

**Plan d'action pour une politique apaisée
de restauration de la continuité écologique**

- Action 4 -

**Éléments destinés à faciliter le choix et la
mise en œuvre de solutions techniques pour
restaurer la continuité écologique dans les
cours d'eau**

**Pour une approche intégrée des enjeux écologiques,
culturels, de navigation et de production d'électricité**

Décembre 2023

Contributions :

Office Français de la Biodiversité (OFB) – Direction générale déléguée "Police, Connaissance, Expertise"
Pierre Sagnes (coord.), Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique, Service "écosystèmes aquatiques",
pôle R&D écohydraulique
Sylvain Richard, Direction de la Police et du Permis de Chasser, Service "prévention, appui, stratégie", pôle R&D
écohydraulique

Ministère de la Transition Énergétique – Direction Générale de l'Energie et du Climat
Marie-Cécile Biron, Bureau des énergies renouvelables hydrauliques et marines

Fédération Française de Canoë-Kayak (FFCK)
Antoine Dubost, Julien Gaspard, Georges Dantin

Ministère de la Culture – Direction générale des patrimoines et de l'architecture, Service du Patrimoine
Charlotte Pingoux, sous-direction de l'archéologie
Virginie Serna, mission de l'Inventaire général du patrimoine culturel
Marie-José Doubroff, Judith Kagan et Jean-Michel Sainsard, sous-direction des monuments historiques et des
sites patrimoniaux

Table des matières

Avant-propos.....	4
1. Introduction – Éléments de contexte.....	7
2. Établir un diagnostic pluriel.....	9
2.1 Diagnostic écologique dans un contexte global.....	9
2.1.1 À l'échelle de l'axe ou du bassin.....	9
2.1.2 À l'échelle de l'ouvrage.....	10
2.2 Connaissance des usages et des caractéristiques techniques de l'ouvrage	12
2.3 Approche intégrée du patrimoine culturel	13
2.3.1 L'approche sensible du territoire	13
2.3.2 L'identification des biens et espaces présentant un intérêt culturel.....	13
2.3.3 La fabrique du projet.....	16
2.4 Prise en compte de l'hydroélectricité - Éléments de diagnostic économique et énergétique ...	16
2.4.1 Rappel réglementaire	16
2.4.2 Diagnostic économique	17
2.4.3 Diagnostic énergétique	19
2.5 Conciliation avec les aménagements de sécurisation de la navigation	20
2.5.1 Rappel réglementaire	20
2.5.2 Mutualisation des compétences lors du diagnostic.....	21
2.6 Obligation de résultats ou de moyens ?.....	22
2.7 Conclusion	23
3. Connaître les avantages et limites des solutions potentielles	23
3.1 Solutions à l'échelle du (segment de) cours d'eau : traitement d'un ensemble d'ouvrages.....	23
3.2 Solutions à l'échelle d'un ouvrage.....	24
3.2.1 Remise en fond de vallée totale ou partielle	25
3.2.2 Dérasement de l'ouvrage	25
3.2.3 Modification partielle de l'ouvrage (arasement, ouverture d'une brèche...)	29
3.2.4 Gestion de l'ouvrage.....	31
3.2.5 Équipement de l'ouvrage pour le franchissement piscicole	33
3.2.6 Pertinence/comparaison de différentes solutions envisageables	35
ANNEXES.....	38
Annexe I - Tableau indicatif des niveaux d'ambition, pour la montaison et la dévalaison des poissons, attachés à la mise en conformité des ouvrages au regard de la continuité écologique...	39
Annexe II - Procédures réglementaires applicables au regard des enjeux patrimoniaux sur un site faisant l'objet d'une restauration de continuité écologique.....	44
Annexe III - Masque de saisie permettant le calcul des paramètres économiques dans le cas d'un ouvrage hydroélectrique	49

Annexe IV - Avantages et limites des différentes modalités de gestion d'un ouvrage dans le cadre du rétablissement de la continuité écologique.....	50
Annexe V - Aperçu des avantages et limites de différents types de dispositifs de franchissement piscicole pour la montaison.....	57
Annexe VI - Aperçu des avantages et limites de différents types de solutions pour le franchissement piscicole à la dévalaison	68

Avant-propos

Dans le cadre de la mise en œuvre des actions de rétablissement de la continuité écologique dans les cours d'eau, le Comité National de l'Eau (CNE) a proposé en juin 2018 un plan d'actions¹ listant des éléments de méthode et d'organisation au service d'une mise en œuvre efficace de l'action publique, à la fois sur les plans techniques, administratifs, sociaux et économiques, en vue d'apaiser les discussions locales et nationales sur le sujet.

Ce document constitue le livrable prévu dans le cadre de l'action n°4 de ce plan d'actions : "Faciliter la mise en œuvre de solutions proportionnées au diagnostic réalisé et économiquement réalistes". Afin de mieux concilier certains usages des cours d'eau, reconnus par la Loi sur l'Eau, il était attendu d'établir, en concertation avec les différents acteurs concernés, un **guide pédagogique d'aide à l'analyse de la proportionnalité**² qui présente globalement la démarche et les différentes solutions d'intervention possibles, notamment :

- les **avantages et inconvénients** de chaque type de solution ;
- une grille de **niveaux d'ambition** compte tenu des enjeux écologiques et des éléments d'appréciation de la **pertinence des différentes options techniques en fonction des enjeux et des coûts** associés ;
- un rappel des **droits et devoirs des propriétaires et des riverains** relatifs à la manœuvre régulière des vannages, à la sécurité des ouvrages et à l'entretien des berges et des dispositifs de franchissement ;
- l'état de l'art sur la **conciliation possible avec les aménagements à réaliser dans le cadre de la sécurisation de la navigation** des engins nautiques non motorisés (franchissement mixtes poissons et canoës) ;
- **des éléments d'analyse économique**. L'objectif est de définir des outils partagés d'appréciation de la capacité de financement des aménagements afin de la mettre en regard des différentes solutions, ce qui constitue un paramètre supplémentaire d'aide à la décision."

Le présent document s'adresse en première intention aux maîtres d'ouvrage. Il constitue aussi une synthèse utile pour quiconque a besoin de ce type d'informations, en amont ou pendant l'instruction administrative d'un dossier de restauration de la continuité écologique en cours d'eau. Il s'appuie sur des publications existantes pour proposer :

- **une synthèse de la démarche à suivre en vue d'établir un diagnostic pluriel**, dont l'objectif est de mettre en lumière les différents enjeux liés aux aménagements concernés (plus

¹ Voir : Ministère de la transition écologique et solidaire (2018). Plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique. 9 p. Les actions proposées dans ce cadre sont :

Action 1- Prioriser de façon homogène dans les bassins les actions de restauration de la continuité écologique au profit du bon état des cours d'eau et de la reconquête de la biodiversité.

Action 2- Améliorer la coordination et les relations entre services et opérateurs de l'État en vue d'une meilleure conciliation des enjeux (environnementaux, changement climatique, économiques, énergétiques, culturels, bien-être et qualité de vie, sportifs...).

Action 3- Accompagner la mise en œuvre des projets par la maîtrise d'ouvrage publique locale → livrables : des outils d'aide à la décision des collectivités

Action 4- Faciliter la mise en œuvre de solutions proportionnées au diagnostic réalisé et économiquement réalistes.

Action 5- Conforter les outils financiers pour les collectivités, les propriétaires et exploitants (notamment les plus modestes) et une fiscalité favorable à la restauration de la continuité et à la préservation du patrimoine.

Action 6 - Renforcer la connaissance des spécificités des moulins et rationaliser leur remise en exploitation éventuelle.

Action 7- Transmettre la connaissance scientifique et les solutions techniques efficaces et durables.

² Il s'agit bien ici "d'aide à l'analyse de la proportionnalité". Ce document ne peut pas donner de critères de hiérarchie ou de proportionnalité, car ils ne peuvent être fixés *a priori*. C'est le diagnostic au cas par cas, largement évoqué plus loin, qui permettra de définir cette proportionnalité, donc le niveau d'ambition fixé, donc la solution retenue *in fine*.

particulièrement ici les enjeux écologiques³, patrimoniaux, de navigation et de production d'électricité) ;

- **les avantages et inconvénients de chacune des solutions envisageables** afin de choisir, en toute connaissance de cause, celle qui devra permettre d'atteindre les objectifs définis suite à l'analyse du diagnostic.

Les éléments de **diagnostic** proposés ici sont donc au cœur de la démarche, puisqu'ils permettent :

- de définir un **niveau d'ambition** en termes de continuité écologique ;
- à partir de ce niveau d'ambition, de définir des **objectifs écologiques** : restauration totale ou partielle de la continuité écologique (biologique et/ou sédimentaire, circulation des espèces et/ou restauration d'habitats), mesures d'accompagnement à mettre en œuvre,...
- de proposer une ou des **solutions** techniques permettant d'atteindre les objectifs fixés, en tenant compte des autres enjeux et usages.

Rappelons que les objectifs fixés en termes de continuité écologique visent à réduire certaines pressions en vue de **restaurer le fonctionnement des cours d'eau**. Cependant, les gains écologiques qui en résultent dépendent potentiellement des impacts d'autres types de pressions, sur lesquelles il convient également d'agir le cas échéant, mais qui ne font pas l'objet du présent document.

Au-delà des éléments présentés ici, permettant d'orienter certains choix en première intention⁴, les déclinaisons opérationnelles retenues devront nécessairement reposer sur une **étape d'expertise approfondie au cas par cas**, permettant d'analyser les éléments propres au dossier, relatifs aux enjeux et aux objectifs écologiques visés, aux usages dépendant de l'ouvrage, à sa dimension patrimoniale, aux aspects financiers, etc. En effet, la mise en œuvre de solutions proportionnées reposant sur la prise en compte objective des différents enjeux s'inscrit pleinement dans le cadre de l'instruction administrative des dossiers. À ce titre, la **consultation en amont**, qui a pour objectif majeur le porter à connaissance des principaux enjeux, est une étape essentielle pour **partager un niveau d'ambition** et mettre en œuvre les mesures ERC les plus adaptées aux enjeux.

De ce fait, **ce document ne fournit pas** :

- d'éléments de pondération *a priori* des différents enjeux ;
- d'arbres de décisions aboutissant à une seule et unique solution ;
- de solution "clés en mains" pour chaque cas.

Le choix final de la solution apportée devra se placer dans un **contexte territorial plus large**, en prenant non seulement en compte les enjeux à l'échelle de l'ouvrage, mais également à celle du cours d'eau et de son bassin versant. Des éléments sont fournis en ce sens dans ce document.



Afin de mieux appréhender les solutions possibles en fonction du contexte et, dans certains cas, de connaître les résultats des suivis mis en œuvre, il est très utile de consulter les **nombreux retours d'expériences**⁵ capitalisés dans le cadre du plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique (Action 7 : "Transmettre la connaissance scientifique et les solutions techniques efficaces et durables").

³ À noter que la démarche présentée ici s'applique à diverses situations, mais que les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau classés, notamment en Liste 2 au titre du L.214-17 CENV, ont déjà fait l'objet d'expertises et de consultations qui ont souligné l'importance de leurs enjeux environnementaux et induit leur classement.

⁴ Ce document ne remet en cause ni les diagnostics ni les choix techniques arbitrés antérieurement à sa diffusion.

⁵ Voir : - le recueil d'expériences sur la continuité longitudinale des cours d'eau :

<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1222>

- le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/217>

- le moteur de recherche par mots-clés : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/193>

Enfin, **ce guide a bien une portée technique et non juridique**. Il présente de façon générique les solutions de restauration de la continuité qui existent, ainsi que leurs avantages et inconvénients d'un point de vue technique, sur la base de connaissances scientifiques. L'article L. 214-17 du code de l'environnement tel que modifié par l'article 49 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 (loi dite « Climat et résilience ») limite, dans certains cas de figure, la nature des solutions pouvant être prescrites par les services de l'Etat en application de cet article. Le présent guide n'a en aucun cas vocation à interpréter ces dispositions, ni à préciser dans quels contextes les différentes solutions de restauration peuvent être prescrites ou non. La possibilité réglementaire de prescrire une solution technique donnée doit systématiquement faire l'objet d'une analyse *ad hoc*.

1. Introduction – Éléments de contexte

Les derniers rapports de l'IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques) pointent une **érosion majeure de la biodiversité**⁶. L'Indice Planète Vivante ("Living Planet Index"), qui synthétise les tendances des populations de vertébrés, a ainsi diminué de 84 % pour les espèces d'eau douce depuis 1970⁷. Parmi les facteurs explicatifs, **la perte et la fragmentation des milieux sont reconnues comme faisant partie des grandes causes de cette érosion de biodiversité**⁸.

La **stratégie française en termes de protection de la biodiversité** repose sur différents textes du code de l'environnement⁹, qui établissent notamment les notions de **patrimoine naturel**, d'**habitats d'intérêts écologiques** et d'**espèces protégées**.

