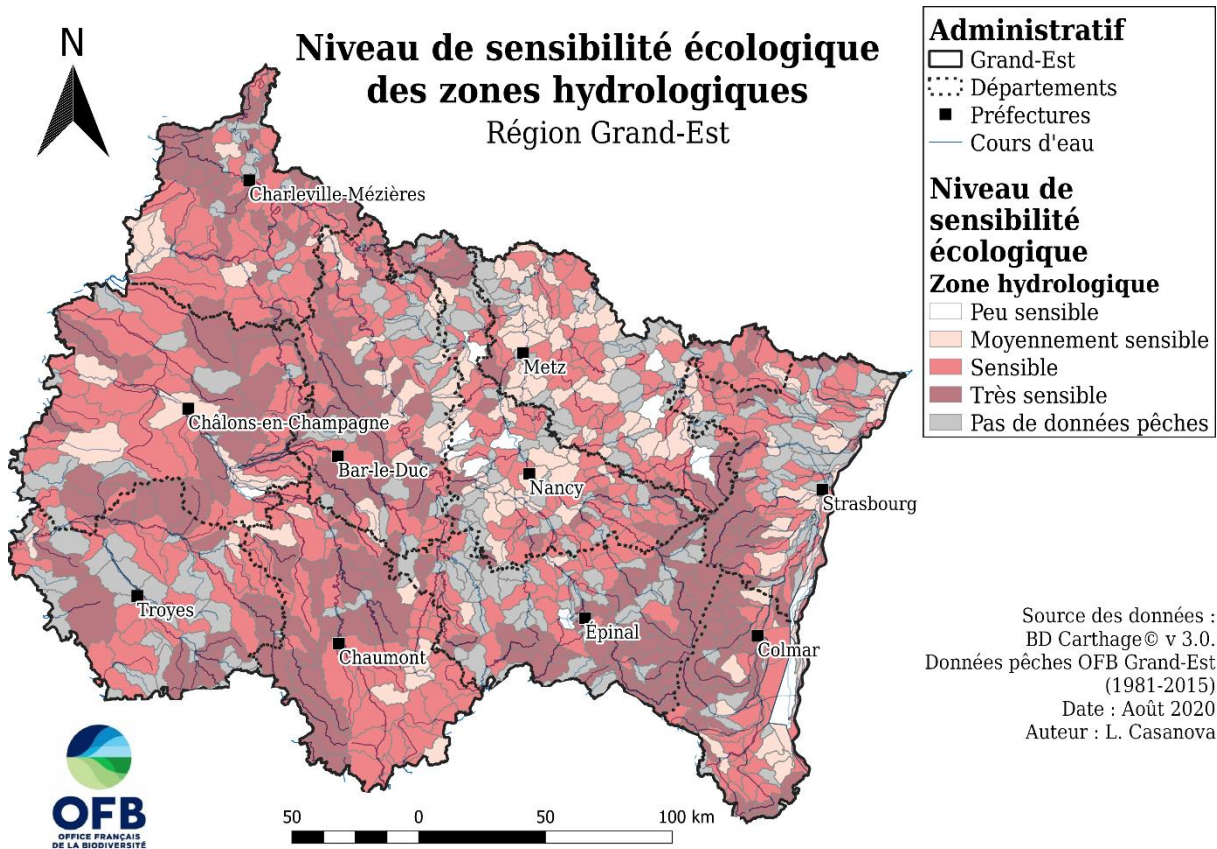


Figure 25 : Niveau de sensibilité écologique des zones hydrologiques, basées sur une moyenne des niveaux de sensibilités écologiques des points de pêche par zone hydrologique.

4.2.4. Limites et perspectives de la détermination de la sensibilité écologique

Choix des espèces à étudier

L'article L214-18 précise que le débit minimum biologique doit garantir « *la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage* ». Or, certains ouvrages datent de plusieurs siècles : des **espèces remarquables** comme l'esturgeon ou le saumon atlantique ont **disparu** de certains ou de l'ensemble des cours d'eau de la région (MNHN, 2020). Certains outils tels que le réseau hydrographique théorique (RHT) pourraient permettre d'avoir une idée de leur répartition potentielle en l'absence d'ouvrages (Pella et al., 2012). Toutefois, excepté dans le cas de programme de réintroduction, il n'est pas réaliste de tenir compte des exigences écologiques d'espèces régionalement disparues.

Une réflexion selon le prisme des **espèces dites parapluies**, c'est-à-dire nécessitant une diversité d'habitat telle que la protéger engendrerait la conservation d'un cortège important d'autres espèces aurait été intéressante (Simberloff, 1998). Toutefois, trop peu de littérature scientifique est disponible sur ce sujet pour les cours d'eau.

Que faire des espèces remarquables ?

L'étude de la sensibilité écologique ne tient ici compte que des **préférences écologiques des espèces** présentes. Toutefois, la présence **d'espèces menacées, protégées ou réglementées** pourraient être plus strictement prise en compte. Ces statuts sont rassemblés dans la boîte à outils pour les soixante-sept espèces disponibles dans le rapport sur l'IPR+ (MNHN, 2020 ; Pont et al., 2013). La méthode pourra donc **évoluer ou être adaptée** facilement. De plus, la prolifération des **espèces exotiques envahissantes** est favorisée par les barrages (Poff et al., 1997). Toutefois, il reste complexe d'appréhender l'impact de ces espèces de poissons allochtones sur l'écosystème cours d'eau. Leur prise en compte pourra toutefois être envisagée lors d'évolutions de la méthode.

4.3. La sensibilité morphologique et le niveau de pression dépendent d'un nombre important de facteurs

Les ressources permettant d'appréhender la sensibilité morphologique et le niveau de pression de l'ouvrage sur le milieu ont été élaborées de la même manière et sont présentées dans une même partie.

4.3.1. L'objectif : des listes d'indicateurs pour se placer sur des gradients

D'une part, outre le régime hydrologique et les espèces aquatiques, la modification du régime d'écoulement naturel **transforme la morphologie du cours d'eau** (§1.1.3.). Ainsi, **la sensibilité morphologique** est un dernier aspect de la sensibilité qu'il peut être intéressant de considérer pour évaluer l'impact sur les milieux. Certains milieux risquent d'être plus dégradés que d'autres par l'altération du régime d'écoulement : leur sensibilité morphologique est donc plus importante. Toutefois, la morphologie d'un cours d'eau peut varier fortement à l'échelle de quelques dizaines de mètres. Ainsi, il n'est pas possible de réaliser une étude de l'ensemble des cours d'eau de la région.

D'autre part, un ouvrage exerce une certaine **pression sur le milieu**, qui dépend de ses **caractéristiques** (longueur influencée, volume prélevé, durée de fonctionnement...). Aucun ouvrage de prélèvement n'est identique et aucun élément factuel ne permet de discriminer les niveaux de pression (ex : si la longueur influencée est supérieure à tant de mètres, le niveau de pression est fort).

Ainsi, le choix est fait de procéder de **la même manière** pour la sensibilité morphologique et pour le niveau de pression. Une approche au cas par cas étant impossible, des listes d'indicateurs permettant de placer le site ou l'ouvrage sur des gradients sont proposées. La sensibilité morphologique et le niveau de pression sont étudiés vis-à-vis des débits minimums uniquement, soit face à une réduction des débits.

4.3.2. Des indicateurs opposant deux extrêmes

Une étude bibliographique permet la mise au point de deux tableaux d'indicateurs, un pour la sensibilité morphologique du site, l'autre pour le niveau de pression de l'ouvrage.

Ils proposent des listes non exhaustives de critères opposant **deux extrêmes**, entre lesquels la sensibilité morphologique ou le niveau de pression varient **graduellement** (Tableau 10 et Tableau 11). Le site peut être placé sur ces gradients pour indiquer le niveau de sensibilité morphologique et du niveau de pression de l'ouvrage.

Tableau 10 : Indicateurs du niveau de sensibilité morphologique du site (Malavoi, Souchon, 2002 ; Onema, 2010a ; Malavoi, Bravard, 2010 ; AFB, 2017 ; Onema, 2008)

Site à la morphologie très sensible	Site à la morphologie peu sensible
<p>Caractéristiques du lit mineur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Morphologie non altérée. - Rapport $\frac{\text{Surface mouillée}}{\text{Profondeur}}$ important. - Transport solide important. - Substrat alluvial grossier (gravier, sable et plus). - Succession de faciès d'écoulement diversifiés. Présence de radiers. - Bancs alluviaux mobiles. <p>Caractéristiques du lit majeur et du corridor rivulaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présence d'annexes hydrauliques fonctionnelles. - Présence de caches en bordure du cours d'eau. - Connexion avec les berges. - Ripisylve fournie et variée. - Cours d'eau mobile dans le lit majeur. - Corridor rivulaire présentant une mosaïque d'espaces naturels. 	<p>Caractéristiques du lit mineur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Morphologie altérée (cours d'eau recalibré ou rectifié). - Rapport $\frac{\text{Surface mouillée}}{\text{Profondeur}}$ faible. - Transport solide faible. - Substrat alluvial fin (limon, argile, vase). - Substrat alluvial à granulométrie uniforme. - Faciès d'écoulement homogénéisés. Majorité de chenaux et plats lenthiques. <p>Caractéristiques du lit majeur et du corridor rivulaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'annexes hydrauliques. - Pas de caches en bordure du cours d'eau. - Pas de connexion avec les berges. - Corridor rivulaire (ripisylve) dénaturé ou supprimé. - Cours d'eau non mobile dans le lit majeur. - Corridor rivulaire très homogène.

Tableau 11 : Indicateurs du niveau de pression exercé par l'ouvrage.

Ouvrage exerçant une pression forte vis-à-vis de la réduction du débit	Ouvrage exerçant une pression peu importante vis-à-vis de la réduction du débit
<p>Niveau d'équipement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapport $\frac{\text{Débit maximal dérivé}}{\text{Module}}$ élevé. - Rapport $\frac{\text{Volume de prélèvement autorisé}}{\text{Module}}$ élevé. <p>Mode de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement par éclusées. - Longue période de fonctionnement sur l'année. <p>Nouvelle pression :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création, remise en eau ou en exploitation d'un ouvrage. <p>Échelle d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tronçon court-circuité très long. - Durée de maintien du tronçon court-circuité en bas débits longue. - Pas de restitution de l'eau au cours d'eau. <p>Cumul avec d'autres ouvrages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Part de tronçons court-circuités grande à l'échelle de la masse d'eau. - Nombreux autres prélèvements à l'échelle de la masse d'eau. 	<p>Niveau d'équipement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapport $\frac{\text{Débit maximal dérivé}}{\text{Module}}$ faible. - Rapport $\frac{\text{Volume de prélèvement autorisé}}{\text{Module}}$ faible. <p>Mode de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'éclusées. - Courte période de fonctionnement sur l'année. <p>Pression existante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ouvrage existant et en état. <p>Échelle d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tronçon court-circuité court. - Durée de maintien du tronçon court-circuité en bas débits courte. - Restitution de l'eau au cours d'eau. <p>Cumul avec d'autres ouvrages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'autres tronçons court-circuités à l'échelle de la masse d'eau. - Pas d'autres prélèvements à l'échelle de la masse d'eau.

4.4. Perspectives pour la production de ressources sur la sensibilité plus globales

Différentes **pistes d'amélioration des ressources** permettant l'évaluation des sensibilités des sites et de la pression des ouvrages peuvent être envisagées.

La cartographie du niveau de **sensibilité hydrologique** est perfectible. Tout d'abord, une réflexion sur les **chroniques des données utilisées** pourrait être intéressante. En effet, pour beaucoup de stations, des années invalidées sont utilisées ou la longueur des chroniques utilisées est inférieure aux dix-huit années conseillées pour le calcul du module en annexe 4 de la circulaire (MEDDTL, 2011). Le **changement climatique** accentue les étiages (MEDDE, 2012) et son impact sur la sensibilité hydrologique et le débit minimum biologique peut être interrogé. Ces valeurs doivent-elles suivre les tendances du climat ou bien est-il préférable de garder comme références les données non influencées pour tenter d'atténuer les effets du changement climatique sur l'écosystème, possiblement au détriment du bon fonctionnement des ouvrages ? L'approche de la sensibilité hydrologique est ici **limitée au débit d'étiage**. Toutefois, la construction d'ouvrages impacte d'autres composantes du régime d'écoulement naturel qui sont également essentielles au fonctionnement de l'écosystème cours d'eau, comme par exemple le régime de crues naturelles. La réflexion sur le débit réservé pourrait s'étoffer d'une réflexion plus globale sur **l'ensemble des débits naturels**.

Afin de standardiser l'étude de la sensibilité morphologique d'un site, une réflexion sur la généralisation de l'utilisation du protocole Carhyce pourrait être engagée (AFB, 2017).

La pression des ouvrages sur un cours d'eau peut également être cartographiée, en recensant l'ensemble des prélèvements qu'il subit et la longueur des tronçons court-circuités. Ce travail laborieux a été réalisé par l'équipe « Appui technique » du service police de la DR pour quelques bassins versants (Annexe 5), il pourrait être intéressant de le généraliser à l'échelle de la région Grand-Est pour une meilleure appréhension du cumul de la pression des ouvrages à l'échelle de la masse d'eau.

La sensibilité hydrologique des cours d'eau a été cartographiée à l'échelle de la région Grand-Est, grâce à une étude statistique des données de débits des stations de la banque HYDRO. Cette cartographie est donc objective et le niveau de sensibilité hydrologique de chaque station est estimé en fonction de celui des autres stations. Une liste de poissons sensibles à la réduction des débits, adaptées aux espèces présentes dans la région, alerte sur le niveau de sensibilité écologique du site. Elle a été mise au point en mettant en regard le classement en groupes écologiques réalisé lors de l'étude IPR+ avec l'étude bibliographique de l'impact de la réduction des débits et de la construction d'ouvrage sur le régime d'écoulement naturel. Enfin, deux listes non exhaustives d'indicateurs permettent d'approcher la sensibilité morphologique du site et le niveau de pression de l'ouvrage en fonction de leurs caractéristiques respectives. Elles ont été établies grâce à des études bibliographiques et des discussions au sein de l'équipe « appui technique » du service police de la DR. Ces ressources constituent un premier pas vers une appréhension globale de la sensibilité des cours d'eau et de la pression engendrée par les ouvrages, mais des pistes d'approfondissement sont envisageables.

5. Conclusion

Les impacts d'une **réduction des débits sur l'écosystème** cours d'eau peuvent être **notables**. Tout ouvrage s'opposant à l'écoulement, par exemple pour prélever ou dériver de l'eau doit laisser transiter en aval un **débit minimal** pour assurer le **bon état** de l'écosystème. Bien que cette thématique soit ancienne, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006, complétée par deux circulaires (en 2009 et 2011) a fait évoluer cette obligation. Il en découle une **augmentation** du nombre de dossiers à instruire portant sur les débits réservés.

Dans la région Grand-Est, l'importance de la thématique et le type de dossiers concernés par des débits réservés varient en fonction des départements, du fait de l'hétérogénéité des cours d'eau et des usages de l'eau. De fait, les services de l'État, en charge de l'instruction de ces dossiers, signalent des difficultés pouvant être attribuées à la **complexité technique** de cette thématique et à un **manque de formation** spécifique.

L'objectif de ce travail est de fournir des **outils d'aide à la décision** pour **optimiser** le traitement des dossiers, en permettant aux services instructeurs de gagner en **autonomie**. La production de ressources homogènes doit permettre de donner une **vision d'ensemble** sur la région Grand-Est.