En ce qui concerne les cours d'eau, **la continuité dans le temps et dans l'espace des flux** solides (sédiments), liquide (eau) et biologiques (organismes, gènes) constitue la base de leur **bon fonctionnement** et de leur **résilience** face aux perturbations¹⁰. De ce fait, un des différents leviers actionnés pour préserver la biodiversité des milieux aquatiques est de limiter les impacts de la présence de nombreux obstacles à l'écoulement qui génèrent, de manière plus ou moins prononcée selon les cas, des modifications d'habitats (physique, chimique, thermique) et des barrières aux flux liquide, solide et biologique. **La restauration de cette continuité** doit permettre **d'améliorer le fonctionnement** des écosystèmes et **d'augmenter leur résilience**, en permettant par exemple à certaines espèces d'accéder à des habitats refuges lors de trop fortes augmentations de la température de l'eau, ou de recoloniser des tronçons fortement perturbés par des événements hydrologiques majeurs, qui pourraient s'avérer plus fréquents sous l'effet du changement climatique.

La **Directive Cadre sur l'Eau** (DCE, 2000) souligne, dans son annexe V, que **la continuité écologique est un des éléments de qualité qui contribue au bon état écologique des cours d'eau**. La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA, 2006), déclinaison réglementaire française de la DCE, impose de rétablir cette continuité dans certains cas. L'article L.214-17¹¹ du code de l'environnement prévoit, en son 2°, que chaque Préfet Coordinateur de Bassin fixe par arrêté une liste de cours d'eau, parties de cours d'eau (...) dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. Sur ces tronçons, tout ouvrage régulièrement autorisé doit être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant, sans que puisse être remis en cause son usage actuel ou potentiel, en particulier aux fins de production d'énergie. S'agissant plus particulièrement des moulins à eau, l'entretien, la gestion et l'équipement des ouvrages de retenue sont les seules modalités prévues

⁶ <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>

⁷ <https://ec.europa.eu/environment/nature/pdf/Summary%20for%20Policymakers%20IPBES%20Global%20Assessment.pdf>

⁸ <https://www.ipbes.net/resource-file/102078>

⁹ Approuvé en septembre 2000 pour la partie législative et en août 2005 pour la partie réglementaire.

¹⁰ Amoros C. & Petts G.E., réd. (1993). Hydrosystèmes fluviaux. Collection Écologie n° 24, Masson, Paris, 300 p.

¹¹ Pour des raisons de simplification, l'historique de la réglementation n'est pas détaillé dans ce document, mais la continuité écologique y est considérée depuis longtemps. Par exemple, antérieurement à l'article L.214-17 du CE, certains cours d'eau ou parties de cours d'eau étaient déjà classés au titre de l'article L.432-6 afin d'assurer la circulation des poissons migrateurs.

pour l'accomplissement des obligations relatives au franchissement par les poissons migrateurs et au transport suffisant des sédiments, à l'exclusion de toute autre, notamment de celles portant sur la destruction de ces ouvrages. Le code de l'environnement impose alors une **obligation de résultat**, à savoir la **circulation des espèces** (en montaison comme en dévalaison) et le **transit suffisant des sédiments**, quels que soient les moyens mis en œuvre.

Devant le **nombre conséquent d'obstacles** recensés sur les cours d'eau, des **priorités d'action** ont été définies par bassins hydrographiques, notamment dans le cadre de la loi de programmation du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Le plan national d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau (PARCE) est lancé en novembre 2009 et formalisé dans une circulaire en date du 25 janvier 2010¹². Cette priorisation a permis d'alimenter les travaux relatifs aux classements au titre du L.214-17 CE, qui se sont déroulés jusqu'à mi 2011. Suite à ces travaux, le nombre d'ouvrages prioritaires concernés par une mise en conformité restait important. Le plan national d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique a alors proposé d'établir une nouvelle priorisation des ouvrages à traiter. Les conditions de mise en œuvre de celle-ci sont détaillées dans une note technique du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire en date du 30 avril 2019¹³.

L'eau étant *res communis*¹⁴, c'est-à-dire un "Bien commun", inappropriable par nature et qui appartient à tous, **un projet de restauration de la continuité écologique**, que ce soit à l'échelle d'un ouvrage ou d'un bassin-versant **doit considérer divers aspects et usages** : écologiques, économiques, culturels, sociaux. L'article L.210-1 du code de l'environnement rappelle que "*L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général.*" L'article L 211-1 du code de l'environnement dispose ainsi que "*La gestion équilibrée et durable de l'eau (...) doit également permettre de satisfaire ou concilier, lors des différents usages, activités ou travaux, les exigences :*
1° *De la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole et conchylicole ;*
2° *De la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;*
3° *De l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.*"

Les différents enjeux se déclinent localement, au cas par cas : patrimoine naturel et culturel, production d'eau potable, inondations, production d'énergie, sports nautiques, adaptation au changement climatique, amélioration du cadre de vie, pisciculture, agriculture, pêche, tourisme...

Le présent document n'embrasse pas l'ensemble de ces enjeux, qui doivent faire **partie intégrante de la réflexion**, mais propose :

- de synthétiser les éléments nécessaires à une démarche diagnostique en ce qui concerne les enjeux écologiques, de patrimoine culturel, de navigation et de production d'hydroélectricité¹⁵;
- de présenter les avantages et inconvénients des différentes solutions envisageables pour rétablir la continuité écologique, notamment au regard de ces quatre types d'enjeux.

¹² Circulaire relative à la mise en œuvre par l'État et ses établissements publics d'un plan d'action pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau (BO n°23 du 25 février 2010).

¹³ Note technique du 30 avril 2019 relative à la mise en œuvre du plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique des cours d'eau - NOR : TREL1904749N - <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=44619>

¹⁴ Principe établi dès la loi du 8 avril 1898.

¹⁵ Les réglementations à considérer pour une conciliation de ces enjeux sont brièvement rappelées dans les différents chapitres concernés.

Rappelons que, devant des intérêts divergents, le consensus est parfois difficile à obtenir, mais peut être facilité par la concertation et le partage du diagnostic et des objectifs recherchés. Il est donc **primordial d'initier le plus précocement possible les échanges entre tous les acteurs concernés par un projet** de restauration de continuité écologique¹⁶. À ce titre, la consultation en amont (qui a pour objectif majeur le porter à connaissance des principaux enjeux) est une étape essentielle pour partager un niveau d'ambition et mettre en œuvre les mesures les plus adaptées aux enjeux. Cette mise en œuvre, qui intègre la prise en compte objective des différents enjeux, s'inscrit ensuite pleinement dans le cadre de l'instruction administrative des dossiers.

À l'échelle de chaque ouvrage concerné, la solution retenue consistera soit à une suppression (totale ou partielle) de l'obstacle, soit à un maintien de celui-ci, induisant alors des mesures de gestion ou d'équipement (voir Chapitre 3). Dans un contexte de maintien de l'ouvrage, le champ de solutions techniques se limite généralement non pas à des mesures de restauration¹⁷ de la continuité, mais à des mesures visant à atténuer au mieux l'impact de l'ouvrage sur celle-ci (mesures de réduction). Dans tous les cas, il est nécessaire d'**évaluer la pertinence des solutions envisagées** en croisant leurs coûts, leur faisabilité technique et leurs conséquences économiques sur les usages associés à l'ouvrage avec les enjeux écologiques et les objectifs visés. Pour cela, la phase initiale de **diagnostic** est primordiale.

2. Établir un diagnostic pluriel

La phase de diagnostic est essentielle dans la démarche, car elle permet, d'une part, d'éventuellement préciser et/ou renforcer les enjeux écologiques (déjà pointés lors des classements de cours d'eau, le cas échéant) et, d'autre part, d'adapter les prescriptions techniques des solutions possibles aux impacts générés et aux différents enjeux identifiés.

Pour des raisons de clarté, les différentes parties du diagnostic sont présentées ci-dessous par grands types d'enjeux, mais la démarche finale relève bien d'une approche holistique.

2.1 Diagnostic écologique dans un contexte global

2.1.1 À l'échelle de l'axe ou du bassin

Ce diagnostic a été effectué lors de la phase de priorisation des actions par bassin, il ne sera donc pas développé dans ce document, qui focalise davantage sur les solutions techniques à l'échelle de

¹⁶ Voir notamment le document établi dans le cadre de l'action 3 du Plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique : ANEB & FNCCR (2021). Continuité écologique des cours d'eau – Outil d'aide à la mise en œuvre de projets par la maîtrise d'ouvrage publique locale – Recommandations, ressources, exemples. Disponible à : https://www.fnccr.asso.fr/wp-content/uploads/2021/06/Action3_Outil_ANEB-FNCCR_V18052021.pdf

¹⁷ La notion de "restauration" dans le cas de la continuité des cours d'eau correspond au fait de rétablir, dans la mesure du possible, certaines fonctionnalités du cours d'eau pour aboutir à un bon état écologique de celui-ci et non de le "renaturer". Elle est à différencier de la "restauration" au sens des politiques culturelles et patrimoniales, qui correspond au fait de maintenir, restituer ou reconstituer des états historiques d'aménagement créés par l'homme, y compris sur les aménagements liés aux cours d'eau.

l'ouvrage, basées sur des enjeux locaux. Toutefois, pour mémoire, il convient de rappeler ici quelques étapes-clés de la démarche à l'échelle du bassin.

À l'échelle des bassins et des axes concernés, il est nécessaire d'engager une **réflexion sur la stratégie à mettre en œuvre** pour restaurer le bon état écologique, *via* notamment la continuité écologique (biologique et sédimentaire) et la restauration, dans la mesure du possible, de l'hydromorphologie du cours d'eau sur l'ensemble des ouvrages¹⁸. De manière synthétique, la démarche consiste à :

- acquérir la **connaissance générale du bassin versant** : grands enjeux liés à l'anthropisation et à la gestion du cours d'eau et spécifiquement des ouvrages transversaux ;
- acquérir la connaissance des **enjeux biologiques et hydromorphologiques du bassin versant** : espèces présentes (notamment protégées, envahissantes...), distribution des habitats, enjeux de protection (par exemple zonages existants : ZNIEFF, TVB, etc.), articulation avec les documents de gestion (N2000...), cartographie des tronçons, fonctionnement des annexes hydrauliques, densité d'obstacles, occupation des sols, transport et gestion sédimentaire, profil en long, pente naturelle du cours d'eau, espace de mobilité et de bon fonctionnement, pressions et altérations connues ;
- acquérir la **connaissance générale des ouvrages du bassin versant** : localisation précise, types et usages associés, caractéristiques, équipements potentiellement existants relatifs à la continuité, impacts sur la continuité piscicole et sédimentaire, mortalité induite potentielle, risque inondation, enjeux socio-économiques, généalogie des équipements patrimoniaux (patrimoine industriel, patrimoine vernaculaire, sites archéologiques, ...) famille d'ouvrages (ponts, digues, seuils, gués, canaux de dérivation, aménagements de berges, pêcheries, ensembles molinologiques, viviers, douves, cours forcés, ...), séquence d'équipement de la rivière aménagée¹⁹, état de la continuité de la navigation sur le linéaire concerné ;
- prioriser les **sous-bassins et les axes prioritaires** : zones à traiter en priorité au regard des enjeux de migration piscicole, de transit sédimentaire et d'hydromorphologie du cours d'eau. Les priorités mises en relief seront argumentées selon les objectifs écologiques visés (biologiques et hydromorphologiques) ;
- **prioriser les ouvrages** en identifiant les impacts **et proposer des solutions** au cas par cas, en tenant compte des risques et effets positifs ou négatifs liés à la solution proposée.
- Définir une **stratégie de mise en œuvre** : opportunités, ouvrages sans usages, ouvrages à risque, ouvrages d'intérêt patrimonial, coût...

2.1.2 À l'échelle de l'ouvrage

Une démarche diagnostique doit également être menée à l'**échelle de l'ouvrage**. Celle-ci est très explicitement détaillée dans les guides d'aide à la rédaction d'un cahier des charges, produits par les

¹⁸ Voir : Agence de l'Eau RMC & Onema (2011). Détermination d'une stratégie de restauration de la continuité écologique à l'échelle du bassin versant. Guide technique, 19 p.

¹⁹ Voir : - Bravard J.-P. & Lévêque C. (2020). La gestion écologique des rivières françaises, regards de scientifiques sur une controverse. Paris, L'Harmattan, 364 p.

- Bravard J.-P. & Magny M. (2002). Les fleuves ont une histoire : paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans. Paris, Errance, 312 p.

- Gallicé A. & Serna V. (2005). La rivière aménagée : entre héritages et modernité - Formes, techniques et mise en œuvre. Acte du colloque international, Orléans, Muséum des sciences naturelles d'Orléans, 15 et 16 octobre. Aestuaris, 7, 490 p.

- Lespez L. (2012). Paysages et gestion de l'eau. Sept millénaires d'histoire de vallées et de plaines littorales en Basse-Normandie. Presses Universitaires de Caen, numéro hors-série des Enquêtes rurales, 336 p.

- Véron C. (2017). Moulins – Technique, espace et société au bord de l'eau. Le Vivarais du Moyen Âge à la fin du XIXe siècle. Fédération Des Moulins de France, Lagorce, Les éditions du Chassel, 648 p.