Une démarche aiguillant le **choix d'une méthode de détermination du débit réservé en fonction des caractéristiques du site et de l'ouvrage** a été mise au point. À destination des services instructeurs, elle s'adapte au **niveau de connaissances** de l'utilisateur ou l'utilisatrice et à sa volonté **d'approfondissement**. Les ressources conçues pour étudier la sensibilité hydrologique, écologique et morphologique des sites et le niveau de pression des ouvrages offrent des **pistes** pour appréhender **l'impact des ouvrages sur les cours d'eau** de la région afin de **faciliter l'instruction** des dossiers portant sur la détermination des débits réservés. Si l'ensemble des acteurs se l'approprie, elle devrait permettre un traitement des dossiers plus **efficace** et plus **homogène** tout en fluidifiant les échanges entre les DDT et l'OFB. Il pourrait être intéressant de mettre au point des **documents de communication** ou de vulgarisation sur le sujet des débits minimums, afin de mobiliser au maximum les services instructeurs.

Les entretiens réalisés auprès des agents.e.s des DDT ont permis d'identifier leurs **difficultés et questionnements majeurs**. Ils seront transmis au pôle de recherche et développement en éco-hydraulique, centre d'expertise de l'OFB en charge de la thématique DMB afin de réfléchir à des solutions.

L'étude de la sensibilité des cours d'eau de la région et des **pressions hydrologiques** qu'ils subissent a été amorcée. La cartographie de la **sensibilité hydrologique** offre une **vue d'ensemble** sur la situation des cours d'eau de la région. Une **méthode d'évaluation** de la **sensibilité écologique** en fonction des espèces présentes a été mise au point. L'ajout de données de pêches supplémentaires permettra d'obtenir une cartographie à une échelle plus fine et donc plus pertinente. Enfin, la **caractérisation des pressions hydrologiques** sur les cours d'eau de la région n'a pas pu être approfondie : ce travail pourra faire l'objet d'une étude complémentaire.

Dans la continuité de ce travail, une série d'étapes est nécessaire pour assurer sa **pérennité**. La démarche va tout d'abord être **testée auprès des DDT**, afin de l'améliorer. Si elle est prise en main par les services de l'Etat, son adaptation à destination des **bureaux d'études** pourra être envisagée. Enfin, des documents détaillant l'approche mise en œuvre ont été conçues lors du stage et permettront une éventuelle **adaptation de la démarche à d'autres régions**.

La réflexion sur les débits minimums a été menée à **l'échelle de l'ouvrage**. Toutefois, afin de s'adapter durablement au changement climatique, une **réflexion à une échelle plus globale** semble essentielle.

Pour finir, ce projet s'est révélé pour moi très intéressant et gratifiant, malgré la situation sanitaire et le confinement qui ont retardé la prise en main du sujet et limité mon insertion dans l'équipe.

Références bibliographiques

- AFB, 2017. Carhyce, protocole terrain et analyse de tronçons de cours d'eau. In : [en ligne]. 2017. [Consulté le 31 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/386>.
- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, 2014. Connaissance du bassin Rhin-Meuse. In : [en ligne]. 2014. [Consulté le 17 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.eau-rhin-meuse.fr/connaissance_du_bassin_rhin_meuse.
- AMOROS, C. et PETTS, G.-E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris : Masson. Collection d'écologie, 24.
- BALUFIN, Étienne, 2016. *Étude de détermination des Débits Minimums Biologiques sur la Doller et la Lauch*. S.l. Conseil Départemental du Haut-Rhin.
- BARAN, Philippe, 2008. Le débit élément clé de la vie des cours d'eau : bilan des altérations et des possibilités de restauration. In : *La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau*. décembre 2008. p. 26-33. DOI 10.1051/lhb:2008068.
- BARAN, Philippe, 2011. *Les Méthodes d'aide à la détermination de valeur de débit Minimum - Circulaire relative à l'application de l'article L. 214- 18 du code de l'environnement, Annexe 2*. S.l. Onema.
- BARAN, Philippe, LONGUEVERGNE, Laurent, OMBREDANE, Dominique, DUFOUR, Simon et DUPONT, Nadia, 2015. *Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau* [en ligne]. S.l. Creseb. Disponible à l'adresse : <https://www.gesteau.fr/sites/default/files/creseb-guidedmb.pdf>.
- BEISEL, Jean-Nicolas, 2018. *Cours : Notions de base en écologie et hydroécologie*. S.l. ENGEES.
- BENSETTITI, F., GAUDILLAT, V. et HAURY, J., 2002. *Cahier d'habitats Natura 2000 - Habitats humides (Tome 3)* [en ligne]. S.l. MATE / MAP / MNHN. Disponible à l'adresse : <http://www.natura2000.fr/documentation/references-bibliographiques/cahier-habitats-natura-2000-habitats-humides>.
- BERREBI, R., BELLIARD, J. et BOËT, P., 1998. Caractéristiques des peuplements piscicoles sensibles aux altérations du milieu dans les cours d'eau du bassin de la Seine. In : *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 1998. n° 348, p. 47-64. DOI 10.1051/kmae:1998051.
- BORDERELLE, A.L. et HUGER, F., 2012. Mise en œuvre de l'article L.214-18 sur les ouvrages de prise d'eau existants en Bourgogne/Franche-Comté - Proposition d'une méthodologie d'aide à la détermination des DMB. In : . ONEMA DiR B/FC. 2012.
- BUNN, Stuart et ARTHINGTON, ANGELA H., 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. In : *Environmental Management*. 1 octobre 2002. Vol. 30, n° 4, p. 492-507. DOI 10.1007/s00267-002-2737-0.
- CHANDESRIS, A., MENGIN, N., MALAVOI, J.R., SOUCHON, Y., PELLA, H. et WASSON, J.G., 2008. *Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau. Principes et méthodes. Version V 3.1* [en ligne]. S.l. Cemagref. Disponible à l'adresse : documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000016d1f9b03677ce94555bbd2.
- CODE DE L'ENVIRONNEMENT, Article L214-18. *Article L214-18* [en ligne]. Article L214-18. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=DCA5767B2065C2E2A97436BEEACD5033.tplgfr26s_1?idArticle=LEGIARTI000006833152&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160810&categorieLien=id&oldAction=&nbResultRech=.
- CODE DE L'ENVIRONNEMENT, Article L215-7-1. *Article L215-7-1*. Article L215-7-1. S.l. : s.n.

CODE DE L'ENVIRONNEMENT, Articles L214-1 à L214-19. *Chapitre IV : Activités, installations et usage - Articles L214-1 à L214-19* [en ligne]. Articles L214-1 à L214-19. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse :

[https://beta.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000006159223/2020-04-](https://beta.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000006159223/2020-04-24?highlight=Code%20de%20l%27environnement&tab_selection=all&searchField=ALL&query=Code+de+l%27environnement&page=1&init=true#LEGISCTA000006159223)

[24?highlight=Code%20de%20l%27environnement&tab_selection=all&searchField=ALL&query=Code+de+l%27environnement&page=1&init=true#LEGISCTA000006159223](https://beta.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000006159223/2020-04-24?highlight=Code%20de%20l%27environnement&tab_selection=all&searchField=ALL&query=Code+de+l%27environnement&page=1&init=true#LEGISCTA000006159223).

CODE RURAL (ANCIEN), 410apr. J.-C. *Article 410* [en ligne]. Article 410apr. J.-C. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse :

https://beta.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006071366/LEGISCTA000006138237/1985-07-01/#LEGIARTI000006580189.

CODE RURAL ET DE LA PÊCHE MARITIME, Article L232-5. *Article L232-5* [en ligne]. Article L232-5. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse :

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006582700&cidTexte=LEGITEXT000006071367&dateTexte=19891104>.

CONSEIL EUROPÉEN, 1992. *DIRECTIVE 92/43/CEE DU CONSEIL du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages* [en ligne]. 1992. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31992L0043>.

COURRET, Dominique, 2014. *Problématique des impacts de la gestion par éclusées des aménagements hydroélectriques sur les populations de poissons : caractérisation des régimes d'éclusées et du niveau de perturbation hydrologique* [en ligne]. These de doctorat. S.l. : Toulouse, INPT. [Consulté le 3 octobre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.theses.fr/2014INPT0127>.

DDT EURE, 2014. *Doctrine pour la mise en place du débit minimum biologique*. 2014. S.l. : s.n.

ELOSEGI, Arturo et SABATER, Sergi, 2013. Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts. In : *Hydrobiologia*. 1 juillet 2013. Vol. 712, n° 1, p. 129-143. DOI 10.1007/s10750-012-1226-6.

EUROPEAN UNION, 2015. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive Guidance Document No. 31. In : [en ligne]. 2015. DOI 10.2779/775712. Disponible à l'adresse : [https://circabc.europa.eu/sd/a/4063d635-957b-4b6f-bfd4-b51b0acb2570/Guidance%20No%2031%20-%20Ecological%20flows%20\(final%20version\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/4063d635-957b-4b6f-bfd4-b51b0acb2570/Guidance%20No%2031%20-%20Ecological%20flows%20(final%20version).pdf).

GORMAN, Owen T. et KARR, James R., 1978. Habitat Structure and Stream Fish Communities. In : *Ecology*. 1978. Vol. 59, n° 3, p. 507-515. DOI 10.2307/1936581. JSTOR

IGN, 2017. *BD TOPO® version 2.2*. 2017. S.l. : s.n.

IGN et MEDD, 2002. *BD CARTHAGE© v3.0 - Descriptif de contenu*. S.l. IGN, Ministère de l'Ecologie et du Développement durable.

KOMSTA, Lukasz et NOVOMESTKY, Frederick, 2015. *R package moments : Moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests* [en ligne]. 2015. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : <http://www.r-project.org>.

LAMOUREUX, N. et CAPRA, H., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. In : *Freshwater Biology*. 2002. Vol. 47, n° 8, p. 1543-1556. DOI <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00879.x>.

LAMOUREUX, N. et SOUCHON, Y., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. In : *Freshwater Biology*. 2002. Vol. 47, n° 8, p. 1531-1542. DOI <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00880.x>.

LAMOUREUX, Nicolas, AUGÉARD, Bénédicte, BARAN, Philippe, CAPRA, Hervé, LE COARER, Yann, GIRARD, Virginie, GOURAUD, Véronique, NAVARRO, Lionel, PROST, Oriane, SAGNES, Pierre, SAUQUET, Éric et TISSOT, Laurence, 2016. Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée. In : *Hydroécologie Appliquée*, EDP Sciences. 2016. p. 0. DOI 10.1051/hydro/2016004.

LÊ, S., JOSSE, J. et HUSSON, F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. Journal of Statistical Software. In : *Journal of Statistical Software*. 2008. Vol. 25, n° 1, p. 1-18.

LOI RELATIVE À L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE - ARTICLE 10, 1919. *Loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique* [en ligne]. 1919. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : https://beta.legifrance.gouv.fr/jorf/texte_jo/JORFTEXT000000498687.

MALAVOI, J. R. et SOUCHON, Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. In : *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 2002. n° 365-366, p. 357-372. DOI 10.1051/kmae:2002040.

MALAVOI, Jean-René et BRAVARD, Jean-Paul, 2010. *Éléments d'hydromorphologie fluviale* [en ligne]. S.l. Onema. Comprendre pour agir. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-comprendre-agir/elements-dhydromorphologie-fluviale>.

MEDAD, 2009. *Circulaire DGALN/DEB/SDEN/EN4 du 21 octobre 2009 relative à la mise en œuvre du relèvement au 1er janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants* [en ligne]. 2009. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/consultation_document/7073.

MEDD, 2006. *Arrêté du 17 mars 2006 relatif au contenu des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux*. [en ligne]. 2006. S.l. : s.n. [Consulté le 21 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000609821?tab_selection=all&searchField=ALL&query=d%C3%A9bit+objectif+d%27%C3%A9tiage&searchType=ALL&fonds=LEGI&typePagination=DEFAULT&pageSize=10&page=1&tab_selection=all#all.

MEDDE, 2012. *Explore 2070 - Hydrologie de surface - Rapport de synthèse* [en ligne]. S.l. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/node/44>.

MEDDE, 2015. HYDRO. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 13 août 2020]. Disponible à l'adresse : <http://hydro.eaufrance.fr/conditions.php?urlRetour=>.

MEDDTL, 2011. *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* [en ligne]. 2011. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2011/07/cir_33531.pdf.

MÉTÉO60, 2020. Image radars des précipitations en France - Suivi pluie et neige en direct - Cumul annuel. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 15 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.meteo60.fr/radars-precipitations-pluie-france.php>.

MÉTÉO-FRANCE, 2020. Le climat en France métropolitaine. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 17 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://meteofrance.com/comprendre-climat/france/le-climat-en-france-metropolitaine>.

MNHN, 2020. INPN. In : *Inventaire National du Patrimoine Naturel* [en ligne]. 2003 2020. [Consulté le 17 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>.

MTES, 2019. *Note technique du 25 février 2019 relative aux modalités d'organisation de l'appui des établissements publics aux services déconcentrés de l'Etat dans le cadre des instructions en police administrative de l'eau et de la nature* [en ligne]. 2019. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2019/02/cir_44418.pdf.

NAIMAN, Robert, BUNN, Stuart, NILSSON, Christer, PETTS, Geoff, PINAY, Gilles et THOMPSON, Lisa, 2002. Legitimizing Fluvial Ecosystems as Users of Water: An Overview. In : *Environmental management*. 1 novembre 2002. Vol. 30, p. 455-67. DOI 10.1007/s00267-002-2734-3.

OBERDORFF, Thierry, PONT, Didier, HUGUENY, Bernard et CHESSEL, Daniel, 2001. A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. In : *Freshwater Biology*. 2001. Vol. 46, n° 3, p. 399-415. DOI 10.1046/j.1365-2427.2001.00669.x.

OBERDORFF, Thierry, PONT, Didier, HUGUENY, Bernard et PORCHER, Jean-Pierre, 2002. Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France. In : *Freshwater Biology*. 2002. Vol. 47, n° 9, p. 1720-1734. DOI 10.1046/j.1365-2427.2002.00884.x.

OBSERVATOIRE RÉGIONAL SUR L'AGRICULTURE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE GRAND-EST, 2018. *Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en Grand Est* [en ligne]. S.l. Disponible à l'adresse : https://grandest.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Grand-Est/44_ORACLE_Livret_grand_est_2018_vf.pdf.

OFB, 2020. L'Office français de la biodiversité. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 24 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://ofb.gouv.fr/loffice-francais-de-la-biodiversite>.

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, 2020. *Glossaire - Eau & Milieux Aquatiques* [en ligne]. S.l. OIEau, OFB. Disponible à l'adresse : <http://www.glossaire-eau.fr/>.

ONEMA, 2008. Syrah-ce, évaluer les risques d'altération hydromorphologique | Le portail technique de l'OFB. In : [en ligne]. 2008. [Consulté le 31 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/368>.

ONEMA, 2010a. *La restauration des cours d'eau - Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* [en ligne]. S.l. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/node/217>.

ONEMA, 2010b. *Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* [en ligne]. S.l. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/node/217>.

ONEMA, 2010c. *ROE, recensement des obstacles sur les cours d'eau et évaluation de leur impact écologique* [en ligne]. 2010. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/367>.

ONEMA DR RHÔNE-ALPES, 2013. *Éléments de cadrage régional pour la conduite du chantier du relèvement du débit réservé en aval des ouvrages*. 2013. S.l. : s.n.

PELLA, Hervé, LEJOT, Jérôme, LAMOUREUX, Nicolas et SNELDER, Ton, 2012. Le réseau hydrographique théorique (RHT) français et ses attributs environnementaux. In : *Géomorphologie : relief, processus, environnement*. 4 novembre 2012. Vol. 18, n° vol. 18-n° 3, p. 317-336. DOI 10.4000/geomorphologie.9933.

POFF, N. LeRoy, ALLAN, J. David, BAIN, Mark B., KARR, James R., PRESTEGAARD, Karen L., RICHTER, Brian D., SPARKS, Richard E. et STROMBERG, Julie C., 1997. The Natural Flow Regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. In : *BioScience*. 1 décembre 1997. Vol. 47, n° 11, p. 769-784. DOI 10.2307/1313099.

POFF, N. et ZIMMERMAN, Julie, 2010. Ecological Responses to Altered Flow Regimes: A Literature Review to Inform the Science and Management of Environmental Flows. In : *Freshwater Biology*. 1 janvier 2010. Vol. 55, p. 194-205. DOI 10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x.

PONT, Didier, DELAIGUE, Olivier, BELLIARD, Jérôme, MARZIN, Anahita et LOGEZ, Maxime, 2013. *Programme IPR+ - Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE - Version V.2.0 de l'indictauer* [en ligne]. S.l. Onema, Irstea. Disponible à l'adresse : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/prog-iprplus-revision-ipr-application-dce-v.2.0fev2013.pdf>.

- POULET, Nicolas, SÉON-MASSIN, Nirmala et BASILICO, Laurent, 2012. Biodiversité aquatique : du diagnostic à la restauration. In : *Synthèse du séminaire «Biodiversité aquatique : quelles pistes pour la gestion des rivières et plans d'eau ?»*. Paris : Les rencontres de l'Onema. 2012.
- RICHTER, Brian, BAUMGARTNER, Jeffrey, WIGINGTON, Robert et BRAUN, David, 1997. How much water does a river need? In : *Freshwater Biology*. 1997. Vol. 37, n° 1, p. 231-249. DOI 10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x.
- SCHIEMER, F., GUTI, G., KECKEIS, H. et STARAS, M., 2004. Vol I : *Ecological status and problems of the Danube River and its fish fauna: a review* [en ligne]. S.l. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. [Consulté le 28 mai 2020]. Value of rivers fisheries. In: Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries. Disponible à l'adresse : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV20120125037>.
- SCHMUTZ, Stefan et MOOG, Otto, 2018. Dams: Ecological Impacts and Management. In : SCHMUTZ, Stefan et SENDZIMIR, Jan (éd.), *Riverine Ecosystem Management: Science for Governing Towards a Sustainable Future* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. Aquatic Ecology Series. p. 111-127. [Consulté le 17 août 2020]. ISBN 978-3-319-73250-3. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_6.
- SIDO, Bruno, 2005. *Projet de loi sur l'eau et les milieux aquatiques* [en ligne]. Sénat. [Consulté le 2 avril 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.senat.fr/rap/104-271/104-271_mono.html#toc87.
- SIMBERLOFF, Daniel, 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passé in the landscape era? In : *Biological Conservation*. 1 mars 1998. Vol. 83, n° 3, p. 247-257. DOI 10.1016/S0006-3207(97)00081-5.
- THE NATURE CONSERVANCY, 2018. Environmental Flow Components. In : *Conservation Gateway* [en ligne]. 2018. [Consulté le 12 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/EnvironmentalFlowComponents/Pages/environmental-flow-compon.aspx>.
- TRIPLET, Patrick, 2020. *Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature - Sixième édition*. S.l. : s.n. ISBN 978-2-9552171-5-3.
- UICN COMITÉ FRANÇAIS, MNHN, SFI et AFB, 2019. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine*. Paris, France.
- VIE PUBLIQUE.FR, 2018. Que sont les services déconcentrés ? In : [en ligne]. 2018. [Consulté le 2 octobre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/fiches/20230-que-sont-les-services-deconcentres>.
- WASSON, J.G., CHANDESRI, A. et BLANC, L., 2002. *Les hydro-écorégions de France métropolitaine - Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés*. [en ligne]. S.l. Irstea. Disponible à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/hal-02580774/document>.

Liste des contacts

Nom	Institution	Poste
Vincent BURGUN	OFB – DR Grand Est	Service Police - Chef de l'unité « appui technique » -
Julien VIALARD	OFB – DR Grand Est	Service Police - Unité « appui technique »
Florent PIERRON	OFB – Direction Grand Est	Service Police - Unité « appui technique »
Joséphine LOPEZ	OFB – Direction Grand Est	Service Connaissance - Chargée de mission géomatique
Sébastien MANNE	OFB – DR Grand Est	Service Connaissance - Chef de service
Emmanuel PEREZ	OFB – DR Grand Est	Service police - Chef de service adjoint -
Sébastien MOUGENEZ	OFB – DR Grand Est	Service Police – Chef de l'unité Contrôles
Ludovic LE MARESQUIER	OFB – DR Grand Est	Adjoint à la directrice régionale Chef du service Police
Pierre SAGNES	OFB - DG	Direction "Recherche et Appui Scientifique" Chef du pôle de recherche et développement en éco-hydraulique OFB-IMFT-PPRIME
Karine SCHMITT	DREAL Grand-Est	Chargée de mission Eau – Continuité écologique
Maxime DELOLME	DREAL Grand-Est	Chef de l'unité Hydrométrie Meuse-Moselle
Elric PESCHELOCHE	DDT Meuse	Chargé Police de l'eau – Ouvrages hydrauliques (correspondant Continuité)
Axel MARTINEZ	DDT Haute-Marne	Chargé de mission ouvrages hydrauliques
Cédric CARRE	DDT Ardennes	Technicien Police de l'eau
Delphin DHYEVRES	DDT Aube	Technicien Police de l'eau
Laurent CARRE	DDT Aube	Technicien Police de l'eau
Philippe BIERMANN	DDT Marne	Chargé de mission animation des politiques et des polices environnementales
Guillaume WIDIEZ	DDT Marne	Technicien Police de l'eau
Valérie MUFF	DDT Marne	Technicienne Police de l'eau
Sylvie KRAHENBUHL	DDT Haute-Marne	Chargée de mission Eau
Jérôme MINATEL	DDT Meurthe-et-Moselle	Chef d'unité police des milieux aquatiques et de la pêche
Jean-Pascal FLORIN	DDT Meurthe-et-Moselle	Référent hydroélectricité et continuité écologique
Patrick ADOLPH	DDT Meurthe-et-Moselle	Technicien Police de l'eau
Céline DELLINGER	DDT Moselle	Responsable de l'unité Police de l'eau
Pascal ANDRES	DDT Moselle	Inspecteur Police de l'Eau
Liborio CICCARELLO	DDT Moselle	Inspecteur Police de l'Eau
Frédéric POLLET	DDT Moselle	Inspecteur Police de l'Eau
Tom COMBAL	DDT Bas-Rhin	Chef de l'unité grand cycle de l'eau

Babeth PRINCET	DDT Bas-Rhin	Chargée de mission continuité écologique
Isabelle MONTRIEUL	DDT Haut-Rhin	Adjointe au responsable du bureau de l'eau et milieux aquatiques
Christophe FLOTTE	DDT Haut-Rhin	Inspecteur de l'environnement
Eric REMONT	DDT Haut-Rhin	Chargé de mission environnement
David BLANS	DDT Haut-Rhin	Service Eau, Environnement, Espaces Naturels
Cécile ROYER	DDT Vosges	Cheffe de bureau de la Police de l'eau – milieux
Pascal DURAND	DDT Vosges	Technicien Police de l'eau
Jacques GILLET	DDT Vosges	Technicien Police de l'eau
Pierre STEINBACH	OFB – DR Centre Val de Loire	Mission de coordination de bassin Loire-Bretagne
Yannick RAMADIER	OFB – DR Occitanie, SD Aude	Référent appui technique ERC Référent continuité écologique pour la région Occitanie
Hélène ANQUETIL	OFB - DR Bretagne	Ingénieure appui aux acteurs et mobilisation territoriale
Olivier LEDOUBLE	OFB - DR Bretagne	Technicien « Appui Technique » - Service Police
Nicolas BORDES	OFB - DR Nouvelle-Aquitaine	Service appui aux acteurs et mobilisation territoriale - Chef de service adjoint
Karl Kreutzenberger	OFB - DG	Service « Eau et Milieux Aquatiques » - Unité R&D « Migrateurs amphihalins » OFB-INRAe-Agrocampus Ouest-UPPA - Chargé de mission « Migrateurs amphihalins et hydromorphologie »
Christophe MAUGENDRE	OFB – DR Normandie	Service Police - Ingénieur « Appui Technique »
Philippe DURAND	AgroParisTech	Enseignant-chercheur AgroParisTech Nancy Co-responsable de la dominante Gestion des Milieux Naturels UMR SILVA
Bruno FERRY	AgroParisTech	Maître de conférences chez AgroParisTech

Table des annexes

Annexe 1 : Guide d'entretien	73
Annexe 2 : Liste des ressources existantes rassemblées dans la boîte à outils	76
Annexe 3 : Liste des 341 stations utilisées pour le travail sur la sensibilité hydrologique	78
Annexe 4 : Liste des espèces étudiées dans le rapport sur l'IPR +	80
Annexe 5 : Carte des tronçons court-circuités de la vallée de la Moselotte	82
Annexe 6 : Fiches-précisions faisant partie de la boîte à outils	83
Annexe 7 : Présentation de la notice d'utilisation de la démarche	
Annexe 8 : Exemple fiche synthèse de la banque HYDRO	

Annexe 1 : Guide d'entretien

Présentation : Stagiaire à la DR GE de l'OFB, Vincent Burgun unité appui technique du service Police.

Objectif du stage :

- *Stage sur la définition des débits réservés.*
- *Développer une méthodologie à destination des services instructeurs, pour faciliter et homogénéiser le traitement des questions de débits réservés (Qr) sur la région*
- *Contact car je recueille les besoins des services instructeurs pour que la méthode y soit adaptée.*
- *L'idée c'est de récolter un maximum d'informations sur les besoins des services de l'État lié à la thématique des Qr pour que mon stage et d'éventuels travaux ultérieurs puissent y répondre*

Rappel : traitement sera anonyme

Des questions avant qu'on commence ?

Introduction : présentations

- **Présentation** de l'interlocuteur
- Ancienneté sur le poste ?
- Est-ce que vous pourriez rapidement me présenter **les enjeux liés aux cours d'eau sur votre département** ? (*Plutôt des cours d'eau de montagne ou de plaine, spécificité des cours d'eau (ex : pertes karstiques), prélèvements plutôt pour la navigation ou l'agri ou la production hydroélectrique ?*)

Partie 1 : Importance du sujet dans le département

Objectif : Avoir une idée de l'importance de la thématique et de l'intérêt qui y est porté.

- Est-ce que vous êtes **souvent confronté** à la thématique des débits réservés ? (*Instruction des dossiers, contrôles, nombre de dossiers instruits par an si possible*)
- Quelles tendances attendez-vous **dans le futur** ?
- **Combien de personnes au sein de la DDT** travaillent sur des questions de débits réservés ?
- Est-ce que vous diriez que la question des débits réservés est un **sujet souvent discuté** au sein de votre DDT ? (*Sujet prioritaire ?*)

Partie 2 : Pratiques mises en places et difficultés rencontrés au sein de la DDT vis-à-vis de la thématique des débits réservés

Objectif : Récolter les besoins sur le contenu de la méthode, appréhender la connaissance du sujet

- Lorsque vous devez proposer ou vérifier des valeurs de débit réservé, **comment procédez-vous** ? (*Transfert à l'OFB directement ? Préconisation d'une étude DMB ?*) **Démarche type / mode opératoire** ? (*À la fin de la série d'entretiens : assurer de savoir dans quels cas appel à OFB et dans quels cas étude DMB est préconisée.*)
- Est-ce que vous avez des **zones prioritaires** définies sur votre département (*zones à enjeux...*) pour la thématique de DMB ? Si oui, **comment sont-elles déterminées** ?
- Quelles sont les **difficultés majeures** auxquelles vous êtes confronté lors de l'instruction des dossiers « débits réservés » ? (*Calcul du module ? accès aux valeurs d'étiages ?*)
- Je vous propose que l'on regarde ensemble **la démarche de définition** des débits réservés (*cf annexe Ibis*). À chaque étape, rencontrez-vous des difficultés ? Lesquelles ? (*Cette question est peu pertinente car c'est le pétitionnaire qui réalise cette démarche, non pas les services instructeurs. Elle n'était plus posée à la fin.*)
- Est-ce qu'il y a des **points qui ne figurent pas** sur cette démarche qui vous posent des difficultés ? (*Par exemple des cas particuliers, cumul d'infrastructures...*)

- Comment se passent le **suivi et le contrôle** des débits réservés ? Est-ce que vous rencontrez des **difficultés** ? *Bcp de contrôles ?*

Partie 3 : Suggestions sur le fond et la forme de la méthode

Objectif : récolter des avis et des idées pour la méthode

Pour l'instant, ce que je visualise comme méthode c'est :

- o *Une **note méthodologique** avec **démarche** à appliquer (**arbre des décisions**) → savoir quelles **méthodes** utiliser pour quels enjeux ; souligner les **points de vigilance** à avoir*
 - o ***Boîte à outil** avec des **ressources** pour mettre en œuvre cette méthode : identification de secteurs prioritaires, carte de sensibilité, d'enjeux...*
- Est-ce que vous pensez qu'une telle méthode vous serait **utile** ?
 - Est-ce que cette **forme** vous **conviendrait** ? Des **suggestions** ?
 - En vous **basant sur vos expériences** avec les dossiers de Qr, avez-vous des idées de **points de vigilance** particuliers dans la définition des DMB (que vous savez qu'il est **bon d'avoir en tête** ou que vous auriez aimé avoir en tête) ? (*Problèmes ou contradictions ou impasses auxquels vous avez été confronté*)
 - Avez-vous des **suggestions d'outils/ressources supplémentaires** qui vous sembleraient utiles ?

Merci beaucoup, est ce que vous voulez ajouter quelque-chose ?

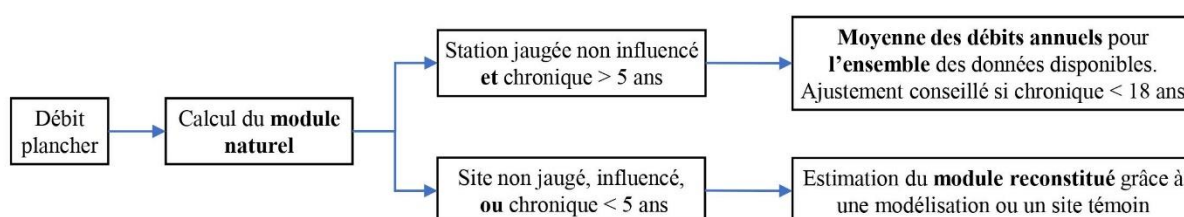
Annexe 1bis :

Démarche de définition du débit réservé d'après les circulaires relatives à la définition des débits réservés

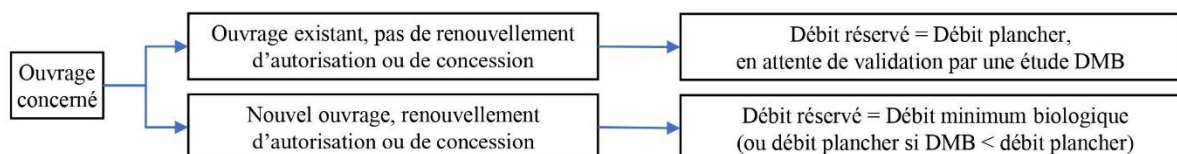
Le débit réservé correspond à la plus forte valeur entre le débit minimum biologique et le débit plancher, soit :

- Débit plancher :
 - 1/10^{ème} du module naturel dans la plupart des cas
 - 1/20^{ème} du module naturel dans les cas où le module est supérieur à 80 m³/s OU pour les ouvrages qui contribuent à la production d'électricité en période de pointe de la consommation (liste fixée par décret en Conseil d'Etat)
- Débit minimum biologique (DMB), « garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux », déterminé par une étude des impacts d'une réduction du débit à l'aval de l'ouvrage sur les espèces vivant dans les eaux.