Agences de l'Eau et l'Agence française pour la biodiversité²⁰, et peut aussi s'appuyer sur le lot de fiches "continuité écologique / mise en conformité d'ouvrages existants" de PATBiodiv²¹. De manière très synthétique, cette démarche consiste à :

- replacer l'ouvrage dans un **contexte écologique plus large** (cf. paragraphe 2.1.1) ;
- connaître **l'hydrologie et le fonctionnement hydraulique** du site (débits caractéristiques, débits classés...), préalable indispensable à tout projet de mise en œuvre de modalités de gestion adaptées ou de conception de dispositif de franchissement piscicole. Ces données s'avèrent déterminantes i) dans le diagnostic d'impact et ii) pour le bon dimensionnement des solutions techniques retenues pour la correction de l'impact ;
- évaluer les **impacts** de l'ouvrage sur la continuité écologique *via* i) un diagnostic de la continuité biologique (espèces ciblées, impact à la montaison, impact à la dévalaison) et ii) un diagnostic de la continuité sédimentaire selon un emboîtement d'échelles ouvrage-tronçon-bassin ;
- définir un **niveau d'ambition** (voir Annexe I)²², en fonction des espèces cibles et des habitats aquatiques présents en amont et en aval de l'ouvrage, des conditions actuelles et potentielles d'accès à ces habitats, de la présence de prédateurs au droit de l'ouvrage, des besoins d'amélioration de la qualité de l'eau... Les contraintes de site pour la réduction des impacts au niveau de l'ouvrage et pour l'entretien des dispositifs de migration doivent être prises en compte ;
- caractériser les **enjeux en termes de continuité et d'hydromorphologie** et les **objectifs écologiques visés** suite à la mise en œuvre des solutions techniques : exigences des espèces ciblées, linéaire rendu connectif, habitats restaurés et/ou rendus accessibles, qualité actuelle et future de la montaison/dévalaison, dynamique sédimentaire et hydromorphologique, lien avec d'autres pressions et, le cas échéant, nécessité de réduire leurs impacts.

Ces étapes (diagnostic et identification des enjeux) permettront de définir :

- le **niveau d'ambition** et les **objectifs visés** ;
- les **objectifs spécifiques du traitement** (montaison, dévalaison, transit sédimentaire, retenue) ou, le cas échéant, le fait de ne pas traiter.

Avant de proposer une déclinaison technique opérationnelle permettant de répondre aux enjeux écologiques, il convient de poursuivre l'analyse en considérant les **usages associés** à l'ouvrage, ses **caractéristiques techniques, son intérêt et statut patrimonial** et les **aspects économiques** de cette mise en œuvre technique.

²⁰ Voir : - Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2017). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 1 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les équipements et dispositifs dédiés au franchissement piscicole (montaison & dévalaison) et/ou au transit sédimentaire. Guide technique, 34 p. Disponible à : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/ae-afb_2017_-_cctp_equipement-retablissement_continuite_ecologique.pdf

- Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2018). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 2 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les projets de dérasement ou arasement d'ouvrages transversaux. Guide technique, 40 p. Disponible à : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/CCTP-effacement-final.pdf>

²¹ <https://patbiodiv.ofb.fr/referentiel-technique/domaine-aquatique/continuite-ecologique-aquatique/natures-operation/9>

²² A noter que, pour les linéaires classés en liste 1 au titre des migrateurs amphihalins, le niveau d'ambition pour ces taxons est, de fait, une protection complète.

2.2 Connaissance des usages et des caractéristiques techniques de l'ouvrage

Le besoin de ce type de connaissances pour apporter une solution appropriée est explicité de manière plus approfondie dans les documents techniques produits par les agences de l'eau et l'agence française pour la biodiversité^{23,24}.

En ce qui concerne les **usages**, il s'agit de bien connaître :

- l'historique de l'ouvrage : construction, modifications, usages successifs, incidents passés ;
- les éléments juridiques : droit d'eau / arrêté de prescriptions, le cas échéant droit fondé en titre et consistance légale associée, aspects fonciers ;
- la nature et la destination de l'usage actuel principal de l'ouvrage ;
- les effets de l'ouvrage sur la sécurité (inondation, risque de rupture, risque pour les loisirs) ;
- les débits utilisés dans le cas de dispositifs de prélèvement, de dérivation, de continuité de la navigation et les débits réservés le cas échéant ;
- les périodes et modalités de fonctionnement ;
- les autres usages et les contraintes de gestion associées (alimentation en eau potable, urbanisme, infrastructures, irrigation, navigation de loisir non motorisée, baignade, usages culturels, bien-être paysager, sécurité des tiers...), susceptibles d'avoir des incidences sur le choix/dimensionnement des solutions techniques (emprise foncière²⁵, géotechnique, patrimoine culturel...).

En ce qui concerne les **caractéristiques techniques** de l'ouvrage, il convient de connaître :

- sa localisation précise, les caractéristiques géométriques et topographiques de l'ouvrage, de ses aménagements connexes (renforcements de berges...) et de la prise d'eau le cas échéant ;
- la capacité de la retenue d'eau (effets potentiels amont/aval sur l'enjeu d'inondation) ;
- l'état général du génie civil ;
- les dimensions et cotes de tous les organes de régulation hydrauliques (vannes de décharge, prises d'eau...) et leur état de fonctionnalité ;
- les modalités de gestion, d'exploitation de l'ouvrage et des organes associés.

²³ Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2017). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 1 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les équipements et dispositifs dédiés au franchissement piscicole (montaison & dévalaison) et/ou au transit sédimentaire. Guide technique, 34 p. Disponible à : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/ae-afb_2017_-_cctp_equipement-retablissement_continuite_ecologique.pdf

²⁴ Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2018). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 2 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les projets de dérasement ou arasement d'ouvrages transversaux. Guide technique, 40 p. Disponible à : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/CCTP-effacement-final.pdf>

²⁵ L'aspect foncier est une notion primordiale. La maîtrise foncière doit être prise en considération dès l'étape du choix du scénario de restauration de la continuité : si le lieu d'implantation de l'aménagement n'est pas propriété du porteur de projet, il faut envisager d'acheter/conventionner... pour pouvoir accéder au site des travaux et/ou les réaliser. Dans le cas des projets de grande ampleur (ex : effacement d'ouvrage ou remise du cours d'eau dans son talweg), une animation foncière est souvent nécessaire en parallèle de l'animation du projet.

2.3 Approche intégrée du patrimoine culturel

La loi n° 2016-925 du 7 juillet 2016 relative à la **liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine** (LCAP) rappelant que *"le patrimoine dans toute sa diversité est une richesse essentielle pour la France, pour la cohésion de la nation et le rapprochement entre toutes les composantes de la société française"*, a introduit à son article 101 l'obligation de mettre en œuvre la politique sur les cours d'eau dans le respect des objectifs de protection, de conservation et de mise en valeur du patrimoine protégé soit au titre des monuments historiques, des abords ou des sites patrimoniaux remarquables en application du livre VI du code du patrimoine, soit en application de l'article L. 151-19 du code de l'urbanisme, en complétant les articles L.211-1 et L.214-7 du code de l'environnement.

Les cours d'eau sont des formes héritées, qui rappellent chacune à leur façon, la diversité des usages de la rivière. Moulins, pêcheries, rouissoirs, jardins et parcs, consolidation de berges, vannes, biefs, seuils, cours forcés, digues et cales sont autant d'équipement qui racontent l'histoire de l'anthropisation d'un territoire sur une longue période²⁶. Tout projet d'intervention sur ce qui compose un paysage culturel doit donc faire l'objet d'un **diagnostic patrimonial qui peut prendre plusieurs formes et qui doit se faire en plusieurs étapes**.

2.3.1 L'approche sensible du territoire

Le diagnostic patrimonial doit s'appuyer sur une approche sensible du territoire. Il commence obligatoirement par une **visite sur le terrain** permettant une expérience visuelle, esthétique, sonore, olfactive, du paysage²⁷. Cette approche, véritable **imprégnation de ce qui se joue ou ne se joue pas** sur le site, peut se décliner en dessins, photographies, blocs diagramme, vidéos, calepinage du paysage...

2.3.2 L'identification des biens et espaces présentant un intérêt culturel

Les questions à se poser sont les suivantes : quel(s) type(s) de bien culturel (bâti ou non bâti) se trouve(nt) sur l'emprise du projet de restauration de la continuité écologique (RCE) ou à proximité ? L'ouvrage ou l'espace à modifier présente-t-il un intérêt patrimonial ? Quel est son statut patrimonial :

²⁶ Voir notamment :

- Patrimoine de l'hydraulique, revue MONUMENTAL, revue scientifique et technique des monuments historiques, Éditions du patrimoine, 2019-2, 128 p. Sommaire détaillé accessible sur <http://www.editions-du-patrimoine.fr/Librairie/Monumental/Monumental-2019-2-Patrimoine-de-l-hydraulique> et notamment : Pingoux C., Delhay J.-F. & Serna V. (2019). Les patrimoines de l'eau : un bien commun à gérer, p. 90-94. Et Serna V. (2019). L'eau vive, l'eau conduite, l'eau bâtie : vers une eau patrimoniale ?, p.8-9.
- Eaux et patrimoines, actes des ateliers "La parole aux élus" des atouts à conjuguer pour votre territoire, 26-27 septembre 2019, Rochefort, Ed. Icomos France (publication prévue en novembre 2020 sur <http://france.icomos.org/>).
- Serna V. (2019). Les territoires de l'eau, un patrimoine insécable. Atelier 1, Site Ramsar et développement culturel et patrimonial. Actes du séminaire Ecotourisme et culture en site Ramsar, 7-8-9 novembre 2018, Metz, p. 31 et 36. www.zoneshumides.org/actualite/actes-du-10eme-seminaire-ramsar.

²⁷ Voir la LOI n° 2021-85 du 29 janvier 2021 visant à définir et protéger le patrimoine sensoriel des campagnes françaises dont son article 1^{er} qui modifie l'article 1^{er} de L. 110-1 du code de l'environnement, comme suit :

I. - Les espaces, ressources et milieux naturels terrestres et marins, les sons et odeurs qui les caractérisent, les sites, les paysages diurnes et nocturnes, la qualité de l'air, les êtres vivants et la biodiversité font partie du patrimoine commun de la nation. Ce patrimoine génère des services écosystémiques et des valeurs d'usage.

fait-il l'objet d'une protection au titre du code du patrimoine, du code de l'environnement ou du code de l'urbanisme ? A-t-il fait l'objet d'études patrimoniales ?

Cette étape de reconnaissance patrimoniale est primordiale car les incidences peuvent être fortes sur l'élaboration des projets. Elle permet d'**identifier et d'anticiper les procédures et autorisations réglementaires spécifiques** requises par le projet (cf. Annexe II). C'est à cette étape que nombre d'acteurs patrimoniaux sont approchés, rencontrés, écoutés et associés, en particulier au sein des directions régionales des affaires culturelles (conservations régionales des monuments historiques - CRMH, services régionaux de l'archéologie -SRA, unités départementales de l'architecture et du patrimoine -UDAP où sont les architectes des bâtiments de France, les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement -DREAL et leurs inspecteurs des sites, les paysagistes-conseils, les chercheurs des services régionaux de l'Inventaire du patrimoine culturel, etc.), de préférence sur le terrain.

Les biens et espaces d'intérêt patrimonial peuvent être :

- **Recensés par l'Inventaire général du patrimoine culturel en région.** Au sein des Conseils régionaux, chaque service en charge de l'Inventaire général du patrimoine culturel recense, étudie et fait connaître le patrimoine au plus grand nombre.
- **Détectés, évalués et sauvegardés par l'étude archéologique** (livre V du code du patrimoine). Ils peuvent notamment être identifiés dans la carte archéologique nationale sous la forme d'entités archéologiques et de zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA). Néanmoins, l'évaluation de la susceptibilité d'impact d'un projet de travaux sur le patrimoine archéologique, qui peut entraîner des prescriptions d'archéologie préventive, ne se fonde pas uniquement sur les données de la Carte archéologique nationale mais aussi sur l'absence de données²⁸.
- **Protégés au titre du code du patrimoine ou du code de l'environnement et ayant le caractère de servitude d'utilité publique** (conservation du patrimoine culturel) :
 - **Immeubles classés ou inscrits au titre des Monuments historiques** en application des articles L. 621-1 et suivants du code du patrimoine ;
 - **Abords des monuments historiques** définis à l'article L. 621-30 du code du patrimoine ;
 - **Sites patrimoniaux remarquables classés** en application de l'article L. 631-1 du code du patrimoine ;
 - **Plans de valorisation de l'architecture et du patrimoine** (PVAP) approuvés en application de l'article L. 631-4 du code du patrimoine ;
 - **Règlements** des zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP) et des aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine (AVAP).
 - **Sites inscrits** en application de l'article L. 341-1 du code de l'environnement ;
 - **Sites classés** en application de l'article L. 341-2 du code de l'environnement.
- **Protégés au titre du code de l'urbanisme** :
 - **Plan de sauvegarde et de mise en valeur** (PSMV) établi sur tout ou partie d'un site patrimonial remarquable et tenant lieu de plan local d'urbanisme (PLU) (articles L. 313-1 du code de l'urbanisme et L. 631-3 du code du patrimoine)

²⁸ L'archéologie préventive consiste à détecter et à sauvegarder les éléments du patrimoine archéologique affectés ou susceptibles d'être affectés et détruits par les travaux d'aménagements publics ou privés.

- **Identification** au titre de l'article L.151-19 du code de l'urbanisme dans le règlement des PLU ou au titre de l'article L. 111-22 (cartes communales).

Enfin, certains biens peuvent être également inscrits sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco, et/ou labellisés ("Architecture contemporaine remarquable"²⁹, "Jardins remarquables"³⁰, "Villes et pays d'art et d'histoire") et/ou faire l'objet d'une protection dans la charte d'un parc naturel régional (PNR).

Pour savoir si les ouvrages sont des biens présentant un intérêt patrimonial³¹, il convient de consulter en particulier la base Mérimée sur la plateforme POP³² du ministère de la Culture, l'Atlas des patrimoines³³ ou le Géoportail de l'urbanisme³⁴ et il est par ailleurs recommandé de prendre l'attache des services de l'Inventaire général du patrimoine culturel au sein des Conseils régionaux³⁵ et des Directions régionales des affaires culturelles (DRAC-DAC), et notamment de leur référent.e *Continuité écologique*, services déconcentrés du ministère de la Culture comprenant notamment les conservations régionales des monuments historiques (CRMH), les services régionaux de l'archéologie (SRA) et les unités départementales de l'architecture et du patrimoine (UDAP).

En cas d'**ouvrages peu ou pas connus**, une évaluation de leur intérêt patrimonial est nécessaire. Elle peut être menée à travers des études spécialisées recommandées par les services des DRAC-DAC. Elle peut également s'appuyer sur la grille d'analyse élaborée en 2017 conjointement par le ministère de la Transition Écologique et Solidaire et le ministère de la Culture³⁶. Cette grille permet de regrouper diverses informations nécessaires au diagnostic :

- des éléments génériques concernant l'ouvrage (nom, localisation) ;
- la catégorie de l'ouvrage (type, usage) ;
- les éléments constitutifs de l'ouvrage ;
- la fonction de l'ouvrage ;
- les connaissances historiques et géographiques ;
- les informations juridiques ;
- des appréciations générales (accessibilité, élément structurant, témoignages, intérêt patrimonial...).

Renseignée par le propriétaire et/ou le maître d'ouvrage des travaux de RCE, cette grille, ajustable et perfectible, a un caractère fédérateur. Elle apporte des éléments qui facilitent l'évaluation patrimoniale par les DRAC-DAC, sans toutefois présumer de leurs appréciations et décisions. Son rôle est aussi de renforcer la concertation des différentes parties prenantes.

²⁹ <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Architecture/Architecture-et-cadre-de-vie/Architecture-du-XXe-siecle/Label-Architecture-contemporaine-remarquable>

³⁰ <https://www.culture.gouv.fr/Aides-demarches/Protections-labels-et-appellations/Label-Jardin-remarquable>

³¹ Dans ce cas, il convient de prendre l'attache des services concernés dès la phase de consultation, en amont de l'instruction administrative du projet, afin qu'ils puissent clairement indiquer les enjeux et partager une solution technique intégrée.

³² <https://www.pop.culture.gouv.fr/>

³³ <http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/>

³⁴ <https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/>

³⁵ La consultation des données de l'Inventaire se fait via les portails de diffusion des services en Région. Ex. :

- <http://patrimoine.bzh/>
- <https://dossiersinventaire.maregionsud.fr/gertrude-diffusion/>
- <https://patrimoine.auvergnerhonealpes.fr/>

³⁶ Ministère de la Transition Écologique et Solidaire & Ministère de la Culture (2017). Grille d'analyse de caractérisation et de qualification d'un patrimoine lié à l'eau. Disponible sur :

- <https://continuite-ecologique.fr/wp-content/uploads/2017/12/grille-analyse.pdf>
- <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Monuments-historiques/Monuments-historiques-sites-patrimoniaux/Themes-transversaux/La-continuite-ecologique-des-cours-d-eau>

2.3.3 La fabrique du projet

Le projet doit s'appuyer sur les deux premières étapes (approche sensible et reconnaissance patrimoniale du lieu) et prendre la mesure historique du site. Le projet d'intervention sur un cours d'eau ne peut se réduire à une simple prestation technique. Il doit servir aussi l'esprit du lieu. Les objectifs doivent être clairement énoncés dès la phase projet. L'intervention s'intégrant dans un paysage, il importe de rappeler les termes de la convention européenne du paysage³⁷ selon lesquels l'élaboration d'un projet s'appuie sur le dialogue et le partage avec les usagers.

Les intentions du projet énoncées, ce dernier doit être **construit et partagé avec l'ensemble des parties prenantes**. La gestion de l'espace dans un futur proche doit être abordée avec les gestionnaires, propriétaires et usagers du lieu. Les principes du projet d'aménagement doivent s'appuyer sur les structures paysagères et mobiliser, dans la mesure du possible, les ressources et savoir-faire locaux, dans le respect de l'histoire des lieux et dans un souci de développement durable.

2.4 Prise en compte de l'hydroélectricité - Éléments de diagnostic économique et énergétique

Certains ouvrages sont aménagés pour la production d'hydroélectricité.

2.4.1 Rappel réglementaire

L'hydroélectricité est réglementée par l'État depuis la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, qui stipule que "nul ne peut disposer de l'énergie des marées, des lacs et des cours d'eau [...] sans une concession ou une autorisation de l'État" (article L.511-1 du code de l'énergie). **On distingue donc ces deux cadres juridiques pour les installations hydroélectriques suivant la puissance maximale brute (PMB) des installations :**

- Installations de moins de 4,5 MW : le régime de l'autorisation

Elles appartiennent en général à des particuliers, des petites entreprises ou des collectivités. Elles nécessitent l'obtention d'une autorisation environnementale, délivrée par le préfet pour une durée limitée, et dont les règles d'exploitation dépendent des enjeux environnementaux du site concerné.

Tout producteur peut déposer une demande d'autorisation pour exploiter une chute hydraulique en vue de produire de l'électricité, lorsque la puissance maximale brute de l'installation ne dépasse pas 4,5 MW ou lorsque la production d'électricité est un usage accessoire de l'exploitation de la chute. **L'autorisation d'exploiter au titre du livre V du code de l'énergie est alors comprise dans les actes délivrés par le préfet au titre de la loi sur l'eau dite "IOTA"** (en application des articles L. 531-1 et L. 312-2 du code de l'énergie).

³⁷ La convention européenne du paysage du Conseil de l'Europe, adoptée le 20 octobre 2000, à Florence, s'applique à l'ensemble du territoire et couvre les espaces naturels, ruraux, urbains et périurbains. Elle porte sur les espaces terrestres et sur les eaux intérieures et maritimes. Elle concerne les paysages pouvant être considérés comme remarquables, les paysages du quotidien, ordinaires ou extraordinaires, et les paysages dégradés. L'objectif de "qualité paysagère", tel que mentionné dans la convention, consiste, pour un paysage particulier, à énoncer précisément les caractéristiques que les populations locales concernées souhaitent voir reconnaître pour leur cadre de vie.

Les installations hydroélectriques soumises à autorisation représentent une puissance installée représentant moins de 10% de la capacité totale installée pour la filière hydroélectricité en France.

- Les installations de plus de 4,5 MW : le régime des concessions

Elles appartiennent à l'État, et elles sont construites et exploitées par un concessionnaire, pour son compte. Pour les installations entre 4,5 MW et 100 MW, la concession est délivrée par le préfet, alors qu'au-delà de 100 MW, le ministre en charge de l'énergie la délivre. La durée des concessions doit permettre d'amortir les investissements initiaux réalisés par le concessionnaire, qui rend à l'État les installations à l'échéance de sa concession.

Le présent document exclut le cas particulier des concessions hydroélectriques.

- Les droits d'eau antérieurs à la loi du 16 octobre 1919

Les installations hydroélectriques existantes de puissance inférieure à 150 kW autorisées avant la loi de 1919 restent autorisées selon leur titre, sans limitation de durée. De même, les droits anciens d'usage de l'eau (moulins, étangs, irrigation) dits fondés en titre (DFT), existants avant l'instauration du régime légal d'autorisation des ouvrages sur les cours d'eau³⁸, ont un caractère perpétuel.

Pour ces deux types de droits anciens, c'est au propriétaire de fournir à l'administration l'ensemble des documents de nature à justifier l'existence légale (DFT) ou le caractère autorisé (autorisations <150 kW) de l'ouvrage. Cependant, pour les DFT, c'est à l'administration que revient la charge de la preuve dans la détermination de la consistance légale (i.e. quantité d'eau dérivée, force motrice, puissance) du droit fondé en titre. Malgré ces deux régimes particuliers, les DFT et les ouvrages de puissance inférieure à 150 kW autorisés avant la loi de 1919 relèvent de la police de l'eau comme n'importe quel autre ouvrage autorisé.

2.4.2 Diagnostic économique³⁹

L'analyse économique est un des paramètres d'aide à la décision à mettre en balance avec les autres enjeux pour déterminer la solution de restauration de la continuité préconisée pour la mise en conformité des ouvrages existants en Liste 2 aménagés pour la production d'hydroélectricité.

Pour comparer l'impact de différentes solutions de restauration de la continuité écologique sur l'économie de l'installation hydroélectrique, il convient de disposer d'**éléments économiques relatifs à l'exploitation et aux solutions envisagées**. Sur la base des éléments fournis par l'exploitant, deux paramètres pourront être calculés (voir plus loin) de manière à comparer entre elles les différentes solutions envisagées quant à leur impact économique.

Une feuille de calcul, présentée en Annexe III, permet de consigner les éléments économiques et de calculer les indicateurs économiques évoqués ci-après.

Concernant l'installation, il convient de recueillir des **éléments économiques** de base, pour **les trois dernières années** :

- Recettes : vente de l'électricité, marché de capacité, autres recettes ;
- Dépenses : frais de personnel, achats, charges opérationnelles, impôts et taxes, TURPE, redevances, autres charges.

³⁸ D'une manière générale, il s'agit (1) sur les cours d'eau domaniaux des droits acquis avant les édits de Moulins de 1566 et (2) sur les cours d'eau non domaniaux des droits délivrés avant la Révolution de 1789.

³⁹ Il est à noter que les principes et outils du présent paragraphe peuvent servir de base pour d'éventuels cas d'activités économiques associées à des ouvrages autres que la production d'hydroélectricité.

Ces éléments doivent être renseignés de manière exhaustive, en incluant l'ensemble des recettes et des dépenses générées par l'installation.

Lorsque l'installation bénéficie d'un soutien financier dans le cadre d'un contrat d'obligation d'achat ou de complément de rémunération, les principales caractéristiques de ce soutien doivent être mentionnées, en précisant a minima : le type de contrat (HR97, H01, H07, HR07, H16, HR16, FH16), le tarif de référence initial et actualisé (pour les 3 dernières années), les dates de début/fin de contrat.

Sur cette base, il sera possible de calculer l'excédent brut d'exploitation (EBE) moyen, indicateur de référence qui correspond à la différence entre l'ensemble des recettes et des charges d'exploitation. **L'EBE représente les ressources dégagées par l'exploitation pour investir et rémunérer les capitaux.**

Il est également nécessaire de connaître **la production moyenne** de l'installation, calculée si possible sur les 10 dernières années afin de tenir compte de la variabilité de l'hydraulicité.

Les solutions de restauration de la continuité écologique peuvent **impacter l'économie de l'exploitation à différents niveaux**. Elles peuvent nécessiter des investissements (achat de matériel, travaux de génie civil...), générer des coûts annuels supplémentaires (entretien régulier des dispositifs, taxes supplémentaires...) et conduire à des pertes de production (réduction du débit turbiné). Selon la solution envisagée, un ou plusieurs de ces niveaux sont concernés, dans des proportions variables. Par exemple, certaines solutions nécessitent peu ou pas d'investissements mais ont un impact potentiellement important sur la production, donc sur les recettes de l'installation. C'est le cas par exemple des arrêts de turbinage.

Ces coûts doivent être caractérisés en vue de calculer des ratios comparables entre eux. Ainsi, **pour chaque solution envisagée, il convient d'estimer le coût d'investissement et l'éventuelle subvention associée, le surcoût annuel et la perte énergétique annuelle induite.**

Sur la base de ces éléments, de l'EBE moyen et de la production moyenne, deux paramètres sont calculés pour chaque solution afin de les comparer entre elles :

- **le ratio coût d'investissements (déduction faite des subventions) / EBE futur**

L'EBE futur est l'EBE moyen (cf. supra) prenant en compte les pertes de recettes et les surcoûts induits par la solution considérée. Il représente une estimation des ressources dégagées par l'exploitation pour investir après mise en œuvre de la solution concernée.