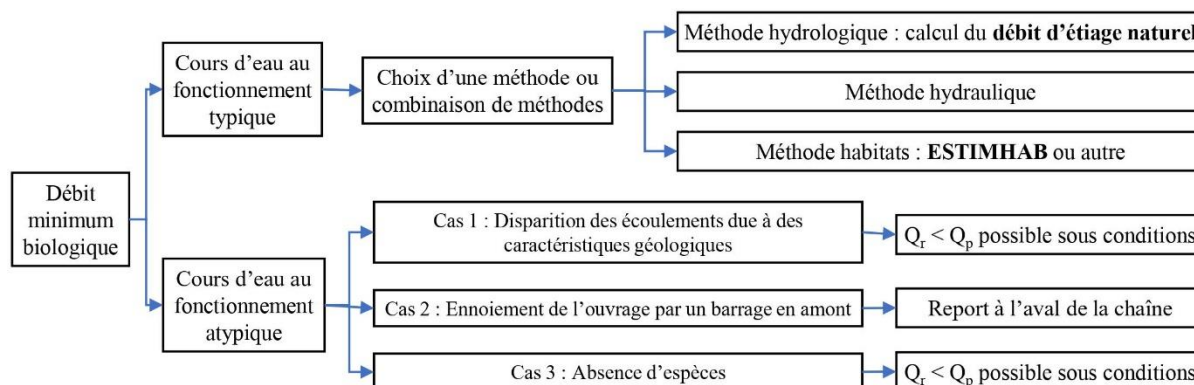
1) Dans tous les cas, il est nécessaire de déterminer le débit plancher



2) En fonction de l'ouvrage :



3) Si une étude Débit minimum biologique est obligatoire :



4) Attention aux cas particuliers

Modulation du débit réservé possible au cours de l'année « régime hydraulique réservé » :

- Décision motivée par le pétitionnaire, qui constitue une préservation ou une amélioration des milieux aquatiques et des usages de l'ouvrage.

- La **moyenne annuelle des débits modulés** doit être **supérieure au débit réservé**

ET

- Le débit le plus bas doit être **supérieur à la moitié du débit réservé**

Autres cas particuliers :

- Prise en compte des débits des dispositifs de libre circulation des espèces
- Débit restitué peut descendre en dessous du débit réservé par arrêté préfectoral (durée limitée)

Sources : 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

Circulaire du 21 octobre 2009 relative à la mise en œuvre du relèvement au 1er janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants

Annexe 2 : Liste des ressources existantes rassemblées dans la boîte à outils

- **PATBiodiv** <https://patbiodiv.afbiodiversite.fr/>
- **Formation** : Modèles d'habitats et aide à la détermination des débits minimums, Pierre Sagnes, OFB. <https://formation.ofb.fr/session/fiche?id=2792>

- **Ressources techniques générales :**

SITE PILOTE « PAYS DE SAVOIE – ANNECY – MONT-BLANC – LÉMAN », 2010. Débits minima, Débits biologiques, Débits objectifs d'étiage, Synthèse méthodologique et proposition d'harmonisation pour les cours d'eau de tête de bassin.

BARIL, D., COURRET, D. et FAURE, B., 2014. Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du débit minimal. Onema.

LE COZ, J., CAMENEN, B., DRAMAIS, G., RIBOT-BRUNO, J., FERRY, M. et ROSIQUE, J.L., 2011. Contrôle des débits réglementaires - Application de l'article L. 214-18 du Code de l'environnement. Onema.

Périodes de reproduction/incubation des espèces de poissons – Source : PatBiodiv

MALAVOI, J. R. et SOUCHON, Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. In : Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.

- **Ressources techniques – Reconstitution module et méthodes habitats :**

LEBECHEREL, L. et al., 2015. Connaître les débits des rivières : quelles méthodes d'extrapolation lorsqu'il n'existe pas de station de mesures permanentes ? ONEMA. Comprendre pour agir.

BRIGODE, Pierre, ANDRÉASSIAN, Vazken, BOURGIN, François et LOBLIGEIOIS, Florent, 2014. Reconstitution de 55 années de débits sur plus de 10 000 points non-jaugés en France par régionalisation d'un modèle pluie-débit. ONEMA, Irstea.

DREAL 2014. Estimation des modules au droit des prises d'eau de VNF dans la région Lorraine et sur la Meuse et ses affluents dans les Ardennes – Note et tableau.

RIFFARD, M. et al., 2012. Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France. ONEMA, Irstea. – Rapport et cartes

AFB AURA, 2017 - Détermination du débit minimum biologique au droit d'une prise d'eau – Synthèse de la démarche à suivre pour interpréter les résultats d'un modèle d'habitat

LAMOUREUX, N., 2008. Estimhab - Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau. Cemagref. – Rapport et outil

GINOT V., 1998, EVHA - Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière. Cemagref. - Guide, méthode et limites

- **Guides et expertises :**

BARAN, Philippe, et al. Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau. Creseb.

UNION EUROPÉENNE et MTES, 2015. Les débits écologiques dans la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau. Traduction française.

AFB, 2010. Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie. [en ligne]

MALAVOI, Jean-René et BRAVARD, Jean-Paul, 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. Onema. Comprendre pour agir.

ADEME et ISL, 2011. Vers la centrale hydroélectrique du XXIème siècle - Guide pour le développement de petites centrales hydroélectriques dans le respect des milieux naturels. France Hydroélectricité.

BRANDEIS, A. et MICHEL, D., 2016. Concilier la continuité écologique des cours d'eau avec la préservation des moulins patrimoniaux, la très petite hydroélectricité et les autres usages. MEEM.

CARLUER, N. et al., 2017. Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique. Onema. Comprendre pour agir.

- **Ressources bibliographiques :**

BARAN, Philippe, 2008. Le débit élément clé de la vie des cours d'eau : bilan des altérations et des possibilités de restauration.

LAMOUREUX, Nicolas, et al, 2016. Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée.

ELOSEGI, Arturo et SABATER, Sergi, 2013. Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts.

BUNN, Stuart et ARTHINGTON, ANGELA H., 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity.

FAHRNER Gwenaëlle. Typologie des impacts potentiels des ouvrages hydroélectriques sur les populations de truite situées en aval. Biodiversité et Ecologie. AgroParisTech, 2010

SOUCHON, Y. et NICOLAS, V., 2011. Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux. Onema,.

POFF, N. et al.,1997. The Natural Flow Regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration.

POFF, N. et ZIMMERMAN, Julie, 2010. Ecological Responses to Altered Flow Regimes: A Literature Review to Inform the Science and Management of Environmental Flows.

RICHTER, Brian et al., 1997. How much water does a river need?

CARLUER, N. et al., 2017. Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique.

Annexe 3 : Liste des 341 stations utilisées pour le travail sur la sensibilité hydrologique

Chaque station est précédée par le numéro du département dans lequel elle se trouve (08 : Ardennes, 10 : Aube, 51 : Marne, 52 : Haute-Marne, 54 : Meurthe-et-Moselle, 55 : Meuse, 57 : Moselle, 67 : Bas-Rhin, 68 : Haut-Rhin, 88 : Vosges. Les codes correspondent à l'identifiant sur la banque HYDRO.

08-H6162010	10-H0210010	51-H5412010	54-A5422010	54-A6731220
08-B7322010	10-H1333010	51-H6423010	54-B2042010	54-A6761010
08-H6201010	10-H0100020	51-H5243010	54-A8071010	54-B4021010
08-B6111010	10-H0800010	51-H6412020	54-A8201010	54-B4132010
08-H6233020	10-H1501010	51-H6313030	54-A5002010	54-A6341010
08-H6221010	10-H0400020	51-H5224310	54-A8122000	54-B4031010
08-H6233110	10-H1713010	51-H6313210	54-A6543010	54-A6431118
08-H6233010	10-H1513210	52-H5033340	54-A6443010	54-A6221010
08-B5172010	10-H0810010	52-H5102010	54-A6953010	54-A6431110
08-H6153020	10-H1051010	52-B0220010	54-A7122010	54-A6311010
08-B5572010	10-H1503510	52-H5042010	54-A8182010	55-H5122330
08-B5600010	10-H1700010	52-U0715010	54-A5012010	55-A8021010
08-B7200010	10-H2602010	52-H5023010	54-A5500610	55-H5102040
08-B7200000	51-H6021010	52-H1001010	54-A5431010	55-H6053010
08-B5020010	51-H6021020	52-B1052010	54-A6903810	55-B2130010
08-B5322010	51-H5142620	52-H5083020	54-A5730610	55-H6113010
08-B4631010	51-H5153010	52-H5033310	54-A5110610	55-H5112310
08-H6303810	51-H6023210	52-H5031020	54-A5110608	55-H6102010
08-H6303840	51-H5173110	52-H5083050	54-A7213010	55-H5142610
10-H0413010	51-H5172010	52-H5062010	54-A7821010	55-A8006210
10-H0503010	51-H5204210	52-H5083070	54-A7352010	55-H5122310
10-H1051020	51-H6402010	52-H5053210	54-A6541110	55-H5122340
10-H0321040	51-H5213310	52-H5071040	54-A6571110	55-H6122010
10-H1503910	51-H5412030	52-H5071050	54-A7010610	55-H5122350
10-H1201010	51-H6412010	52-H1122020	54-A8322010	55-B2052010
10-H1362010	51-H1603010	52-H1122010	54-B4001010	55-B4572010
10-H1051030	51-H5091010	52-U0704010	54-A6941020	55-B1340010
10-H2473010	51-H5201010	52-H5071010	54-A6941010	55-B2220010
10-H0400010	51-H6423020	52-H1302010	54-A6872010	55-B3010010
10-H0203030	51-H6402030	52-U0040504	54-B4352010	55-B3103010
10-H1231010	51-H6033210	52-H5011020	54-A5723010	55-B3150020
10-H0702010	51-H6402040	54-A5622010	54-A6921010	55-B3120010

55-H5102020	57-A8883010	67-A3262010	68-A2052020	88-A4442010
55-H5102030	57-A9001050	67-A3311010	68-A1522020	88-U0020010
55-B3003010	57-A9013050	67-A3301010	68-A2332110	88-A5242010
55-B4601010	57-A9612010	67-A3250210	68-A1080330	88-A5261020
55-B4253010	57-A8612010	67-A3712010	68-A2012020	88-A4250640
55-B4224310	57-A9402110	67-A3902010	68-A2042010	88-B1322010
57-A9737310	57-A9532005	67-A2280350	68-A1462050	88-A5261010
57-A8401010	57-A9532010	68-A1080320	68-A1462020	88-A4362030
57-A9832010	67-A2352010	68-A2062010	68-A1512010	88-A4173010
57-A9132050	67-A2352020	68-A1552020	68-A2113010	88-A4333010
57-A9192060	67-A2312020	68-A1462010	68-A2023030	88-A6051020
57-A9862010	67-A3782110	68-A1320310	68-A2073010	88-A4362020
57-A9021040	67-A2860112	68-A1340310	68-A1432010	88-A6151030
57-A9752010	67-A2860110	68-A1235010	68-A1350310	88-A6701210
57-A8431010	67-A3832010	68-A1202010	68-A1000030	88-A5303010
57-A8853010	67-A2782010	68-A1470030	68-A1502030	88-A6640310
57-A7881010	67-A2342110	68-A1226910	68-A1502040	88-A6653010
57-A7881020	67-A9352050	68-A1310310	68-A2120200	88-U0124010
57-A6812010	67-A2532010	68-A1436910	68-A1050310	88-A4632010
57-A9731210	67-A2713710	68-A1202050	68-A2132010	88-A6001010
57-A9021010	67-A2702010	68-A1202020	68-A2052010	88-A6142010
57-A9072050	67-A9091050	68-A1204410	68-A2122010	88-A6621212
57-A9942020	67-A2732010	68-A2030100	68-A1502020	88-A6621210
57-A9942010	67-A2710670	68-A1242010	68-A1122020	88-A6232010
57-A7581020	67-A2762090	68-A1133010	68-A1554020	88-U0104010
57-A8500610	67-A9091060	68-A1222020	68-A1554030	
57-A9200100	67-A2512010	68-A1222010	68-A0220200	
57-A7930061	67-A2240310	68-A1122010	68-A2102010	
57-A7930610	67-A2612010	68-A2040100	88-B1092010	
57-A9301010	67-A2932010	68-A2035310	88-B1100000	
57-A9221010	67-A3492020	68-A1202030	88-B1150010	
57-A7701010	67-A2230310	68-A1402020	88-B1282010	
57-A9311050	67-A3430210	68-A1252010	88-A4020610	
57-A8732010	67-A3792010	68-A1152010	88-B2012010	
57-A7642010	67-A2842010	68-A1072010	88-A4050620	
57-A8612020	67-A3472010	68-A1150200	88-A4200630	
57-A9251050	67-A3422010	68-A2322120	88-A4140202	
57-A8902010	67-A3501010	68-A1207510	88-A4142010	
57-A9425050	67-A3151010	68-A1515810	88-U0455010	

Annexe 4 : Liste des espèces étudiées dans le rapport sur l'IPR +

(Pont et al., 2013).

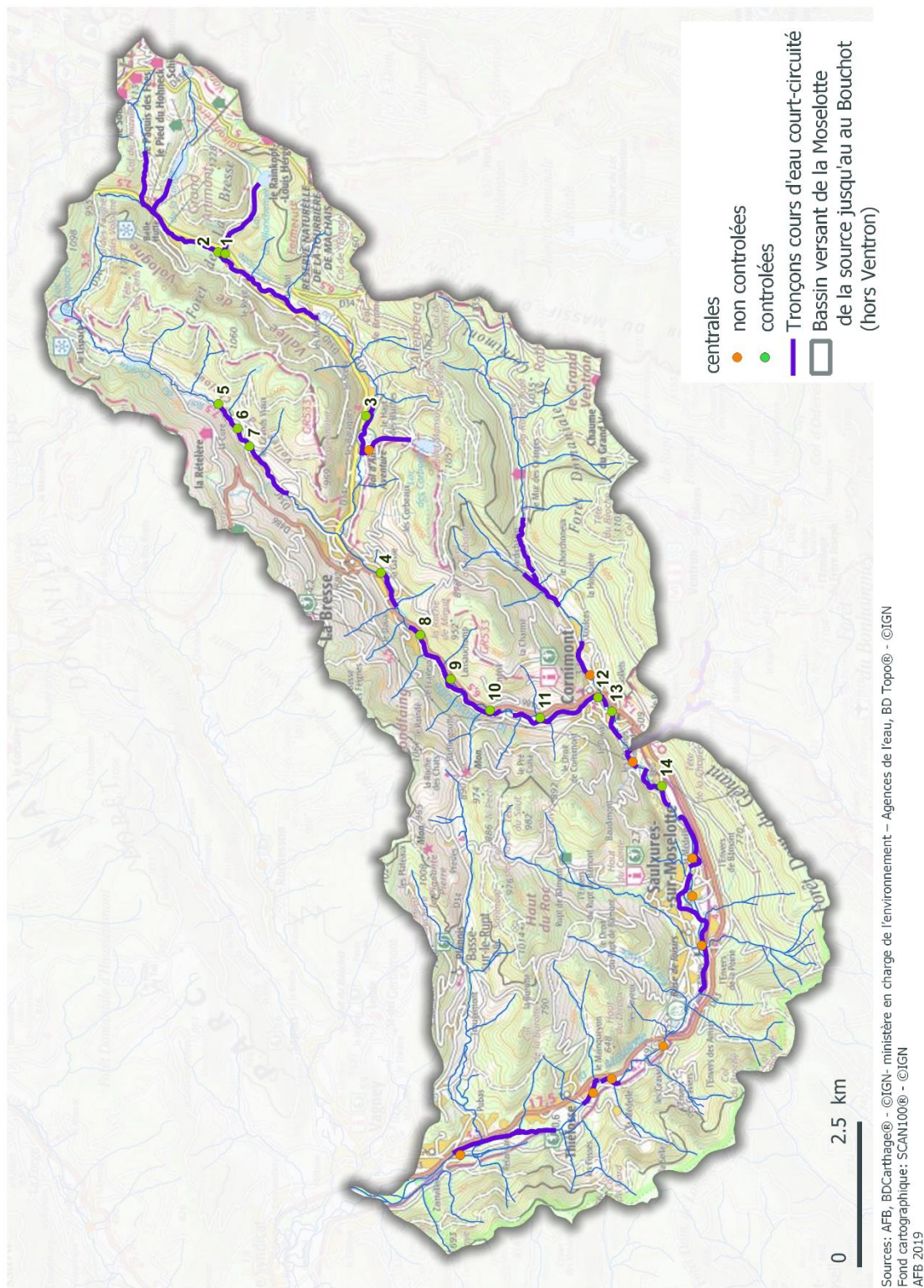
Le niveau de sensibilité est calculé tel que présenté dans la partie 4.2.

Nom commun	Nom latin	Niveau de sensibilité écologique
Huchon	<i>Hucho hucho</i> (Linnaeus, 1758)	3
Lamproie de rivière	<i>Lampetra fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	3
Lamproie	<i>Lampetra</i> sp.	3
Saumon	<i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/de lac	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/de mer	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/fario	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite corse	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	3
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	2
Grande Alose	<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	2
Alose du Rhône	<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	2
Alose feinte	<i>Alosa fallax</i> (Lacepède, 1803)	2
Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	2
Chabot du Lez	<i>Cottus petiti</i> (Bacescu & Bacescu-Mester, 1964)	2
Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	2
Saumon de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	2
Apron du Rhône	<i>Zingel asper</i> (Linnaeus, 1758)	2
Esturgeon européen	<i>Acipenser sturio</i> Linnaeus, 1758	2
Brème du Danube	<i>Ballerus sapa</i> (Pallas, 1814)	2
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Barbeau méridional	<i>Barbus meridionalis</i> (Risso, 1827)	2
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Aspe	<i>Leuciscus aspius</i> (Linnaeus, 1758)	2
Vandoise rostrée	<i>Leuciscus burdigalensis</i> (Valenciennes, 1844)	2
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Lote	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	2
Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	2
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Blageon	<i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827)	2
Vimbe	<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758)	2
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	1
Corégones	<i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Eperlan	<i>Osmerus eperlanus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Cristivomer	<i>Salvelinus namaycush</i> (Walbaum, 1792)	1
Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Flet	<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	1

Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	1
Anguille européenne	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	1
Loche italienne	<i>Cobitis bilineata</i> (Canestrini, 1865)	1
Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linnaeus, 1758)	1
Goujon	<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	1
Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	1
Brème commune	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	0
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	0
Carassin doré	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Carassin commun	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	0
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	0
Carasin doré ou argenté	<i>Carassius sp.</i>	0
Loche épineuse	<i>Cobitis taenia</i> (Linnaeus, 1758)	0
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	0
Gambusie	<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard, 1853)	0
Gambusie	<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)	0
Épinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linnaeus, 1758)	0
Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Able de Heckel	<i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843)	0
Achigan à grande-bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802)	0
Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758)	0
Epirine lippue	<i>Pachychilon pictum</i> (Heckel & Kner, 1858)	0
Perche	<i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	0
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	0
Épinochette	<i>Pungitius laevis</i> (Cuvier, 1829)	0
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	0
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Sandre	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	0
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	0
Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linnaeus, 1758)	0
Tanche	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	0
Umbre pygmée	<i>Umbra pygmaea</i> (De Kay, 1842)	0

Annexe 5 : Carte des tronçons court-circuités de la vallée de la Moselotte

Source : Service Police, DR Grand-Est OFB, 2019



Annexe 6 : Fiches-précisions faisant partie de la boîte à outils

Les différentes méthodes de détermination du débit minimum biologique

Comment déterminer le débit minimum biologique ?

- Grâce à une **étude de l'impact de la réduction des débits sur les espèces aquatiques** vivant en aval de l'ouvrage.
- Étude **proportionnée aux enjeux écologiques et au niveau de pression** exercé par l'ouvrage et **à la charge du pétitionnaire**.
- **Trois types de méthodes** pour estimer le débit minimum biologique, qui peuvent être utilisées **en combinaison** :
- Les **méthodes hydrologiques**, basées sur l'étude des conditions d'étiage naturel.
- Les **méthodes hydrauliques**, utilisant les relations entre les débits et les variations des paramètres hydrauliques (surfaces mouillée, vitesses, hauteurs d'eau).
- Les **méthodes « d'habitat »**, étudiant le lien entre l'évolution **des paramètres hydrauliques** en fonction du **débit** et les préférences des **organismes aquatiques** présents.



Photo : ©Vincent Burgun

La Moselle à Bainville-aux-Miroirs, Réserve Naturelle Régionale de la Moselle Sauvage (54).

Méthodes hydrologiques

Principe :

Débit réservé **proportionnel à la situation naturelle** (débit d'étiage) → courbes de débits classées ou valeurs caractéristiques d'étiage (ex : VCN10 biennal).

Intérêts :

- Approche **simple et rapide**.
- Base de **référence** pour la mise en œuvre d'autres méthodes.

Limites :

- Choix de la valeur guide difficile et non basé sur l'hydromorphologie ou l'écologie.
- **Valeurs de débits d'étiage non perturbées** difficiles d'accès.
- Ne tient pas compte de la **morphologie** du cours d'eau.

Méthodes hydrauliques

Principe :

Débit minimum = débit pour lequel les **vitesses moyennes**, les **profondeurs** et les **surfaces en eau** diminuent très significativement.

Intérêts :

- Investigations de terrain donc prise en compte des **spécificités morphologiques**.

Limites :

- Besoin de choisir des sites de mesures **pertinents et représentatifs**.
- Pas de prise en compte des **critères biologiques**.
- Application difficile aux **cours d'eau en tresses**.

Méthodes habitats

Principe :

Couplage de **modèles hydrauliques** et de **modèles biologiques** pour mettre au point une **relation** entre la **valeur du débit** et la **qualité de l'habitat** pour les espèces présentes.

Intérêts :

- Estimation d'un **potentiel d'habitat** en utilisant quelques variables **hydrauliques et morphologiques** (hauteur, vitesse et substrat) et en incluant une **dimension temporelle** (la variation des débits).

Limites :

- Complexe.
- Nombreuses méthodes ayant chacune des avantages et des inconvénients.
- Résultats sensibles au 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.
- Méthode limitée vis-à-vis de certaines espèces ou stades de développement.

Ressources disponibles dans la boîte à outils :

- **Formation** : Modèles d'habitats et aide à la détermination des débits minimums, Pierre Sagnes, OFB. [Lien](#).
- Circulaire du 5 juillet 2011 relative à l'application art. L. 214-18 du code de l'environnement sur les débits réservés, en particulier : BARAN, 2011. *Annexe 2 : Les Méthodes d'aide à la détermination de valeur de débit Minimum*. Onema.
- SITE PILOTE « PAYS DE SAVOIE - ANNECY - MONT-BLANC - LÉMAN », 2010. *Débits minima, Débits biologiques, Débits objectifs d'étiage, Synthèse méthodologique et proposition d'harmonisation pour les cours d'eau de tête de bassin* - Société d'Economie Alpestre de Haute-Savoie. [Lien](#)
- AFB DR AURA, 2017. *Synthèse de la démarche à suivre pour interpréter les résultats d'un modèle d'habitat*.
- LAMOUROUX et al., 2016. *Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée*. In : Hydroécologie Appliquée, EDP Sciences. 2016. DOI [10.1051/hydro/2016004](https://doi.org/10.1051/hydro/2016004).
- BARAN, et al. 2015. *Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau* Creseb. [Lien](#).

Sources : Article L.214-18 du code de l'environnement ; 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 ; Lamouroux, 2016 ; Pierre Sagnes.

Déterminer le module d'un cours d'eau

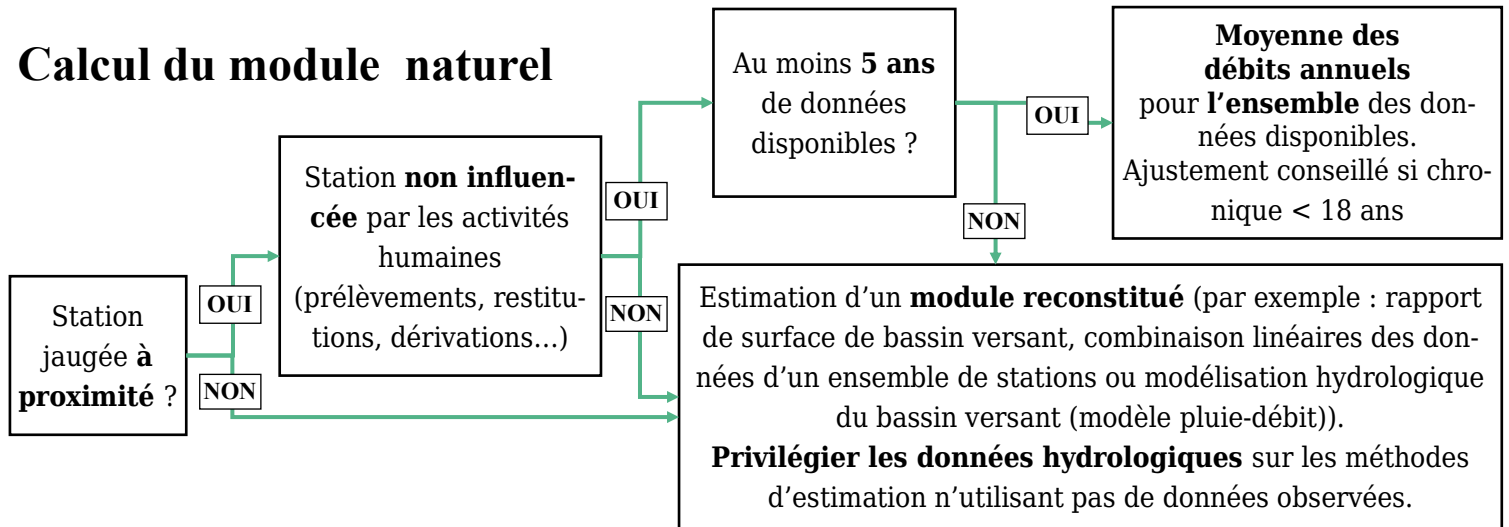
Définitions :

- **Module** (m^3/s) = Débit moyen interannuel = **Moyenne des débits annuels** en un point d'un cours d'eau.
- **Débit plancher** (Q_P) = **10^{ème} du module** (ou 20^{ème} du module si module > 80 m^3/s ou si ouvrage contribue à la production d'électricité en période de pointe de consommation (liste : R.214-111-3 du code de l'environnement)).
- **Débit réservé** (Q_R) ≥ **Débit plancher** (Q_P).

Données à utiliser :

- 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...).
- **Données publiques** prioritairement (DREAL, banque HYDRO).
- **Au minimum 5 ans** de données.
- Utilisation de **toutes les données disponibles** (quelle que soit la longueur de la chronique).

Calcul du module naturel



À fournir par le pétitionnaire :

- Éléments justifiant la méthode retenue,
- Résultats obtenus (éléments morphologiques, données géologiques, données pluviométriques, etc.),
- Incertitudes accompagnant le calcul du module, (ex : renseignements sur l'homogénéité de la chronique utilisée), permettant une analyse critique du calcul.

En cas de construction d'ouvrage ou en renouvellement :

- Possibilité de demander que le site envisagé soit équipé d'un dispositif de mesures de débit en continu, durant la phase de pré-instruction du dossier,
- Élément d'appréciation supplémentaire, si modalités jugées techniquement recevables (y compris longueur de la chronique).

Ressources disponibles dans la boîte à outils :

- LEBECHEREL, et al. 2015. *Connaître les débits des rivières: quelles méthodes d'extrapolation lorsqu'il n'existe pas de station de mesures permanentes?* ONEMA. Comprendre pour agir. [Lien](#)
- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE et DIREN, 2000. *Catalogue des débits mensuels d'étiage et modules - Bassin Rhin-Meuse* [en ligne]. 2000. [Lien](#)
- BATTAGLIA, P., 2014. *Note pour l'estimation des modules au droit des prises d'eau de VNF dans la région Lorraine et sur la Meuse et ses affluents dans les Ardennes*. DREAL Lorraine.
- RIFFARD et al. 2012. *Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France*. ONEMA, Irstea. [Lien](#)
- SAUQUET et CATALOGNE, 2011. *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* - Cemagref. [Lien](#).
- BRIGODE et al., 2014. *Reconstitution de 55 années de débits sur plus de 10 000 points non-jaugés en France par régionalisation d'un modèle pluie-débit*. S.l. ONEMA, Irstea.

Cas où le cours d'eau présente un fonctionnement atypique

Définitions :

- Cours d'eau ou portion de cours d'eau au **fonctionnement atypique** : le fonctionnement rend non **pertinente la fixation d'un débit minimal** tel que prévu dans les cas normaux.
- **Fonctionnement atypique** : établi **par tronçon** de cours d'eau **homogène**, n'amène pas la définition automatique de tout le cours d'eau en fonctionnement atypique.
- **Quatre cas possibles** :
 - **Disparition** d'une part importante **des écoulements** due aux caractéristiques géologiques.
 - **Aval** immédiat de l'ouvrage **noyé** par le remous du plan d'eau d'un autre barrage.
 - **Absence d'un ensemble d'espèces** (liste complète dans l'article R. 214-108 du code de l'environnement).
 - **Cours d'eau méditerranéen** (non pertinent en Grand-Est).

Conséquences pour le débit réservé :

- Débit réservé peut être **inférieur au débit plancher** (10^{ème} du module)
- Ne dispense pas de :
 - Garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux,
 - Réaliser une étude DMB
- Valeur de Q_R fixée compatible avec les objectifs du **schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux** (SDAGE) et de la directive **cadre sur l'eau** (DCE).

Cas 1 : Disparition des écoulements

Pour le pétitionnaire :

- **Protocole de qualification** du fonctionnement atypique en **annexe 3 de la circulaire de 2011** (page 8).
- **Liste des éléments constitutifs de l'étude** à fournir par le pétitionnaire en **annexe 3 de la circulaire de 2011** (page 11).

Le débit fixé permet :

- Un **écoulement hyporhéique** suffisant,
- L'alimentation de **zones humides** éventuelles,
- L'intégrité biologique des **zones refuges**,
- Le bon état du **cours d'eau non atypique** à l'aval.

Cas 2 : Aval ennoyé

Le débit instantané **n'est plus le critère le plus pertinent** pour « *garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux* ».

Le pétitionnaire démontre :

- La **réalité de l'ennoisement** par le remous du plan d'eau aval.

L'autorité administrative :

- Vérifie la garantie de :
 - La **qualité du milieu**,
 - Le fonctionnement des **dispositifs de franchissement**,
 - La vie et la circulation des espèces **dans le linéaire en écoulement potentiellement libre** créé par le marnage en queue de retenue.
- Veille à **l'harmonisation de l'ensemble des règlements d'eau** (ouvrage le plus en aval reste soumis au cas général).

Cas 3 : Absence d'espèces

Le pétitionnaire démontre :

- L'**absence des espèces** listées sur la base d'un inventaire approprié,
- Que cette absence est **historique** et liée à des **paramètres naturels** non influencés par des aménagements anthropiques, et ne peut être compensée par des opérations de renaturation.

L'autorité administrative vérifie :

- la **qualité** de l'inventaire
- 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.

Le débit fixé :

- Ne détériore pas l'état du cours d'eau non atypique l'aval ou d'éventuelles zones humides.

Ressources disponibles dans la boîte à outils :

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, en particulier :

- Annexe 1, Modalités de mise en œuvre de l'article L.214-18 du code de l'environnement
- *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.* Onema, MEDDTL.