Le ratio investissement / EBE futur s'apparente schématiquement au nombre d'années où la totalité de ces ressources seraient mobilisées pour l'investissement dans la solution de restauration de la continuité. Plus il est élevé, plus la solution impacte la capacité de l'exploitation à investir et rémunérer les capitaux.

- **le pourcentage de perte d'EBE (perte EBE / EBE moyen)**

La perte d'EBE est liée à la perte de recette (perte de production) et aux surcoûts annuels.

Plus ce pourcentage est élevé, plus la solution impacte la capacité de l'exploitation à investir et rémunérer les capitaux. Un pourcentage de perte supérieure à 100% signifie donc que la perte d'EBE représente plus de la totalité de l'EBE moyen.

L'Annexe III présente l'interface permettant la saisie, par l'exploitant, des données susmentionnées relatives à l'économie de l'exploitation et aux solutions envisagées, et qui calcule sur cette base les deux paramètres permettant de comparer les solutions entre elles quant à leur impact économique.

Ces paramètres ont une valeur relative car ils ne prennent en compte que l'historique de l'exploitation. Cette valeur relative est **toutefois suffisante** car il s'agit de comparer plusieurs solutions entre elles.

Cependant, pour les cas particuliers nécessitant une analyse plus approfondie, par exemple en cas de réflexion sur un séquençage des mesures, la **chronique des flux de trésorerie et l'impact des**

solutions envisagées sur cette chronique pourront être étudiés plus précisément, ce qui nécessitera une projection et des discussions fines sur les **différentes hypothèses** (prix de l'électricité, charges d'exploitation, etc.). Cette analyse pourra être menée en lien avec le **référént régional**⁴⁰ et la DGEC.

En effet, la réception de l'information relative à l'impact économique et un premier examen reviennent au service instructeur (en général, le service en charge de la police de l'eau), qui pourra s'appuyer sur le présent document. Un appui aux services instructeurs peut néanmoins être nécessaire pour cette étape, en particulier pour des cas particuliers plus complexes. C'est pourquoi des référents régionaux ont été désignés sur la base des compétences présentes dans les services de l'Etat.

Leur rôle consiste à apporter un appui aux services instructeurs pour l'analyse économique des solutions en discussion, lorsque le dossier concerne un ouvrage aménagé pour la production d'hydroélectricité. Il n'a pas vocation à être saisi systématiquement sur tous les dossiers présentant ces caractéristiques mais au cas par cas, lorsque plusieurs solutions de restauration sont examinées et que le service instructeur l'estime nécessaire à l'issue de son premier examen des éléments économiques.

Le référent régional pourra solliciter l'**appui de la DGEC si nécessaire** pour les dossiers complexes, en particulier pour les dossiers relatifs aux concessions hydroélectriques.

2.4.3 Diagnostic énergétique

L'hydroélectricité est une filière essentielle pour l'atteinte des engagements français en matière de développement des énergies renouvelables. Elle constitue la première source de production d'électricité renouvelable, importante à la fois pour le système électrique national et le développement économique local. Le maintien et le développement de cette ressource, dans le respect des enjeux environnementaux, est indispensable pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques ambitieux que notre pays s'est fixé.

En effet, au niveau national, la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pour la période 2019/2028 prévoit l'objectif d'augmenter le parc de l'ordre de 200 MW d'ici 2023 et de 900 à 1200 MW d'ici 2028.

En 2019, la puissance installée était de 25,6 GW, et la production de 60 TWh assurée par environ 2500 centrales hydroélectriques, dont environ 2100 "petites centrales".

Le maintien des capacités installées représente un enjeu réel, dans la mesure où toute perte de capacités de production d'hydroélectricité existantes devra être compensée par de nouvelles capacités de production d'hydroélectricité afin d'atteindre les objectifs de la PPE.

Lors de l'examen de chaque solution de restauration de la continuité, il conviendra donc de mettre en évidence les éventuelles :

- **pertes de capacité de production installée**, exprimée en MW ;
- **pertes de production annuelle** (exprimée en MWh).

Ce dernier point est également nécessaire au diagnostic économique, les pertes de production conduisant directement à une diminution des recettes pour les installations hydroélectriques. De ce fait, ce paramètre figure dans la feuille de calcul présentée en Annexe III.

⁴⁰ L'action 2 du plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique des cours d'eau prévoit qu'un référent chargé d'apporter un éclairage économique soit identifié au niveau de chaque bassin, dans un service ou une agence de l'eau, afin de servir de point d'entrée aux services instructeurs et de contact avec la DGEC sur ces questions.

2.5 Conciliation avec les aménagements de sécurisation de la navigation

2.5.1 Rappel réglementaire

La liberté de la navigation est une liberté constitutionnelle, découlant de la liberté d'aller et venir.

La loi sur l'eau n°92-3 du 3 janvier 1992 a garanti le **principe de libre circulation des engins nautiques non motorisés sur tous les cours d'eau** en son article 6, devenu l'article L214-12 du code de l'environnement.

La Loi sur le Sport du 6 juillet 2000 a reconnu la **légitimité d'exercer les sports de nature**, dont les activités nautiques, sur les espaces, sites et itinéraires du territoire national.

En 2006, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) dispose que **la continuité de circulation doit être assurée**, au même titre que la continuité piscicole. Elle renforce ce principe en imposant au préfet **l'aménagement et/ou la signalisation des ouvrages** qui le nécessitent pour la circulation sécurisée des canoës et kayaks. Cette loi a alimenté l'article L4242-3 du code des transports : le préfet doit établir une **liste des ouvrages** (hydroélectriques ou non) établis sur cours d'eau (domaniaux ou non) pour lesquels doit être mis en place un aménagement adapté permettant leur franchissement ou leur contournement, en vue d'assurer la circulation sécurisée des engins nautiques non motorisés. En parallèle, l'article L4242-2 du code des transports précise *"les conditions dans lesquelles le propriétaire ou l'exploitant d'un ouvrage ... met en place une signalisation propre à assurer la sécurité de la circulation des bateaux non motorisés."*

Les articles R 4242-1 et suivants et R 4242-9 et suivants du Code des Transports précisent que ces deux listes d'ouvrages (devant faire l'objet d'une signalisation et/ou être aménagés) sont **établies dans chaque département**, par le Préfet, **en concertation avec la Fédération française de canoës-kayaks (FFCK)⁴¹ et les représentants des propriétaires ou exploitants d'ouvrages**. Conformément à une jurisprudence constante depuis un arrêt du Conseil d'Etat en date du 19 mai 1933⁴², **l'autorité préfectorale** qui a à sa disposition le pouvoir de prescrire l'aménagement et la signalisation nécessaire **ne saurait édicter, à la place de ces prescriptions, une mesure de limitation de l'activité nautique elle-même⁴³**.

L'enjeu sportif s'exerce au titre de la continuité de la navigation, évoqué notamment dans les articles L.4242-2 – L.4242-3 du Code des Transports - partie police de la navigation intérieure. La législation relative à l'eau vise "à une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau" qui inclut la protection des intérêts mentionnés au II de l'article L211-1 du Code de l'Environnement, au nombre desquels figure la pratique des loisirs et sports nautiques. **L'aménagement et l'exploitation d'un ouvrage sur un cours d'eau doit ainsi permettre "la satisfaction des besoins des activités nautiques" ou "leur conciliation"** (L 214-1 à L 214-6 du code de l'environnement). Il s'agit là de tout ouvrage soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau ou à la fois cette dernière et la loi du 16 octobre 1919, modifiée,

⁴¹ Il est donc à noter ici que ce sont les préfets, et donc les DDT ou DDTM, qui sont en charge de l'établissement des deux listes en s'appuyant sur l'expertise de la FFCK et des DSDEN (*Direction des Services Départementaux de l'Education Nationale (service d'Etat désormais en charge du sport)*).

⁴² CE, Benjamin : Rec. CE, p 547 ; S. 1934, 3, 1.

⁴³ Le Conseil d'Etat n'admet pas les limitations envers une activité légitime alors qu'elle a à sa disposition des mesures permettant de garantir la sécurité d'une activité sans la limiter. Ainsi, même si la liste n'a pas été éditée, on ne saurait écarter la nécessité d'un dispositif de franchissement à ce titre.

relative à l'utilisation de l'énergie hydroélectrique (article 1). **Dans les deux cas, doivent donc être prévus lors de l'autorisation ou de la concession initiale ou du renouvellement, les mesures tendant à permettre l'usage nautique** (en général passe à bateaux, chemins de contournement, débits d'eau réservés, lâchers d'eau).

Le Conseil d'Etat a également précisé qu'il appartenait à "l'Etat exerçant ses pouvoirs de police" de **modifier "l'autorisation accordée à un ouvrage"**, "en cas de menace pour la sécurité publique, et notamment **pour assurer la circulation sécurisée des engins nautiques non motorisés**" et que les "aménagements prévus [...] sont réalisés en vue d'assurer la sécurité des usagers des sports nautiques, soit précisément pour un motif de sécurité publique"⁴⁴.

La libre circulation sur les cours d'eau est garantie par l'ensemble de cette législation. Elle s'exerce **sous réserve de dispositions contraires**, édictées par les règlements particuliers de police, qui doivent respecter le Règlement Général de Police de Navigation Intérieure. L'article L214-12 du code de l'environnement permet au seul préfet (à l'exclusion du maire ou de toute autre autorité) de réglementer, **après concertation obligatoire avec les différents intéressés**, pour des motifs de protection de l'environnement, les activités nautiques, le tourisme et les loisirs.

2.5.2 Mutualisation des compétences lors du diagnostic

Les travaux sur les ouvrages, notamment ceux destinés à améliorer la continuité écologique, doivent prendre en compte la continuité de navigation. La FFCK, en tant que fédération délégataire du ministère des sports, peut intervenir en tant qu'expert de la navigation sur l'ensemble des cours d'eau. Son Service Aménagement Territorial et Equipements (SATE) peut proposer une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO).

Les DDT-DREAL doivent prévoir une concertation en amont du projet avec la FFCK⁴⁵, notamment lorsque l'ouvrage ou l'espace :

- est situé dans une zone de **pratiques sportives** (canoë-kayak, aviron...) ;
- nécessite la mise en place d'une **signalisation appropriée** (listé au titre des articles R4242-1 à R4242-8 du code des transports) ;
- nécessite un **aménagement adapté** pour assurer la circulation sécurisée des engins nautiques non motorisés (listé au titre des articles R4242-9 à R4242-12 du code des transports).

Pour cela :

- les DDT doivent **s'appuyer sur le travail de listage réalisé par la FFCK**, remonté aux DRAJES⁴⁶/DSDEN ;
- le bureau d'études de la **FFCK possède la compétence** technique et réglementaire pour dimensionner et proposer des solutions adaptées pour la sécurisation de la navigation⁴⁷ ;
- **cette mutualisation des compétences doit être favorisée** par le partage d'expérience et de recherche appliquée.

⁴⁴ Conseil d'Etat, 6ème et 1ère sous-sections réunies, 11/02/2011, 325103.

⁴⁵ La FFCK possède, en interne, un Service Aménagement Territorial et Equipements (SATE) déconcentré à l'échelle des bassins hydrographiques, capable de vérifier, pour chaque ouvrage concerné, le respect de la législation en vigueur en ce qui concerne les aménagements de sécurisation de la navigation (en appui avec les instances locales de la FFCK).

⁴⁶ Délégations régionales académiques à la jeunesse, à l'engagement et aux sports.

⁴⁷ Il existe plusieurs types d'aménagements pour cela (glissières, passes à ralentisseurs à chevrons épais, rivière de contournement...), qui permettent de s'adapter aux besoins en débit (participation au débit d'attrait des dispositifs piscicoles, possibilité de présence de clapet à l'amont...) et peuvent être mutualisés avec les dispositifs permettant de rétablir la continuité écologique. Voir l'exemple de la passe de Tours, utilisée en espace d'eau vive : <http://www.hydrobioloblog.fr/2013/03/quand-les-poissons-et-les-canoes-sont.html>

Une attention particulière doit être apportée, en concertation avec les acteurs locaux, pour que **l'impact économique** généré par les travaux et la solution retenue, sur les activités des associations et professionnels de l'eau vive, **soit acceptable et soutenable**. Les solutions sont alors à élaborer au cas par cas.

2.6 Obligation de résultats ou de moyens ?

La restauration de la continuité écologique imposée par le législateur fait référence à la notion d'**obligation de résultat**. Pour des raisons pragmatiques (importance des moyens nécessaires pour vérifier une réelle efficacité *in situ*), cette obligation de résultat est, la plupart du temps, traduite en **obligation de moyens**, c'est-à-dire par la mise en œuvre de moyens éprouvés, offrant les meilleurs gages d'efficacité au vu des objectifs fixés suite au diagnostic initial. A l'issue de ce diagnostic, **le propriétaire fait donc une proposition** quant aux moyens à mettre en œuvre pour rétablir la continuité écologique au droit de son ouvrage. Selon les termes de l'article L.214-17 du Code de l'Environnement, tout ouvrage (en liste 2) doit être *"...géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant [...]".* De ce fait, si, à l'issue de cette concertation, les moyens proposés par le propriétaire ne font pas consensus auprès des différentes parties prenantes au vu du cadre réglementaire, des enjeux et du niveau d'ambition attendu, l'autorité administrative pourra prescrire une solution technique différente (dans les limites prévues par l'article L. 214-17 CE) ou les modalités d'un suivi à engager pour apporter des **gages d'efficacité de la solution mise en œuvre**⁴⁸. Cette prescription précisera également l'efficacité attendue, les clauses de revoyure et les suites à apporter si les suivis ne permettent pas de conclure à une efficacité suffisante (par exemple, nouvelle proposition du propriétaire/pétitionnaire ou nouvelles prescriptions)⁴⁹.

Dans le cas spécifique d'un projet ou d'une installation hydroélectrique autorisée, en cas de désaccord ou de difficulté, le porteur de projet, l'exploitant ou le représentant de l'Etat dans le département peuvent faire appel au **médiateur de l'hydroélectricité**⁵⁰.

Quelle que soit la solution finalement adoptée, au-delà du bon respect des **critères de conception**, une **construction rigoureuse**, puis un suivi et un **entretien réguliers** (donc planifiés) du dispositif de franchissement devront également être assurés pour garantir son fonctionnement optimal dans le temps⁵¹.

⁴⁸ Dans ce cas, les suivis d'efficacité biologique sont souvent longs et coûteux. L'observation du passage des poissons, sans avoir une idée du nombre d'individus se présentant en pied d'obstacle et des durées de blocage, ne suffit pas. Ces opérations nécessitent donc des méthodes de marquages et de suivis, d'éventuellement plusieurs espèces sur plusieurs périodes et dans plusieurs conditions hydrologiques.

⁴⁹ Voir un exemple de ce type de prescription au Chapitre 4.2 du règlement d'eau de la concession de Monistrol d'Allier sur les rivières Allier et Ance du Sud :

https://www.haute-loire.gouv.fr/IMG/pdf/ap_reglement_d_eau_concession_monistrol_d_a.pdf

⁵⁰ Créé par le décret n°2022-945 du 28 juin 2022, à titre expérimental sur le périmètre géographique de la région Occitanie, en application de la loi Climat et Résilience d'août 2021, puis à l'ensemble du territoire métropolitain pour une durée de six ans, à compter de la promulgation de la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables.

⁵¹ Pour plus de détails, se référer à :

- Aigoui F. & Dufour M. (2008). Guide passes à poissons. Guide technique Voies Navigables de France, 75 p.

- Hilaire M., Senecal A., Besse T. & Baisez A. (2013). Guide de gestion et d'entretien des dispositifs de franchissement des ouvrages hydrauliques pour les poissons migrateurs. Guide technique Logrami, 63 p.

2.7 Conclusion

La solution technique permettant de mettre en conformité un ouvrage ne peut être définie par principe et se détermine **au cas par cas**, sur la base d'études préalables (diagnostic des impacts de l'ouvrage, des enjeux et usages associés) objectives et partagées, qui conduisent à la **proposition** de différents scénarios possibles.

Cette démarche diagnostique permet au final de retenir la solution qui permettra d'**atteindre les objectifs écologiques visés tout en tenant compte des autres enjeux avérés et majeurs** qui peuvent être associés à l'ouvrage (sécurité, économiques, énergétiques, patrimoniaux, autres usages et activités diverses).

3. Connaitre les avantages et limites des solutions potentielles⁵²⁵³

S'il est essentiel que la recherche d'une solution de RCE soit menée au cas par cas, il est tout aussi pertinent de **penser les projets de RCE à l'échelle la mieux adaptée**. Comme cela a été précédemment expliqué, l'échelle de travail à considérer lors d'une proposition de solution n'est pas seulement celle de l'ouvrage décontextualisé, mais également celle de la série d'obstacles identifiés en amont et en aval de celui à traiter. Il importe alors de privilégier une approche des projets de RCE à l'échelle du cours d'eau, voire du bassin versant, afin de mieux cibler les ouvrages sur lesquels il est le plus important d'agir⁵⁴ ; cela permet également d'élargir le champ des solutions techniques envisageables vers les plus adaptées au contexte écologique, technique, patrimonial et socio-économique. La performance des solutions techniques envisagées devra alors directement dépendre des objectifs visés, eux-mêmes découlant du niveau d'ambition affiché à différentes échelles.

3.1 Solutions à l'échelle du (segment de) cours d'eau : traitement d'un ensemble d'ouvrages

Dans certains cas, il est possible d'envisager une approche pertinente à l'échelle d'un ensemble cohérent d'ouvrages, du point de vue patrimonial et/ou de l'usage. **L'interdépendance entre ouvrages** est souvent le résultat d'une activité économique principale concentrée sur un segment de cours d'eau et ayant donné lieu à une série d'aménagements fonctionnels liés les uns aux autres. Ces cas appellent soit une solution d'ensemble sur le tronçon de cours d'eau, soit une combinaison de solutions

⁵² La présentation détaillée des différents types de solutions a récemment fait l'objet d'une synthèse européenne (en anglais) dans le cadre du programme H2020 "Fishfriendly Innovative Technologies for Hydropower" (FITHydro) :

Dewitte M. (2018). A List of solutions, models, tools and devices, their application range on a regional and overall level, the identified knowledge gaps and the recommendations to fill these. Deliverable D2.1, H2020 FITHydro programme, 539 p. Disponible à : <https://fithydro.eu/wp-content/uploads/2019/07/D2.1-SYGMA.pdf>

⁵³ De nombreux retours d'expériences, accessibles par mots-clés, zone géographique, cadre réglementaire... ont été capitalisés dans le cadre du plan d'action pour une politique apaisée de restauration de la continuité écologique (action 7 : "Transmettre la connaissance scientifique et les solutions techniques efficaces et durables") et sont accessibles à : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/193>

⁵⁴ À noter que ce ciblage a déjà été opéré lors du classement en liste 2 au titre du L.214-17 CE.

techniques, en fonction des ouvrages en présence et en vue de **limiter au maximum les impacts résiduels cumulés**⁵⁵ sur la continuité écologique.

Les solutions peuvent consister à :

- rétablir un ancien bras en s'appuyant notamment sur des études historiques et archéologiques, ou créer un bras de contournement d'un ensemble d'obstacles identifiés, sans forcément tarir les écoulements existants⁵⁶ (voir aussi le paragraphe 3.2.1 "remise en fond de vallée totale ou partielle") ;
- regrouper plusieurs prises d'eau d'aménagements hydroélectriques en une seule, afin de décroiser un tronçon de cours d'eau⁵⁷ ;
- adopter un protocole concerté des vannages (voir aussi le paragraphe 3.2.4 "gestion de l'ouvrage") ;
- associer des solutions techniques adaptées aux ouvrages concernés (réaménagement d'annexes hydrauliques à partir de plans d'eau existants, reprofilage de berges...) pour améliorer plus globalement le fonctionnement du cours d'eau.

Avantages :

- à "large" échelle, un ensemble d'enjeux (récréatifs, pêche, tourisme...) peuvent bénéficier de la restauration d'un cadre paysager plus naturel ;
- cette approche permet d'éviter ou minimiser les interventions sur des ouvrages et les espaces qui revêtent un intérêt patrimonial ;
- la combinaison de solutions permet d'être moins interventionniste sur chaque ouvrage tout en aboutissant potentiellement à une solution globale efficace.

Limites :

- les solutions de création ou de réhabilitation d'un bras de contournement restent tributaires des possibilités de maîtrise foncière et des enjeux associés (usages, biodiversité, enjeux patrimoniaux, notamment archéologiques) ;
- des solutions à grande échelle nécessitent une maîtrise d'ouvrage unique ou, à défaut, une coordination des différents maîtres d'ouvrages et propriétaires.

3.2 Solutions à l'échelle d'un ouvrage

À l'échelle d'un ouvrage, la mise en conformité peut être envisagée de différentes manières : en supprimant l'ouvrage, en le modifiant (réduction de sa hauteur et/ou création de brèches), en mettant en œuvre des mesures de gestion ou d'équipements (dispositifs de franchissement pour les poissons à la montaison et/ou à la dévalaison). Il convient alors de chercher la meilleure solution permettant de concilier les différents usages liés à l'ouvrage, voire de les améliorer (ex : passes mixtes poissons/canoës).

⁵⁵ Exemple théorique : cinq dispositifs de franchissement piscicoles successifs efficaces à 80% chacun ne permettent le passage que de 33% des individus sur l'ensemble du linéaire, sans compter les pertes de temps et d'énergie.

⁵⁶ Lorsqu'un bras est privilégié plus qu'un autre pour rétablir la continuité écologique, les conditions d'attractivité du bras restauré sont à optimiser en modulant si nécessaire les débits entre les bras ou en aménageant la confluence pour améliorer l'attrait et éviter les risques d'impasse dans le(s) bras non restauré(s). Si ces risques ne peuvent suffisamment être évités, des solutions devront être étudiées pour limiter les impacts des obstacles présents sur les bras concernés.

⁵⁷ Exemples : concession EDF de Romanche Gavet (Isère), usine d'Arignac (Ariège).

3.2.1 Remise en fond de vallée totale ou partielle

Au même titre qu'un dérasement d'ouvrage (voir paragraphe 3.2.2), la remise d'un cours d'eau en fond de vallée permet de restaurer certaines de ses fonctionnalités hydromorphologiques (reconnexion à des zones humides, présence d'annexes hydrauliques, nappe d'accompagnement...).

Si les enjeux d'usages et culturels le permettent, la **remise en eau totale d'un bras en fond de vallée** peut être envisagée. Ce scénario implique de mettre à sec le bief initial, par un remblaiement total ou partiel. La remise en fond de vallée peut se faire soit par la réutilisation du lit originel ou d'un bras existant (par exemple l'ex-bras court-circuité, sur lequel l'ouvrage de contrôle sera supprimé), soit par la création d'un nouveau lit.

Si une alimentation du bief doit être conservée (aspects patrimoniaux, paysagers...), **la remise en fond de vallée peut être partielle**. Ce scénario consiste à détourner un maximum de débit vers un nouveau bras créé en fond de vallée (ou vers un bras existant), tout en conservant une part de débit pour alimenter le bief initial.

Le débit dans le bras ainsi créé ou restauré devra être majoritaire, a minima lors des périodes de migration des espèces concernées, afin que ce bras soit suffisamment attractif voire qu'il retrouve certaines fonctionnalités.

Avantages :

- le gain écologique est important : restauration des fonctionnalités hydromorphologiques du cours d'eau, création de zones humides ;
- un ensemble d'enjeux (récréatifs, pêche, tourisme...) peuvent bénéficier de la restauration d'un cadre paysager plus naturel ;
- le risque d'inondation peut être réduit en facilitant l'expansion des crues en fond de vallée ;
- il peut être possible de gagner des emprises foncières dans l'ancien bief (solution souvent mise en œuvre sur les sites industriels ICPE) ;
- dans le cas d'une remise partielle en fond de vallée, la conciliation avec les enjeux patrimoniaux peut être bonne car cette solution permet un maintien en eau du bief, voire éventuellement le maintien d'organes mobiles en position ouverte.

Limites :

- le coût est potentiellement élevé (opérations de terrassement généralement importantes, éventuelles voiries à franchir, mise en place d'éventuelles mesures connexes) ;
- la création d'un nouveau lit est subordonnée à l'absence d'enjeux archéologiques importants et à une maîtrise foncière ;
- la mise à sec du bief est difficilement envisageable en cas d'enjeu patrimonial sur ce dernier (enjeu culturel ou de patrimoine naturel, comme par exemple la présence d'espèces protégées) ;
- dans le cas d'une remise partielle en fond de vallée, il peut être nécessaire de prévoir des mesures connexes dans le bief (mise en place de banquettes par exemple) pour compenser la diminution de débit et augmenter la hauteur de la lame d'eau résiduelle. Il est généralement également nécessaire de mettre en place des seuils de répartition (points durs mais franchissables) pour garantir la répartition de débit entre les différents bras.

3.2.2 Dérasement de l'ouvrage

Le dérasement (ou démantèlement ou effacement) d'un seuil ou d'un barrage vise à supprimer la totalité de l'ouvrage, en conservant le cas échéant un point dur au fond du lit sans que celui-ci ne génère une chute.



Sur le plan écologique, le dérasement permet d'une part de supprimer totalement les impacts associés aux ouvrages transversaux et d'autre part de rétablir de manière plus ou moins importantes les processus hydro-morphologiques, ceux-ci étant notamment liés aux altérations plus ou moins anciennes à l'échelle du bassin versant (extractions, recalibrages, retenues...). Tout comme la remise en fond de vallée, cette solution est donc de nature à favoriser la régénération et la diversification d'habitats aquatiques courants, supports de la biodiversité des systèmes d'eau courante.