Demande de modulation du débit réservé

Définitions :

- Le débit minimal (débit réservé) peut **varier autour de sa valeur selon les périodes de l'année**, pour atteindre des valeurs supérieures à certaines périodes de l'année, et des valeurs inférieures à d'autres périodes.
- Modulation des valeurs de débit réservé sous réserve de **toujours garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes dans le cours d'eau ET l'usage normal** de l'ouvrage.
- Notion de « régime hydraulique réservé » → prise en compte de **l'importance de la variabilité naturelle des débits** dans le maintien de l'intégrité des écosystèmes aquatiques.

Conditions pour moduler :

- Acte d'**autorisation** ou de **concession**
- Demande à motiver dans le cadre de **l'étude d'impact**.
- Réaliser une **étude spécifique pour la modulation**.
- La modulation du débit réservé permet de **toujours garantir** :
 - En permanence la **vie, la circulation et la reproduction** des espèces présentes dans le cours d'eau,
 - Un **usage normal** de l'ouvrage.
- La modulation constitue **une préservation ou une amélioration des milieux aquatiques et des usages** de l'ouvrage :
 - Pas de **détérioration** des milieux aquatiques **ni** des usages de l'ouvrage par rapport à une situation sans modulation.
 - **Amélioration** des milieux aquatiques **ou** des usages de l'ouvrage par rapport à une situation sans modulation.

Proposition d'une modulation :

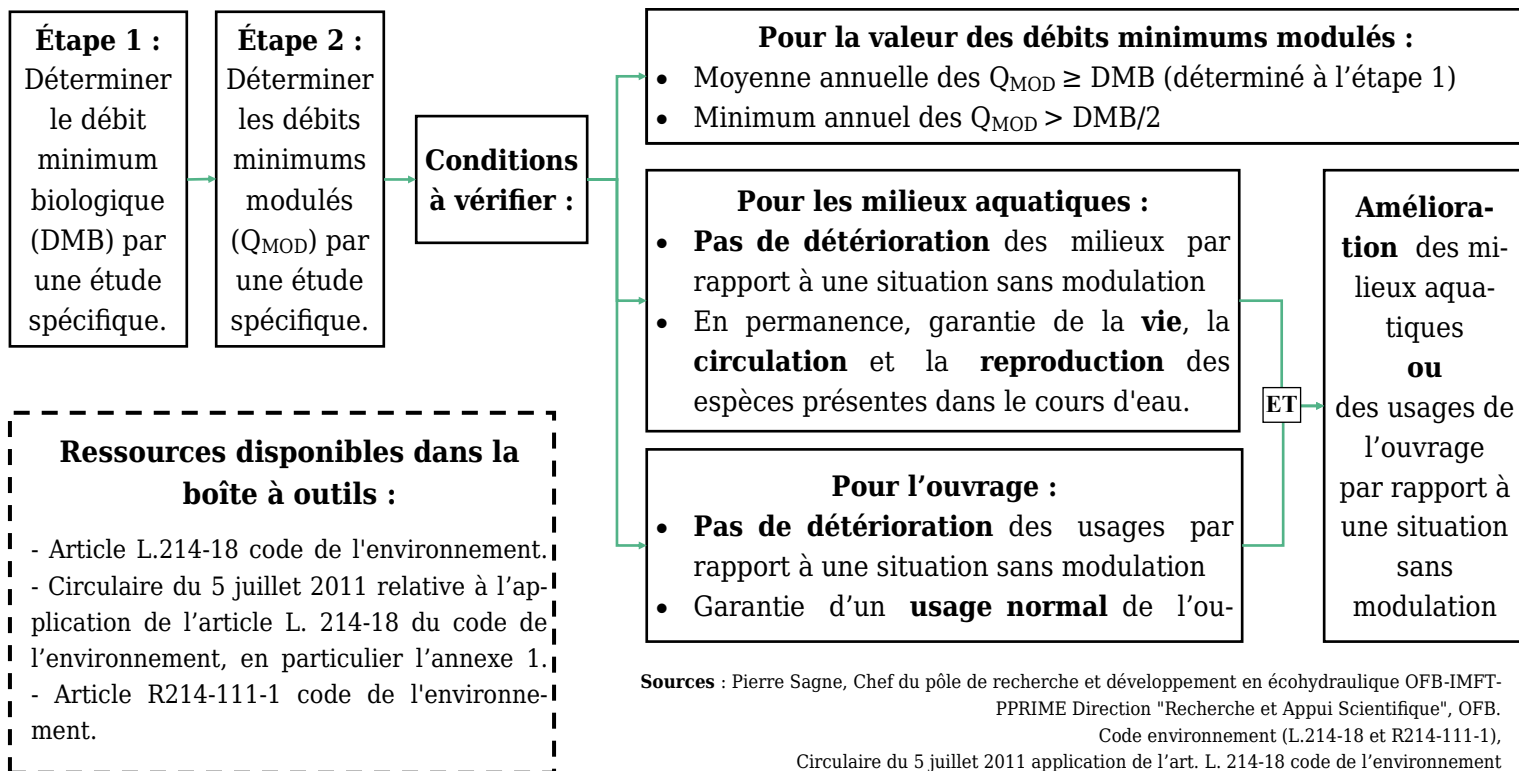
- Par les services de l'État ou le pétitionnaire
- Motivations de la modulation :
 - Pour satisfaire des **usages ou besoins périodiques** au niveau de l'ouvrage ; et/ou
 - Pour permettre **l'accomplissement du cycle biologique des espèces** en recréant **une saisonnalité des régimes hydrologiques** (par exemple répondre aux besoins spécifiques temporaires pour la migration et la reproduction du saumon ou permettre l'inondation des zones de reproduction du brochet en hiver).



Smolt de saumon (*Salmo salar*, L. 1758). Après une transformation physiologique l'adaptant à l'eau de mer, il s'apprête à entamer sa migration vers la mer.

Photo : ©Vincent Burgun

Détermination du débit réservé dans le cas d'une modulation



Sources : Pierre Sagne, Chef du pôle de recherche et développement en écohydraulique OFB-IMFT-PPRIME Direction "Recherche et Appui Scientifique", OFB.
Code environnement (L.214-18 et R214-111-1),
Circulaire du 5 juillet 2011 application de l'art. L. 214-18 code de l'environnement

Cas d'une source entièrement captée

- Dans le cas où une source est entièrement captée, par exemple pour l'alimentation en eau potable, la législation n'identifie pas explicitement d'obligations vis-à-vis du débit réservé.
- Toutefois, en se basant sur **l'arrêté de prescriptions générales du 11/09/2003 applicables aux prélèvements soumis à autorisation**, il est possible de fixer des **prescriptions visant à laisser un débit minimal en aval de la source captée**.
- En effet, d'après l'article 5 : la ou les valeurs du débit instantané et du volume annuel maximum prélevables et les périodes de prélèvement [...] doivent en particulier : [...]
 - pour les prélèvements dans les eaux de surface : [...] **ne pas porter atteinte aux milieux aquatiques et zones humides en relation avec le cours d'eau concerné par le prélèvement** ;
 - pour les prélèvements dans les eaux souterraines : ne pas entraîner un **rabattement significatif de la nappe où s'effectue le prélèvement pouvant provoquer [...] un déséquilibre des cours d'eau, milieux aquatiques et zones humides** alimentés par cette nappe.

Déterminer la sensibilité hydrologique (1/2)

Principe :



Un milieu où les périodes d'étiages sont caractérisées par des débits très bas supportera généralement mieux une diminution des débits engendrée par un ouvrage. Ainsi, la **sensibilité hydrologique** d'une portion de cours d'eau est fonction **de la quantité d'eau en étiage** : plus il y a de débit dans le cours d'eau en étiage, plus sa sensibilité à une diminution importante des écoulements risque d'augmenter.

Ressources :

- Carte de la sensibilité hydrologique sur la région Grand-Est (par station HYDRO et par sous-secteur de bassins versants Carthage©) (voir fiche F2).
- Carte de la robustesse de détermination de la sensibilité hydrologique (voir fiche F2).
- Fichiers SIG disponibles dans la boîte à outils.



Illustration d'une réduction des débits engendrée par un ouvrage de prélèvement sur le Ventron à Cornimont (88).

En haut : débit naturel, en amont du prélèvement

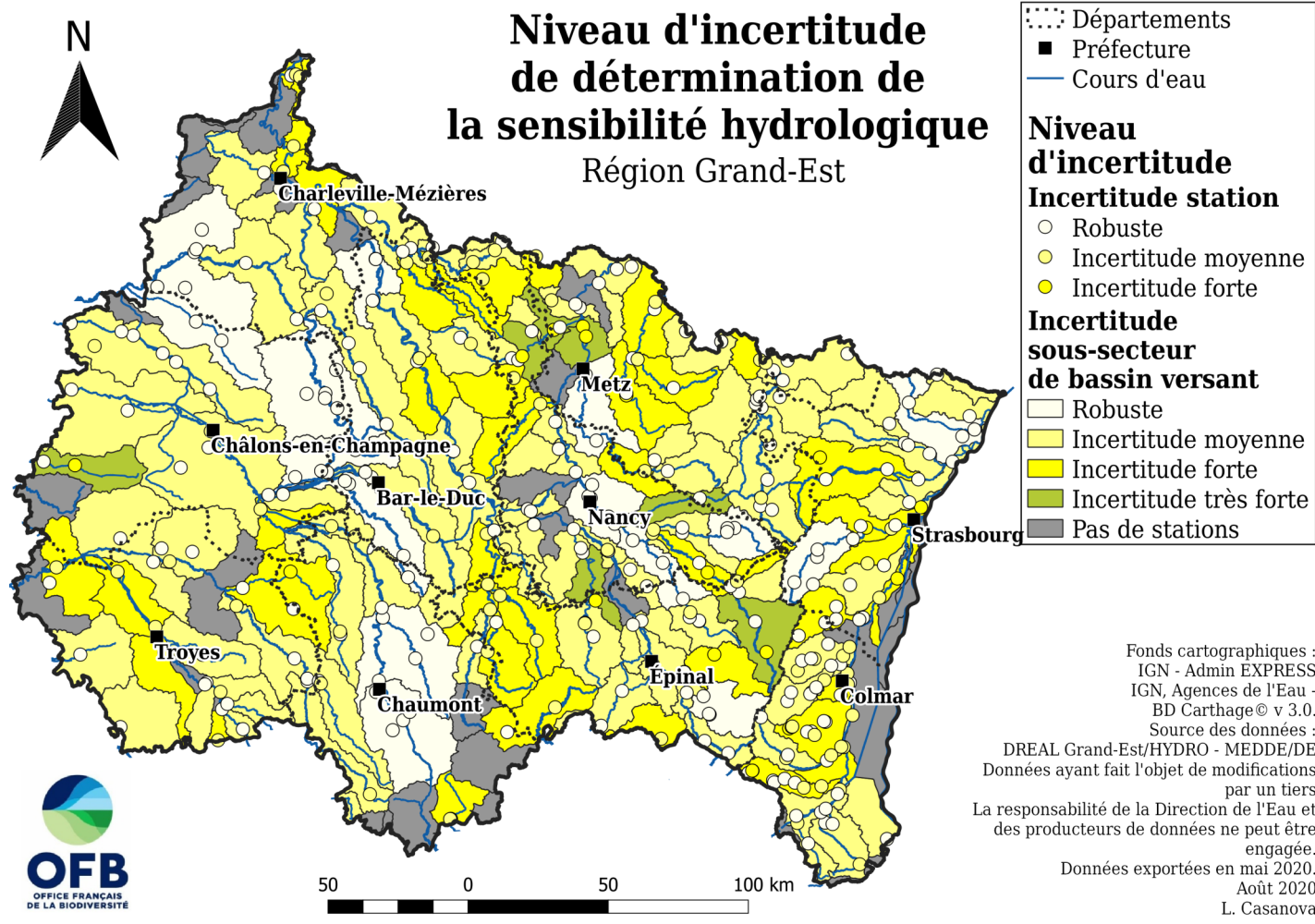
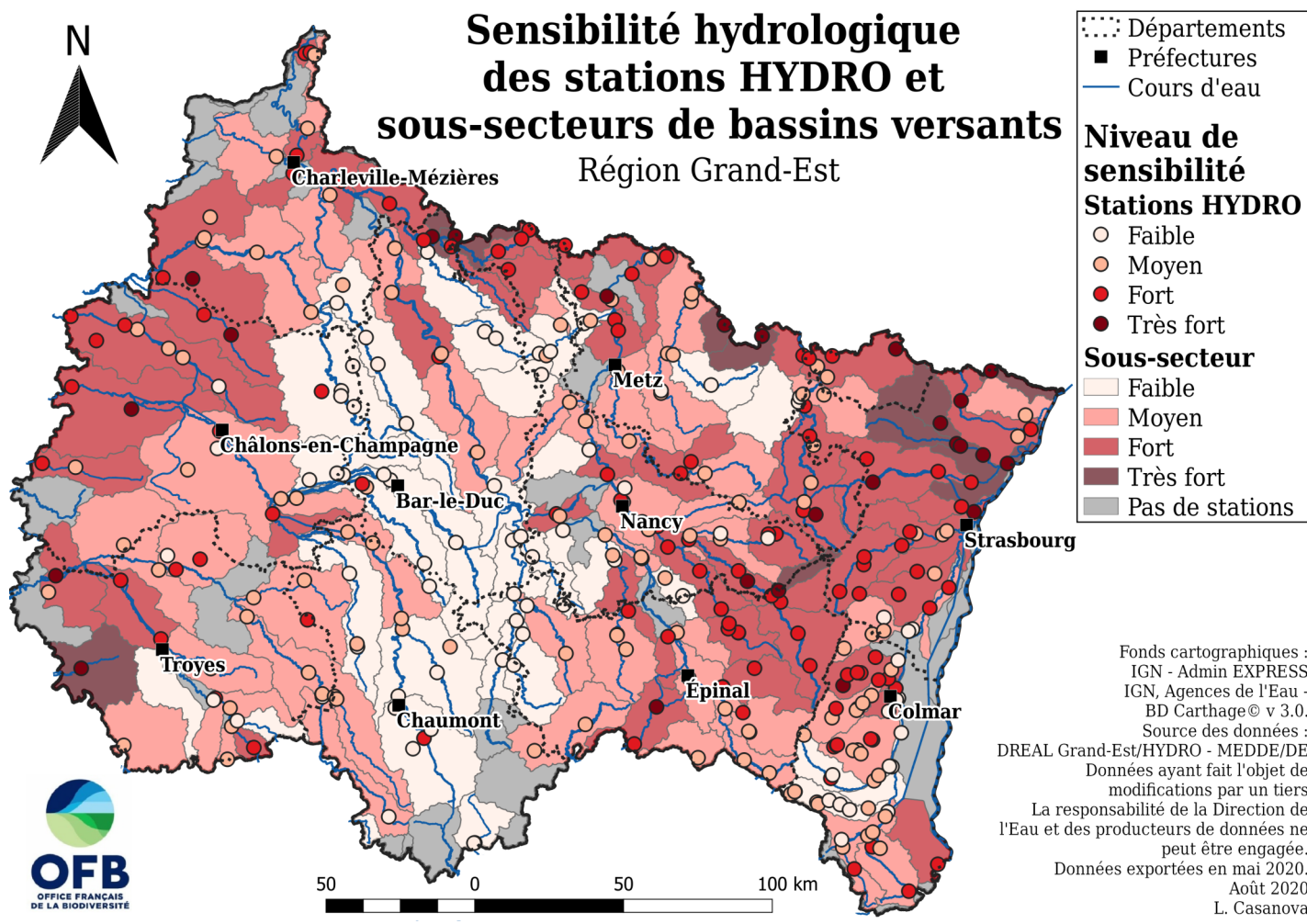
En bas : débit réservé, en aval du prélèvement (tronçon court-circuité).

Photos : ©Vincent Burgun

Comment utiliser ces ressources ?