*Avant/après le dérasement du seuil Pasteur sur la commune d'Hirson
(©EPTB entente Oise-Aisne et Agence de l'Eau Seine Normandie)*

De ce fait, compte tenu des gains écologiques potentiellement importants associés au dérasement, cette solution est proposée à l'étude à chaque fois que le contexte le permet, et plus particulièrement :

- sur les cours d'eau à grands migrateurs amphihalins, lorsque les risques liés au cumul de l'impact des ouvrages sur leur migration de montaison ou de dévalaison (accès aux habitats de reproduction ou de grossissement) sont significatifs (en termes de nombre d'individus et de délais de franchissement) ;
- sur les cours d'eau dont l'atteinte du bon état écologique dépend directement de la réduction des pressions liées aux modifications de l'hydromorphologie induites par la succession d'obstacles (mise en bief, étagement) ;
- dès lors que l'usage associé à l'ouvrage n'est plus avéré, qu'il est abandonné par son propriétaire ou gestionnaire et sous réserve qu'il n'ait pas un usage culturel ou qu'il ne présente pas d'intérêt patrimonial ;
- dès lors que les impacts résiduels de l'ouvrage après la mise en place de mesures d'équipement ne sont pas acceptables compte tenu de l'usage associé et des enjeux écologiques ou de sécurité publique ;
- dès lors que les coûts liés à la mise en place, à la surveillance et à l'entretien d'un équipement apparaissent bien supérieurs aux revenus associés à l'ouvrage.

Bien évidemment, cette solution ne peut être mise en œuvre que si elle ne génère pas d'impacts importants sur le fonctionnement du cours d'eau (liens avec la nappe, processus hydromorphologiques... cf. paragraphe "limites") et/ou sur les usages et les enjeux associés,

notamment patrimoniaux, qui ne pourraient pas être évités ou réduits à des coûts proportionnés. Le dérasement pourra ainsi faire l'objet d'une étude archéologique et patrimoniale, qui devra être anticipée en termes de calendrier et de budget.

Dans un certain nombre de cas, une analyse comparative coûts-bénéfices du maintien ou de l'enlèvement de l'ouvrage peut aider à décider collectivement de la solution la plus appropriée à mettre en œuvre⁵⁸.

Dans tous les cas, si la solution du dérasement (ou de l'arasement, voir paragraphe 3.2.3) a été retenue suite au diagnostic initial, les scénarii doivent faire l'objet d'une étude détaillée⁵⁹, précisant :

- l'évolution prévisible des conditions hydromorphologiques sur les linéaires amont et aval ;
- l'évolution prévisible des niveaux de crue ;
- l'évolution prévisible des conditions d'habitat à l'amont (faciès, frayères, abris...) ;
- l'évolution prévisible des conditions de libre circulation (franchissabilité de l'obstacle, absence de nécessité d'entretien, risque d'apparition d'obstacles naturels...) ;
- l'évolution des habitats annexes (zones humides, ripisylve...) et l'effet sur les espèces associées ;
- les objectifs écologiques visés et les opportunités/nécessités de mesures d'accompagnement ;
- les conséquences identifiées sur les usages, en lien avec la ligne d'eau, la nappe d'accompagnement, le devenir des sédiments, les processus d'ajustements morphologiques, les enjeux d'inondation, l'évolution du paysage, les enjeux patrimoniaux (diagnostic archéologique, conservation par l'étude), les activités nautiques, les contraintes foncières et juridiques... ;
- une estimation des coûts.

Avantages :

- cette solution permet de restaurer totalement les conditions de continuité longitudinale, sans entretien (cf. ci-dessus), sur le tronçon de cours d'eau concerné, et peut le cas échéant contribuer au plan de gestion sédimentaire ;
- elle permet de réduire ou de supprimer les impacts associés à la présence des ouvrages transversaux (ralentissement des écoulements, rétention de certains sédiments, envasement ou ensablement, disparition des habitats d'eau courante, étalement de la lame d'eau en étiage avec ses conséquences sur le réchauffement des eaux, l'évaporation, la qualité chimique et biologique...) ;
- cette solution contribue à réduire l'effet du cumul des ouvrages à franchir sur les axes à migrateurs amphihalins (moins de retard, moins de fatigue, moins de blessures, moins de prédation) ;
- le dérasement est souvent moins coûteux que la mise en place de dispositifs de franchissement ;
- une fois l'ouvrage démantelé, il ne nécessite plus de gestion, de surveillance ou d'entretien, ce qui représente un investissement à moyen-terme ;
- d'autres usages ou activités, notamment la navigation sportive et de loisir, la baignade ou la pêche (accès à des berges et plages dénoyées), peuvent aussi bénéficier de cette solution. La sécurité de la navigation peut être améliorée par la suppression d'ouvrages dangereux et si besoin en prévoyant des aménagements de sécurisation dans la partie amont qui se trouvait dans le remous de l'ouvrage ;
- le dérasement n'est pas forcément incompatible avec la présence d'un ouvrage patrimonial (mais voir aussi le paragraphe "limites" ci-dessous), notamment si l'on maintient le cours d'eau à proximité immédiate de l'ouvrage. Le principal impact sera dans ce cas l'abaissement de la ligne

⁵⁸ Cette analyse peut utilement être accompagnée de supports pédagogiques, type photomontages, qui peuvent aider à visualiser le paysage généré par différentes solutions et accompagner le changement.

⁵⁹ Voir : Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2018). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 2 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les projets de dérasement ou arasement d'ouvrages transversaux. Guide technique, 40 p. Disponible à : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/CCTP-effacement-final.pdf>

d'eau, ce qui n'est pas forcément contraire aux enjeux patrimoniaux car il reste alors une lisibilité historique du site⁶⁰ ;

- l'abaissement de la ligne d'eau à l'amont peut limiter une éventuelle problématique d'inondation locale (mais voir aussi le paragraphe "limites" ci-dessous).

Limites :

- Un projet de dérasement de seuil doit être encadré, en fonction de sa situation et des enjeux concernés, par une étude précise permettant de passer en revue les conséquences potentielles de cette opération (stabilité d'ouvrages/bâtiments attenants ou situés dans la zone de remous, érosion régressive du lit mineur, effets potentiels sur la nappe alluviale et sur les milieux/usages associés, potentiel moindre étalement des pics de crue à l'aval...) et de vérifier si le projet est de ce fait techniquement réalisable^{61,62} ; sinon, cette étude permet d'ajuster le projet au contexte ;
- cette solution peut nécessiter des mesures d'accompagnement parfois coûteuses, destinées i) à réduire les impacts liés à l'effacement (reprise de l'érosion du lit et/ou des berges), ii) à maintenir certains usages associés (franchissement du cours d'eau par des véhicules ou des piétons, captages, pompes, débordement d'un champ d'expansion de crue⁶³, abreuvement du bétail...) ou iii) à gérer les sédiments piégés dans la retenue (risque de transfert massif de sédiments fins, potentiels polluants...) ;
- cette solution peut ne pas être compatible avec un ouvrage à forte valeur patrimoniale (monument historique, site classé, site archéologique). Dans le cas où l'ouvrage ou espace présente un intérêt patrimonial, la démolition totale ou partielle peut être proscrite ou soumise à prescription d'archéologie préventive (conservation par l'étude, fouille archéologique) comme mesure compensatoire à la perte de ressources patrimoniales⁶⁴ ; il conviendra également d'être attentif aux effets induits sur les terrains à l'amont et à l'aval (érosion ou ennoisement de sites patrimoniaux) ;
- dans certaines configurations, le dérasement peut supprimer un bief d'eau propice à certaines activités sportives ou de loisirs (pêche, canoë-kayak, baignade...), qui doivent alors se reporter sur d'autres sites ou potentiellement modifier leurs pratiques (ex : autre type de pêche).

Au-delà de ces limites techniques :

- il est souvent très utile, dans le cadre d'une démarche globale, d'associer au dérasement des opérations de restauration morphologique, dans l'emprise de la retenue et au-delà, afin d'optimiser le fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau et d'accompagner l'évolution des zones humides et des milieux annexes associés ;

⁶⁰ Dans certaines configurations, la partie aérienne des vannages peut aussi être conservée par la mise en place d'un IPN maintenu sur les rives.

⁶¹ Malavoi J-R. & Salgues D. (2011). Arasement et dérasement de seuils – Aide à la définition de cahiers des charges pour les études de faisabilité, compartiments hydromorphologie et hydroécologie. Rapport Onema-Cemagref, V0, février 2011, 83 p.

⁶² Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2018). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 2 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les projets de dérasement ou arasement d'ouvrages transversaux. Guide technique, 40 p. Disponible à : <https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/CCTP-effacement-final.pdf>

⁶³ Dans le cas où l'effacement entraînerait un dénoisement des zones de débordement d'un champ d'expansion de crue, des mesures d'accompagnement comme la suppression d'anciens remblais de curage en berge peuvent être nécessaires. En cas de moindre expansion des crues, il faut s'assurer de l'absence de conséquences sur l'aval d'une augmentation potentielle des débits.

⁶⁴ Le dérasement n'est cependant pas forcément incompatible avec l'aspect patrimonial s'il y a maintien du cours d'eau à proximité immédiate de l'ouvrage (persistance d'une lisibilité historique du site).

- il peut y avoir un attachement affectif des populations locales ou des propriétaires aux ouvrages existants et une opposition au changement de paysage⁶⁵ ;
- cette option représente souvent une remise en cause d'une situation existante de longue date et il faut alors imaginer d'autres usages de la rivière ou d'autres intérêts. Certains bénéfices écologiques ne sont pas immédiatement visibles, mais la suppression d'un risque de rupture d'ouvrage, le retour d'une eau vive pouvant être longée par des voies de communication douces, etc. sont autant de nouveaux atouts à mettre en avant ;
- Lorsqu'une telle intervention conduit à remettre en question, directement ou indirectement, l'alimentation en eau d'un bien ou espace d'intérêt patrimonial comportant des cours d'eau, bassins, fontaines, miroirs d'eau, équipements hydrauliques divers, etc., une solution alternative d'alimentation en eau du bien ou espace doit être recherchée ;
- dans tous les cas, la section de cours d'eau ainsi réhabilitée doit permettre une pratique de la navigation correspondant aux caractéristiques du cours d'eau en amont et en aval (maintien d'un lit mineur avec une hauteur d'eau suffisante en étiage, profil en long adapté...). Il conviendra, le cas échéant, de prévoir des travaux dans le secteur amont qui se situait dans le remous, pour lui donner des caractéristiques correspondant au cours d'eau existant. Ces travaux peuvent cependant être évités dans les cours d'eau ayant une énergie suffisante ; il est alors préférable de laisser les crues modeler le chenal dans l'ancien remous.

3.2.3 Modification partielle de l'ouvrage (arasement, ouverture d'une brèche...)

Cette famille de solutions consiste à réduire significativement la hauteur de l'ouvrage ou à créer une ouverture de manière à ce qu'il ne barre plus en totalité le cours d'eau. Ces deux actions peuvent être combinées, par exemple pour créer une brèche (centrale ou en berge) dans l'ouvrage. Elles peuvent également être associées à l'aménagement d'un dispositif de franchissement si la chute résiduelle est importante.

Comme pour le dérasement, l'objectif de ce type d'opération est de réduire les impacts associés à l'obstacle, sans pouvoir toutefois les supprimer totalement compte tenu de l'obstacle résiduel. L'intérêt principal est de pouvoir rendre franchissable la chute résiduelle par la mise en place de dispositifs de franchissement rustiques, ne nécessitant pas de lourdes charges de surveillance et d'entretien.

⁶⁵ Des supports pédagogiques de type "photomontages" peuvent aider à visualiser le paysage généré par différentes solutions et aider à accompagner le changement.



Arasement partiel du seuil d'un moulin (© M. Bramard, OFB)

Cette solution est régulièrement préconisée pour des ouvrages de faible ou moyenne hauteur situés en zones bâties (ex : gués, seuils de fond de lit, certains seuils de dérivation non exploités) afin de réduire les risques liés à l'abaissement du niveau d'eau (érosion et stabilité des terrains, tenue des bâtiments, etc.).

Avantages :

- cette solution peut permettre de concilier le maintien partiel de l'ouvrage et de son usage associé tout en restaurant la continuité longitudinale et l'hydromorphologie du cours d'eau à un niveau proche de celui qui serait obtenu par un effacement complet (restauration d'une section de rivière plus "courante", des habitats associés, contribution potentielle au plan de gestion sédimentaire...). Par exemple, cela peut permettre le maintien partiel de la mise en eau d'une dérivation ancienne, parfois suffisant pour répondre aux enjeux affectifs, patrimoniaux ou paysagers ;
- d'autres usages, notamment la navigation sportive et de loisir, peuvent bénéficier de cette solution ; l'analyse de la sécurisation de la navigation sur le nouvel ouvrage doit ainsi être prise en compte à l'amont du projet. ;
- cette solution est souvent beaucoup moins coûteuse que la mise en place d'un dispositif de franchissement (mais ne permet pas toujours de s'en affranchir, voir plus loin) ;
- l'abaissement de la ligne d'eau à l'amont peut limiter une éventuelle problématique "inondation" locale ;
- l'ouvrage ne nécessite plus de gestion, ou celle-ci est limitée.