- Les stations HYDRO sont séparées selon **4 niveaux de sensibilité hydrologique**. De ce classement découle un classement des sous-secteurs de bassins versants.
→ Le niveau de sensibilité du sous secteur ou d'une la station à proximité du site est utilisé pour appréhender la sensibilité hydrologique du site.
- Une carte présente le **niveau d'incertitude** de détermination de la sensibilité hydrologique, basé sur le caractère influencé des stations et les qualités de mesure en basses eaux. Il est essentiel d'en tenir compte pour **nuancer le niveau de sensibilité hydrologique** obtenu.

Déterminer la sensibilité hydrologique (2/2)



Déterminer la sensibilité écologique



Principe : Certaines espèces sont plus sensibles à l'altération du régime d'écoulement naturel. Une **liste de poissons** sensibles alerte sur la **sensibilité écologique** d'un site à la diminution des débits et à la présence d'obstacles à l'écoulement.



Un chabot (*Cottus gobio*, L., 1758). D'après le Cahier d'habitats Natura 2000 - Espèces animales, le chabot est très sensible au ralentissement des vitesses du courant, au colmatage des fonds par des sédiments fins et aux vidanges de plans d'eau.

Ressources disponibles :

- Liste de 24 poissons d'eau douce du Grand-Est sensible à la diminution des débits et à la présence d'obstacles à l'écoulement, classé en 3 niveaux de sensibilité : moyennement sensible (1), sensible (2) et très sensible (3).
- Niveau de sensibilité (faible, moyen, fort et très fort) et statut (protégé, réglementé, menacé, introduit) de 67 poissons d'eau douces de France métropolitaine (*voir boîte à outils*).
- Site de l'INPN qui fournit par commune la liste des espaces protégés et zones Natura 2000. [Lien](#).
- Plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) [Lien Rhin-Meuse](#). [Lien Seine-Normandie](#).

Nom commun	Nom latin	Niveau de sensibilité écologique
Lamproie de rivière	<i>Lampetra fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	3
Saumon	<i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/de lac	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/de mer	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Truite commune/fario	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	3
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	3
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	2
Grande Alose	<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	2
Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	2
Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	2
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Lote	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	2
Toxotosme	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	2
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	2
Blageon	<i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827)	2
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	1
Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	1
Anguille européenne	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	1
Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linnaeus, 1758)	1
Goujon	<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	1

Comment utiliser ces ressources ?

La **présence d'espèces sensibles sur le site**, identifiées lors de l'état initial de l'étude ou grâce à des données de pêches réalisées à proximité (données OFB par exemple) alerte sur la sensibilité écologique du site.

- Présence d'espèces de niveau 3 : Site **très sensible**.
- Présence d'espèces de niveau 2 : Site **sensible**.
- Présence d'espèces de niveau 1 : Site **moyennement sensible**.
- Pas d'espèces de niveau 1, 2 ou 3 : Site **peu sensible**.

L'insertion du site dans une **zone à enjeux** (cours d'eau classés ou prioritaires, espaces protégés) engendre une **évaluation à la hausse** du niveau de sensibilité écologique.

Déterminer la sensibilité morphologique (1/2)



Principe : La **morphologie du cours d'eau** est modelée par le régime d'écoulement naturel, qui offre une **diversité** importante **d'habitats** et permet leur renouvellement. **L'altération du régime d'écoulement**, par exemple en réduisant les débits sur tout ou partie d'un cours d'eau risque de **détériorer l'accès**, la **diversité** et le **renouvellement** de ces **habitats**. Toutefois, certains milieux seront plus dégradés que d'autres par l'altération du régime d'écoulement car leur sensibilité morphologique est plus importante.

Comment utiliser ces ressources ?

Ce tableau propose une liste non exhaustive d'indicateurs permettant de juger de la sensibilité morphologique d'une portion de cours d'eau. Il oppose **deux extrêmes**, entre lesquels la sensibilité morphologique varie **graduellement**.

Le travail s'effectue à l'échelle du **tronçon court-circuité ou fortement influencé** par le prélèvement, tout en tenant compte de la **représentativité des habitats** et des secteurs à fortes sensibilité.

L'appréciation du niveau de sensibilité morphologique nécessite donc une part de **réflexion** et **d'expertise**, en fonction du **contexte**.

Site à la morphologie très sensible	Site à la morphologie peu sensible
<p>Caractéristiques du lit mineur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Morphologie non altérée. Rapport $\frac{\text{Surface mouillée}}{\text{Profondeur}}$ important. Transport solide important. Substrat alluvial grossier (gravier, sable et plus). Succession de faciès d'écoulement diversifiés. Présence de radiers. Bancs alluviaux mobiles. <p>Caractéristiques du lit majeur et du corridor rivulaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> Présence d'annexes hydrauliques fonctionnelles. Présence de caches en bordure du cours d'eau. Connexion avec les berges. Ripisylve fournie et variée. Cours d'eau mobile dans le lit majeur. Corridor rivulaire présentant une mosaïque d'espaces naturels. 	<p>Caractéristiques du lit mineur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Morphologie altérée (cours d'eau recalibré ou rectifié). Rapport $\frac{\text{Surface mouillée}}{\text{Profondeur}}$ faible. Transport solide faible. Substrat alluvial fin (limon, argile, vase). Substrat alluvial à granulométrie uniforme. Faciès d'écoulement homogénéisés. Majorité de chenaux et plats lenthiques. <p>Caractéristiques du lit majeur et du corridor rivulaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas d'annexes hydrauliques. Pas de caches en bordure du cours d'eau. Pas de connexion avec les berges. Corridor rivulaire (ripisylve) dénaturé ou supprimé. Cours d'eau non mobile dans le lit majeur. Corridor rivulaire très homogène.



À gauche : Exemple de cours d'eau à la morphologie très sensible à la réduction des écoulements : la Moselle à Bainville-aux-Miroirs (Réserve Naturelle Régionale de la Moselle Sauvage - 54).

À droite : Exemple de cours d'eau à la morphologie peu sensible : le Rhin à Strasbourg (67).



Déterminer la sensibilité morphologique (2/2)

Définitions des termes (Source : Glossaire - Eau & Milieux Aquatiques)

Annexes hydrauliques : Ensemble de zones humides alluviales en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connections soit superficielles soit souterraines : îles, bancs alluviaux, bras morts, prairies inondables, forêts alluviales, ripisylves, sources et rivières phréatiques. Ces zones de transition entre les milieux terrestres et aquatiques offrent une grande variété d'habitats.

Banc alluvial (ou atterrissement) : Amas de terre, de sable, de graviers, de galets apportés par les eaux, créés par diminution de la vitesse du courant. Les bancs alluviaux sont fréquemment émergés et peuvent constituer des habitats pour la faune et la flore.

Corridor rivulaire : Bande de végétation naturelle située le long d'un cours d'eau, comprenant la berge, la plaine d'inondation et une partie des terrasses alluviales. Le corridor est une zone de transition entre le système aquatique et le système terrestre. De ce fait, la biodiversité y est extrêmement riche.

Faciès d'écoulement : Petite portion de cours d'eau homogène du point de vue de la pente du lit et de la surface de l'eau, des vitesses du courant, des hauteurs d'eau et de la granulométrie du substrat. Pour la définition de radier, chenal lenthique, plat lenthique, voir Malavoi et Souchon, 2001.

Lit majeur : Lit maximum qu'occupe un cours d'eau dans lequel l'écoulement ne s'effectue que temporairement lors du débordement des eaux hors du lit mineur en période de très hautes eaux.

Lit mineur : Partie du lit comprise entre des berges franches ou bien marquées, dans laquelle l'intégralité de l'écoulement s'effectue la quasi-totalité du temps, en dehors des périodes de très hautes eaux et de crues débordantes. Dans le cas d'un lit en tresse, il peut y avoir plusieurs chenaux d'écoulement. Le lit mineur accueille une faune et une flore variée dont l'état des populations dépend étroitement de l'hétérogénéité du lit et des connexions avec le lit majeur et les annexes hydrauliques.

Morphologie : Forme du cours d'eau qui résulte des processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau (débit liquide, débit solide, pente).

Ripisylve : Formation végétale qui se développe sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau. Elle est constituée de peuplements particuliers du fait de la présence d'eau pendant des périodes plus ou moins longues. On distingue le boisement de berge situé à proximité immédiate du lit mineur et la forêt alluviale qui s'étend plus largement dans le lit majeur. Elle exerce une action sur la géométrie du lit, la stabilité des berges, la qualité de l'eau, la vie aquatique, la biodiversité animale et végétale.

Substrat : Fond du cours d'eau qui sert de support à certains organismes. Il peut être de nature géologique et de granulométrie variable.

Surface mouillée : Section du cours d'eau occupée par de l'eau.

Transport solide : Transport de sédiments dans les cours d'eau pouvant s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit du fait des forces tractrices liées au courant.

Ressources disponibles dans la boîte à outils :

MALAVOI, J. R. et SOUCHON, Y., 2002. *Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques*. In : Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. 2002. n° 365-366, p. 357-372. [Lien](#)

ONEMA, 2010. *La restauration des cours d'eau - Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. [Lien](#)

MALAVOI, Jean-René et BRAVARD, Jean-Paul, 2010. *Éléments d'hydromorphologie fluviale* Onema. Comprendre pour agir. [Lien](#)

OFB. *Carhyce, protocole terrain et analyse de tronçons de cours d'eau*. [Lien](#)

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, 2020. Glossaire - Eau & Milieux Aquatiques OIEau, OFB. [Lien](#)

OFB. *Syrach-ce, évaluer les risques d'altération hydromorphologique*. [Lien](#)

Déterminer le niveau de pression



Principe : L'impact d'une réduction des débits sur le cours d'eau est lié à l'intensité de la pression qu'il exerce sur l'écosystème, qui dépend des caractéristiques de l'ouvrage.

Comment utiliser ces ressources ?

Ce tableau propose une liste non exhaustive d'indicateurs permettant de juger du niveau de pression d'un ouvrage construit dans le lit d'un cours d'eau, **vis-à-vis du débit réservé**. Ils sont indépendants des caractéristiques de l'écosystème. Il oppose **deux extrêmes**, entre lesquels le niveau de pression varie **graduellement**. Aucun critère n'est quantifié, l'appréciation du niveau de pression nécessite donc une part de **réflexion** et **d'expertise**, en fonction du **contexte**.

Ouvrage exerçant une pression forte vis-à-vis de la réduction du débit	Ouvrage exerçant une pression peu importante vis-à-vis de la réduction du débit
<p>Niveau d'équipement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Rapport $\frac{\text{Débit maximal dérivé}}{\text{Module}}$ élevé. Rapport $\frac{\text{Volume de prélèvement autorisé}}{\text{Module}}$ élevé. <p>Mode de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement par éclusées. Longue période de fonctionnement sur l'année. <p>Nouvelle pression :</p> <ul style="list-style-type: none"> Création, remise en eau ou en exploitation d'un ouvrage. <p>Échelle d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> Tronçon court-circuité très long. Durée de maintien du tronçon court-circuité en bas débits longue. Pas de restitution de l'eau au cours d'eau. <p>Cumul avec d'autres ouvrages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Part de tronçons court-circuités grande à l'échelle de la masse d'eau. Nombreux autres prélèvements à l'échelle de la 	<p>Niveau d'équipement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Rapport $\frac{\text{Débit maximal dérivé}}{\text{Module}}$ faible. Rapport $\frac{\text{Volume de prélèvement autorisé}}{\text{Module}}$ faible. <p>Mode de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas d'éclusées. Courte période de fonctionnement sur l'année. <p>Nouvelle pression :</p> <ul style="list-style-type: none"> Ouvrage existant et en état. <p>Échelle d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> Tronçon court-circuité court. Durée de maintien du tronçon court-circuité en bas débits courte. Restitution de l'eau au cours d'eau . <p>Cumul avec d'autres ouvrages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas d'autres tronçons court-circuités à l'échelle de la masse d'eau. Pas d'autres prélèvements à l'échelle de la masse d'eau.



Photos : ©Vincent Burgun

À gauche : Exemple de barrage exerçant une forte pression sur l'écosystème vis-à-vis de la réduction du débit, sur la Moselle à Autreville (54). **À droite** : Exemple de barrage exerçant une faible pression sur l'écosystème vis-à-vis de la réduction du débit, sur la Mance à Ars-sur-Moselle (57).

Annexe 7 : Présentation de la notice d'utilisation de la démarche

Mode d'emploi

Démarche d'aide au choix d'une méthode de détermination du débit réservé

1

Sommaire

- Introduction
 - Définitions
 - Textes juridiques de référence
 - Objectif de la démarche
 - Cadre d'utilisation de la démarche
 - Limites et avertissement
- Composition de la démarche
 - Comment appréhender l'impact de l'ouvrage ?
 - Liste des ressources complémentaires disponibles dans la boîte à outils



La Marne en amont de Châlons-en-Champagne (51).

Photo : Guillaume Gaudin

2

Définitions

- **Débit réservé** : valeur de débit instantané **minimum** qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter à son aval immédiat – **désigne la valeur minimum fixée par l'autorisation préfectorale.**
- **Débit minimum biologique (DMB)** : débit minimal qui, lorsqu'il est maintenu dans le lit d'un cours d'eau garantit **en permanence la vie, la circulation et la reproduction** des espèces vivant dans les eaux – il s'agit d'une **notion biologique** (Art. L214-18 CE).
- **Débit plancher** : 10^{ème} du module (ou 20^{ème} du module si module > 80m³/s ou si l'ouvrage contribue à la production d'électricité en période de pointe de consommation (liste : R.214-111-3 CE) – il s'agit d'un **minimum réglementaire** (Art. L214-18 CE).

Rappel : Les conséquences du L214-18 CE

- Le débit réservé s'applique à tout prélèvement ou dérivation **quel que soit l'usage** (ex : prélèvement agricole, AEP, industrie, hydroélectricité, navigation).
- **Débit réservé ≥ Débit plancher** → ne pas assimiler le DMB au 10^{ème} du module.
- **Débit réservé = DMB** (ou débit réservé = débit plancher si celui-ci est supérieur, ou si l'ouvrage est existant et qu'il n'y a pas de demande de renouvellement).

3

Textes juridiques de référence

- Article L214-18 du Code de l'environnement - [Légifrance](#)
- 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 - [Légifrance](#)
- Circulaire DGALN/DEB/SDEN/EN4 du 21/10/09 relative à la mise en œuvre du relèvement au 1er janvier 2014 des débits réservés des ouvrages existants - [Légifrance](#)
- Arrêté du 11 septembre 2015 fixant les prescriptions techniques générales applicables aux installations, ouvrages, épis et remblais soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.1.0. de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement - [Légifrance](#)
- Articles L214-17 et R214-109 du Code de l'environnement - [Légifrance](#)



4

Objectifs de cette démarche

- Identifier le **contexte réglementaire** de chaque dossier et la démarche afférente (Circulaire de 2009 ou circulaire de 2011).
- En cas de passage au débit minimum au titre de l'article L218-18, aiguiller le **choix d'une méthode** de détermination du débit réservé **proportionnée à l'impact de l'ouvrage et aux enjeux.**
 - Débit réservé = débit plancher (10^{ème} du module) si enjeu faible.
 - Débit réservé = débit d'étiage (par exemple VCN10 biennal) → Méthode hydrologique.
 - Nécessité de réaliser une étude DMB plus poussée → Méthode hydraulique ou habitats.
- Fournir des **ressources** (homogènes sur la région Grand-Est) pour appréhender l'**impact** des ouvrages et les **enjeux** écologiques.
- Permettre de **repérer les dossiers irrecevables** sans faire appel à l'OFB.
- **Homogénéiser** l'instruction des dossiers traitants de débits réservés.
- Rassembler des **ressources existantes** sur le thème des débits réservés.



La Moselle en amont de Metz (57).

Photo : Guillaume Gaudin

5

Cadre d'utilisation de cette démarche

- Utilisation par les services instructeurs.
- **En amont de l'instruction, pour orienter le pétitionnaire** sur la démarche à mettre en œuvre.
- **Lors de l'instruction,**
 - pour vérifier le **contexte réglementaire,**
 - pour vérifier que l'**étude** proposée par le pétitionnaire est **proportionnée** à l'impact de l'ouvrage et aux enjeux écologiques du site,
 - pour rédiger les **arrêtés préfectoraux.**
- Occasionnellement **en appui** sur d'autres thématiques liées aux débits réservés (ex : ciblage des contrôles).



La Moselle à Bainville-aux-Miroirs, Réserve Naturelle Régionale de la Moselle Sauvage (54).

Photo : Guillaume Gaudin

6

Limites et avertissements

- La valeur du débit réservé dépend de la **situation morphologique, hydraulique et écologique** du cours d'eau ainsi que de l'**ouvrage**.
- Ainsi, **cette démarche ne peut fournir en sortie une valeur exacte de débit** réservé adapté au contexte.
- Elle permet d'**identifier les cas « extrêmes »** dans lesquelles le choix de la méthode à appliquer est aisé ou pour lesquels l'étude proposée par le pétitionnaire n'est pas suffisante.
- Pour les **cas intermédiaires**, elle fournit **des ressources** pour **aiguiller le choix** d'une méthode adaptée au contexte.
- Il s'agit d'un guide qui n'a **pas de valeur réglementaire**.



7

Composition de la démarche

La démarche inclut :

- Un **arbre des décisions**, qui identifie les différents cas réglementaires pouvant se présenter et aide à appréhender le niveau d'impact en orientant vers des ressources.
- Des **fiches-précisions**, qui détaillent certains points juridiques ou techniques :
 - Les différentes méthodes de détermination du débit minimum biologique.
 - Déterminer le module du cours d'eau.
 - Cas où le cours d'eau présente un fonctionnement atypique.
 - Demande de modulation du débit réservé.
 - Cas d'une source entièrement captée.
 - Déterminer la sensibilité hydrologique.
 - Déterminer la sensibilité écologique.
 - Déterminer la sensibilité morphologique.
 - Déterminer le niveau de pression.
- Une **boîte à outils**, qui regroupe des ressources à propos des débits minimums.



8

Comment appréhender l'impact de l'ouvrage ?

Définition : Impact = Croisement entre la **sensibilité** du milieu et le **niveau de pression** de l'ouvrage.

→ **Sensibilité** : propension de l'**écosystème** à être **dégradé ou perturbé** par un aménagement.

→ **Niveau de pression** : lié aux **caractéristiques de l'ouvrage** et indépendant des spécificités de l'écosystème.



Un chabot (*Cottus gobio*, L., 1758).
Le chabot est très sensible au ralentissement des vitesses du courant, au colmatage des fonds par des sédiments fins et aux vidanges de plans d'eau.

Sensibilité du milieu déclinée en **trois types de sensibilité** :

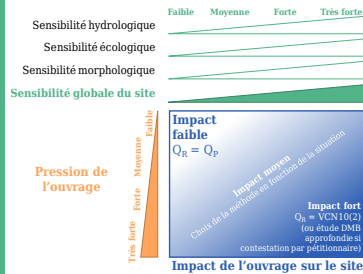
- Hydrologique
- Écologique
- Morphologique

Des **ressources** sont disponibles pour **évaluer** les sensibilités du site et la pression de l'ouvrage (voir *fiches F, G, H et I*).

Une fois le niveau d'impact appréhendé, il permet de **choisir une méthode** de détermination du débit réservé **proportionnée** à l'impact (voir guide d'interprétation).

9

Guide d'interprétation du niveau d'impact



- 1) Croisement des trois sensibilités pour déterminer un **niveau de sensibilité globale**.
- 2) Croisement du **niveau de sensibilité du site et du niveau de pression de l'ouvrage** pour déterminer un **niveau d'impact de l'ouvrage sur le site**.
- 3) Choisir (ou vérifier que) la méthode de détermination du débit réservé proportionnée au **niveau d'impact**.
- 4) Si la méthode est proportionnée, envoi du dossier à l'OFB pour avis.

10

Liste des ressources complémentaires disponibles dans la boîte à outils

11

Liste des ressources disponibles dans la boîte à outils

• **PATBiodiv** <https://patbiodiv.afbiodiversite.fr/> :

Référentiels techniques, domaine aquatique.

- Éléments constitutifs de l'étude de débit minimum biologique présentée par le pétitionnaire (voir également §6 de l'annexe 2 de la circulaire de 2011).
- Autres éléments techniques ou méthodologiques, dont éléments de compatibilité entre les rubriques IOTA et les SDAGES.

• **Formation** : Modèles d'habitats et aide à la détermination des débits minimums, Pierre Sagnes, OFB. <https://formation.ofb.fr/session/fiche?id=2792>

Objectifs du stage :

- Comprendre les enjeux écologiques associés à la définition des débits minimums
- Savoir quand (ne pas) mettre en œuvre des modèles d'habitat, et connaître leurs limites d'interprétation
- Savoir mettre en œuvre la méthode EstimHab
- Découvrir le logiciel HABBY



12

Liste des ressources disponibles dans la boîte à outils

• Ressources techniques générales :

Nom	Dossier
SITE PILOTE « PAYS DE SAVOIE - ANNECY - MONT-BLANC - LÉMAN », 2010. <i>Débits minima, Débits biologiques, Débits objectifs d'étiage, Synthèse méthodologique et proposition d'harmonisation pour les cours d'eau de tête de bassin.</i>	Docs techniques
BARIL, D., COURRET, D. et FAURE, B., 2014. <i>Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du débit minimal.</i> Onema.	Docs techniques
LE COZ, J., CAMENEN, B., DRAMAIS, G., RIBOT-BRUNO, J., FERRY, M. et ROSIQUÉ, J.L., 2011. <i>Contrôle des débits réglementaires - Application de l'article L. 214-18 du Code de l'environnement.</i> Onema.	Docs techniques
<i>Périodes de reproduction/incubation des espèces de poissons - Source : PatBiodiv</i>	Docs techniques
MALAVOI, J. R. et SOUCHON, Y., 2002. <i>Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques.</i> In : Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.	Docs techniques

13

Liste des ressources disponibles dans la boîte à outils

• Ressources techniques - Reconstitution module et méthodes habitats :

Nom	Dossier
LEBECHEREL, L. et al., 2015. <i>Connaitre les débits des rivières : quelles méthodes d'extrapolation lorsqu'il n'existe pas de station de mesures permanentes ?</i> ONEMA. Comprendre pour agir.	Docs techniques → Reconstitution module
BRIGODE, Pierre, ANDREASSIAN, Vazken, BOURGIN, François et LOBLIGEIS, Florent, 2014. <i>Reconstitution de 55 années de débits sur plus de 10 000 points non-jaugeés en France par régionalisation d'un modèle pluie-débit.</i> ONEMA, Irstea.	Docs techniques → Reconstitution module
DREAL 2014. <i>Estimation des modules au droit des prises d'eau de VNF dans la région Lorraine et sur la Meuse et ses affluents dans les Ardennes - Note et tableau.</i>	Docs techniques → Reconstitution module
RIFFARD, M. et al., 2012. <i>Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France.</i> ONEMA, Irstea. - Rapport et cartes	Docs techniques → Reconstitution module
AFB AURA, 2017 - <i>Détermination du débit minimum biologique au droit d'une prise d'eau - Synthèse de la démarche à suivre pour interpréter les résultats d'un modèle d'habitat.</i>	Docs techniques → Méthodes habitats
LAMOUREUX, N., 2008. <i>Estimhab - Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau.</i> Cemagref. - Rapport et outil	Docs techniques → Méthodes habitats
GINOT Y., 1998, EVHA - <i>Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière.</i> Cemagref. - Guide, méthode et limites	Docs techniques → Méthodes habitats

14

Liste des ressources disponibles dans la boîte à outils

• Guides et expertises :

Nom	Dossier
BARAN, Philippe, et al. <i>Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau.</i> Cruseb.	Guides et expertises scientifiques
UNION EUROPÉENNE et MTES, 2015. <i>Les débits écologiques dans la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau.</i> Traduction française.	Guides et expertises scientifiques
AFB, 2010. <i>Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie.</i> [en ligne]	https://professionnels.onema.fr/
MALAVOI, Jean-René et BRAVARD, Jean-Paul, 2010. <i>Éléments d'hydromorphologie fluviale.</i> Onema. Comprendre pour agir.	Guides et expertises scientifiques
ADEME et ISL, 2011. <i>Vers la centrale hydroélectrique du XXIème siècle - Guide pour le développement de petites centrales hydroélectriques dans le respect des milieux naturels.</i> France Hydroélectricité.	Guides et expertises scientifiques
BRANDEIS, A. et MICHEL, D., 2016. <i>Concilier la continuité écologique des cours d'eau avec la préservation des moulins patrimoniaux, la très petite hydroélectricité et les autres usages.</i> MEEEM.	Guides et expertises scientifiques
CARLIER, N. et al., 2017. <i>Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique.</i> Onema. Comprendre pour agir.	Guides et expertises scientifiques

15

Liste des ressources disponibles dans la boîte à outils

• Ressources bibliographiques :

Nom	Dossier
BARAN, Philippe, 2008. <i>Le débit élément clé de la vie des cours d'eau : bilan des altérations et des possibilités de restauration.</i>	Ressources bibliographiques
LAMOUREUX, Nicolas, et al., 2016. <i>Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée.</i>	Ressources bibliographiques
ELOSEGI, Arturo et SABATER, Sergi, 2013. <i>Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts.</i>	Ressources bibliographiques
BUNN, Stuart et ARTHINGTON, ANGELA H., 2002. <i>Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity.</i>	Ressources bibliographiques
FAHRNER Onema/le. <i>Typologie des impacts potentiels des ouvrages hydroélectriques sur les populations de truite situées en aval.</i> Biodiversité et Ecologie. AgroParisTech, 2010	Ressources bibliographiques
SOUCHON, Y. et NICOLAS, V., 2011. <i>Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux.</i> Onema.	Ressources bibliographiques
POFF, N. et al., 1997. <i>The Natural Flow Regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration.</i>	Ressources bibliographiques
POFF, N. et ZIMMERMAN, Julie, 2010. <i>Ecological Responses to Altered Flow Regimes: A Literature Review to Inform the Science and Management of Environmental Flows.</i>	Ressources bibliographiques
RICHTER, Brian et al., 1997. <i>How much water does a river need?</i>	Ressources bibliographiques
CARLIER, N. et al., 2017. <i>Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique.</i>	Ressources bibliographiques

16

Annexe 8 : Exemple de Synthèse de la Banque HYDRO



MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE



La Seille à Metz [Pont Lothaire amont]

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1964 - 2020)

Calculées le 09/09/2020 - Intervalle de confiance : 95 % - utilisation des stations antérieures

Code Station : A7881020

Producteur : DREAL Lorraine

Bassin versant : 1280 km²

E-mail :

donnees.hydro.meuse.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

Écoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 57 ans

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m ³ /s)	20.00 #	20.60 #	16.10	9.370 #	5.840 #	4.550 #	2.810 #	2.540 #	3.220 #	6.440 #	8.900 #	16.90 #	9.710
Qsp (l/s/km ²)	15.6 #	16.1 #	12.5	7.3 #	4.6 #	3.6 #	2.2 #	2.0 #	2.5 #	5.0 #	7.0 #	13.2 #	7.6
Lame d'eau (mm)	41 #	40 #	33	18 #	12 #	9 #	5 #	5 #	6 #	13 #	18 #	35 #	240

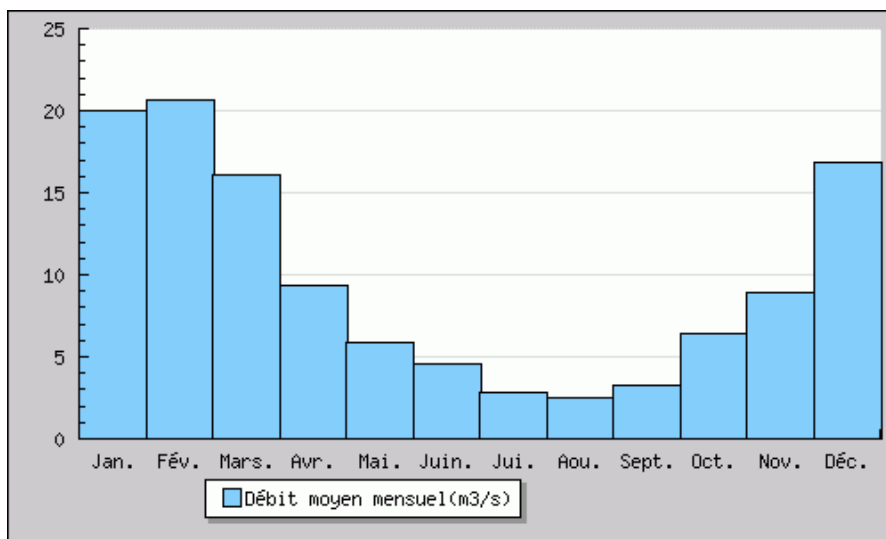
Qsp : débits spécifiques

Codes de validité d'une année-station :

- . + : au moins une valeur d'une station antérieure à été utilisée
- . P : le code de validité de l'année-station est provisoire
- . # : le code de validité de l'année-station est validé douteux
- . ? : le code de validité de l'année-station est invalidé
- . (espace) : le code de validité de l'année-station est validé bon

Codes de validité d'une donnée, d'un calcul:

- . ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- . # : valeur 'estimée' (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine
- . E : la valeur retenue est une valeur estimée (à partir du rapport QIX/QJ)
- . L : une estimation a eu lieu (à cause d'une lacune dans la période étudiée) mais une valeur mesurée s'est révélée supérieure à l'estimation: la valeur mesurée a été retenue.
- . > : valeur inconnue forte
- . < : valeur inconnue faible
- . (espace) : valeur bonne



Modules interannuels (naturels) - données calculées sur 57 ans

Module (moyenne)	Fréquence	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide
9.710 [8.900;10.50]	Débits (m ³ /s)	6.800 [5.800;7.700]	9.800 [8.300;12.00]	13.00 [12.00;14.00]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

La Seille à Metz [Pont Lothaire amont]

Basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre) - données calculées sur 57 ans

Fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
Biennale	1.200 [1.100;1.300]	1.300 [1.200;1.400]	1.600 [1.500;1.700]
Quinquennale sèche	0.880 [0.790;0.960]	0.950 [0.860;1.000]	1.200 [1.100;1.300]
Moyenne	1.260	1.360	1.690
Ecart Type	0.450	0.482	0.597

Crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 55 ans

Fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
Xo	60.200	63.100
Gradex	24.000	26.200
Biennale	69.00 [64.00;75.00]	73.00 [67.00;79.00]
Quinquennale	96.00 [89.00;110.0]	100.0 [95.00;110.0]
Décennale	110.0 [100.0;130.0]	120.0 [110.0;140.0]
Vicennale	130.0 [120.0;150.0]	140.0 [130.0;160.0]
Cinquantennale	150.0 [140.0;180.0]	170.0 [150.0;190.0]
Centennale	Non calculée	Non calculée

Maximums connus (par la banque HYDRO)

Débit instantané maximal (m3/s)	174.0 #	26/02/1997 04:56
Hauteur maximale instantanée (cm) *	484	26/02/1997 04:56
Débit journalier maximal (m3/s)	163.0 #	26/02/1997

* la synthèse étant effectuée sur la chronique complète de données (station ET stations antérieures comprises s'il en existe), la hauteur maximale connue affichée peut provenir d'une station antérieure

Débits classés données calculées sur 20030 jours

Fréquences	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m3/s)	64.00	53.30	39.50	26.30	13.30	8.420	5.860	4.370	3.280	2.520	1.940	1.450	1.140	0.945	0.809

Stations antérieures utilisées

Station	Producteur	BV (km2)	Altitude (m)	Utilisé du	au
A7881010 La Seille à Metz [pont Lothaire]	DREAL Lorraine	1280	163	01/10/1964	22/09/2015