Limites :

- comme évoqué précédemment pour le dérasement, un projet d'arasement doit être encadré, en fonction de sa situation et des enjeux concernés, par une étude précise permettant de passer en revue les conséquences potentielles de cette opération (stabilité d'ouvrages/bâtiments attenants ou situés dans la zone de remous, érosion régressive du lit mineur, potentiel moindre étalement des pics de crue à l'aval...) ;
- cette solution nécessite que le seuil "modifié" ne pose pas de problème de sécurité⁶⁶ ;
- le propriétaire de l'ouvrage (ou les acteurs locaux concernés) doit(ven)t accepter une remise en cause partielle d'un usage ou d'un "bénéfice" tiré jusqu'alors de l'ouvrage ;
- il n'est pas toujours possible de modifier l'ouvrage au point qu'il n'ait plus besoin d'être équipé d'un dispositif de franchissement tout en maintenant suffisamment le rôle qu'il jouait⁶⁷ ;

⁶⁶ Par exemple, les brèches peuvent être délicates à réaliser car elles peuvent fragiliser la stabilité de l'ouvrage.

⁶⁷ Par exemple, le fait de concentrer les écoulements dans une brèche peut créer des vitesses d'écoulement importantes, non compatibles avec la capacité de nage de certaines espèces.

- dans certaines configurations, cette solution peut supprimer un bief d'eau spécifique pour des pratiques sportives ou de loisirs (pêche, canoë-kayak, baignade...) ;
- tout comme le dérasement, cette solution peut aussi nécessiter des mesures d'accompagnement plus ou moins coûteuses (voir précédemment), voire de compensation pour les autres usages remis en cause ;
- dans le cas d'un bien ou espace présentant un intérêt patrimonial, des ressources et des savoir-faire spécifiques et plus ou moins coûteux peuvent être exigés. Des mesures d'archéologie préventive peuvent également constituer un prérequis à toute intervention.



Cette solution est une alternative au dérasement (effacement complet avec maintien ou non d'un point dur) qui peut être intéressante compte tenu de la possibilité de maintenir partiellement le rôle que l'ouvrage joue et auquel les acteurs locaux sont éventuellement attachés, tout en obtenant un gain écologique plus substantiel qu'en optant pour un maintien de l'ouvrage équipé de dispositif(s) de franchissement.

L'aspect rustique et simple de ce type de solution (notamment l'ouverture de brèches) ne doit toutefois pas conduire à omettre un minimum d'études techniques lors de leur réalisation, ne serait-ce que pour pouvoir évaluer les conditions d'écoulements avant et après l'aménagement et leurs compatibilités avec les capacités de franchissement des espèces cibles sur une plage de débits cohérente avec les périodes de migrations.

Cette solution ne doit pas non plus créer un franchissement dangereux pour la navigation sportive et de loisir, notamment en cas d'ouverture d'une brèche dans l'ouvrage.

3.2.4 Gestion de l'ouvrage

Différentes mesures de gestion⁶⁸ peuvent être citées (voir plus de détails en Annexe IV). Elles permettent de réduire les impacts de différents types d'ouvrages sur les migrations de montaison ou de dévalaison et le transit des sédiments :

- gestion des organes mobiles équipant les seuils (vannes, clapets...) : ouverture permanente ou temporaire ;
- adaptation temporaire du fonctionnement des écluses de navigation au passage des poissons sur les grands cours d'eau navigués (ex : Rhône⁶⁹) ;
- arrêts de turbinages ou bridage des turbines pour les grosses centrales hydroélectriques (exemples sur Seine aval), pour lesquelles la mise en place d'un dispositif de franchissement à la dévalaison associé à un système efficace de dégrillage est difficilement envisageable ;
- gestion mécanique des sédiments piégés dans les grandes retenues.

En fonction de la situation, ces modalités de gestion peuvent être envisagées seules ou en complément de la mise en place d'un dispositif de franchissement piscicole dédié.

⁶⁸ Il est alors nécessaire que les prescriptions de gestion des ouvrages soient inscrites et détaillées dans un acte administratif associé.

⁶⁹ Cette solution est ici mise en œuvre en complément de l'équipement de certaines usines ou barrages par des dispositifs de franchissement.



Ouverture d'un vannage (© J. Bouchard, OFB). A noter que, sur cet exemple, l'ouvrage semble toujours impossible à franchir pour des poissons en montaison.

Avantages :

- dans la plupart des cas, ces solutions consistent à mettre en œuvre des modalités de gestion d'organes mobiles déjà en place, et ne nécessitent donc pas d'investissement matériel supplémentaire ;
- elles peuvent contribuer à préserver un patrimoine, notamment industriel, scientifique et technique ainsi qu'une production d'hydroélectricité le cas échéant.

Limites :

- en ce qui concerne la continuité piscicole, ce type de solution nécessite une bonne connaissance de l'écologie des espèces cibles, une forte réactivité lorsque les poissons arrivent et une forte coordination des gestionnaires (en cas d'ouvrages successifs) afin d'offrir un passage au bon moment ;
- les conditions de franchissement piscicole à la montaison en sous-verse dans le cas de la gestion des organes mobiles s'avèrent rapidement incompatibles avec les capacités de nage des espèces cibles compte tenu des conditions hydrauliques limitantes des écoulements (fortes vitesses et faibles tirants d'eau notamment, voir illustration ci-dessus) ;
- dans la majorité des cas, sauf présence d'écluse, cette solution ne résout en rien la rupture de continuité de la navigation.



Le faible nombre de retours d'expérience à disposition pour ce type de solutions leur confère encore un caractère expérimental et incertain ; des suivis biologiques associés sont en général nécessaires pour confirmer leur efficacité et, le cas échéant, optimiser les mesures de gestion.

L'Annexe IV expose plus en détail les avantages et limites propres aux différents types de modalités de gestion des ouvrages dans un contexte de restauration de la continuité écologique :

- l'ouverture d'organes mobiles (dont cas des ouvrages à marée) ;
- l'utilisation des écluses de navigation ;
- le bridage des turbines et les arrêts ciblés de turbinage ;
- la collecte et le transfert mécanique des sédiments.

3.2.5 Équipement de l'ouvrage pour le franchissement piscicole

Les ouvrages d'une certaine hauteur qui doivent être maintenus dans un contexte écologique présentant des enjeux de continuité peuvent être équipés de dispositifs de franchissement. Afin d'optimiser les critères de conception de ceux-ci (en termes de ratio "efficacité biologique vs contraintes engendrées"), des recherches appliquées en hydraulique et sur le comportement des poissons ont été développées depuis de nombreuses années.

Ces équipements consistent, en fonction des besoins, à faciliter le passage des poissons en direction de l'amont (ex : passes à poissons, rivières de contournement...) et/ou en direction de l'aval (ex : plan de grille fine associé à un exutoire en amont de turbines hydroélectriques).

Il n'existe pas un type de dispositif meilleur que l'autre *a priori*, mais des solutions à adapter au cas par cas en fonction des espèces cibles, des débits disponibles, de la hauteur de chute, des variations de niveaux d'eau à l'amont et à l'aval, de l'emprise foncière, de l'accès nécessaire pour les travaux et l'entretien futur, des capacités de financement disponibles...



Ouvrage équipé d'une passe à bassins successifs (© S. Richard, OFB)



Ouvrages intégrés à un monument historique (passe à bassins successifs en rive droite et passe à macro-rugosités en rive gauche) (© G. Guillot, Seize9)

Dans le cas d'un **dispositif de franchissement existant** avant les classements de cours d'eau au titre du L.214-17 CENV, et sur la base d'un diagnostic de fonctionnalité conduit préalablement, il convient d'étudier les **possibilités techniques d'amélioration** de l'existant s'il s'avère qu'il n'est pas pleinement adapté aux espèces cibles nouvellement prises en compte (adaptation aux exigences des espèces par ajustements de la géométrie et modification associée des conditions d'écoulements, ajouts de dispositifs spécifiques – rampe à anguilles par exemple –, amélioration de l'attractivité aux entrées, adaptation de la plage de fonctionnement...). L'opportunité de l'amélioration proposée doit être discutée au regard des enjeux de continuité identifiés et confrontée à un scénario de reprise complète du dispositif, sur la base du rapport coûts/objectifs écologiques visés.

Dans le cas des centrales hydroélectriques en dérivation, dans des situations de forts enjeux écologiques notamment liés à la présence de grands migrateurs amphihalins et en fonction des risques d'impasse migratoire pour les poissons (ex : attractivité insuffisante du tronçon court-circuité lors des périodes de montaison), il peut être nécessaire, afin de garantir une efficacité minimale à la hauteur des enjeux, d'équiper à la fois l'usine et l'ouvrage de dérivation amont⁷⁰.

⁷⁰ En l'absence de dispositif de montaison au droit d'une usine, il peut être envisagé d'éviter l'entrée des poissons dans le canal de fuite, mais cela reste difficile. Par exemple, lorsque des barrières physiques (seuil ou grille) sont mises en place, elles augmentent le niveau d'eau à l'aval de la centrale et diminuent la hauteur de chute exploitable. Des barrières électriques sont parfois mises en œuvre, mais des observations rapportent que



Un dispositif de franchissement piscicole est une mesure de réduction d'impact : aussi efficace soit-il, il ne permet de faire passer qu'une partie des poissons, une partie du temps. Il n'apporte aucune amélioration en matière de diversification d'habitats dans le tronçon noyé par la retenue créée par l'ouvrage. Il ne résout pas tous les problèmes de retards et de blessures éventuelles liés au cumul d'ouvrages à franchir par les migrateurs amphihalins.

De manière générale, l'implantation d'un dispositif de franchissement présente les avantages et limites suivants :

Avantages :

- ces dispositifs permettent de concilier le maintien de l'ouvrage et des usages associés avec un certain niveau de restauration de la circulation piscicole ;
- la diversité des dispositifs de franchissement à la montaison permet de prendre en compte la plupart des espèces de poissons et de s'adapter à des situations et des configurations très différentes ;
- dans certains cas, ces dispositifs sont mutualisables pour assurer également la continuité de la navigation sportive et de loisirs (ex : rivières de contournement, passes à échancrures triangulaires...) ⁷¹.

Limites :

- le coût de ces dispositifs est souvent élevé ⁷² ; il convient toutefois de comparer ce coût à celui de solutions de franchissement non mutualisées pour un multi-usages (passe à poissons + passe à bateaux) ;
- la contrainte foncière peut être forte (cas des "rivières de contournement" et de certaines passes à poissons "techniques"), ce qui nécessite une possibilité d'implantation sur la propriété d'un tiers ;
- les contraintes techniques pour assurer un niveau d'efficacité suffisant peuvent être nombreuses (caractéristiques de l'ouvrage existant et/ou du site, besoin de débits d'attrait vers le dispositif, recherche de compromis vis à vis des différentes capacités de nage et de franchissement des espèces présentes, etc.) ;
- ces dispositifs nécessitent une surveillance et un entretien réguliers pour en maintenir le bon fonctionnement. Dans les cours d'eau à fort transport solide en particulier, la fréquence, le coût et les difficultés techniques (dangerosité) liés à l'entretien de ces dispositifs doivent être pris en compte ;
- dans certains cas, il faut prévoir des travaux de réajustements, qui peuvent s'avérer coûteux (après la mise en service de la passe en cas de mauvaise réalisation, ou au cours de la vie de l'ouvrage, suite par exemple à des modifications hydromorphologiques sur le secteur d'implantation) ;
- l'effet de ce type de solutions est partiel sur la restauration de la continuité écologique car le dispositif de franchissement n'assure que le passage d'une partie des poissons, avec un certain retard ;
- ces dispositifs ne procurent aucun gain en matière de restauration d'habitats dans la zone de remous de la retenue et agissent donc beaucoup moins sur l'amélioration du bon état écologique qu'un effacement total ou partiel ;

certaines individus réussissent à les franchir et se retrouvent alors bloqués entre la (les) turbine(s) et le dispositif électrique.

⁷¹ Certains dispositifs, comme les rampes à ralentisseurs à chevrons épais, ne sont pas des dispositifs de franchissement piscicole à proprement parler. Cependant, ils peuvent participer à la continuité écologique, en permettant par exemple la délivrance d'un débit d'attrait complémentaire à un dispositif de franchissement.

⁷² Pour avoir des notions de coût de différentes solutions d'équipement, se référer à :

Baran P., Courret D. & Voetglé B. (2015). Mise au point d'outils d'estimation du coût des passes à poissons. Rapport technique Onema-Ecogea, 82 p.

- si besoin, il demeure nécessaire de mettre en place, en parallèle, une solution pour le transport sédimentaire, qui dans certains cas peut également nécessiter des travaux substantiels d'aménagement de l'ouvrage ;
- la succession de dispositifs de franchissement limite faiblement les impacts liés au cumul d'obstacles, préjudiciables aux espèces migratrices (fatigue, retards...) ;
- certains aménagements peuvent ne pas bien s'intégrer dans le paysage ; dans le cas d'un bien ou espace présentant un intérêt patrimonial, des ressources et des savoir-faire spécifiques et plus ou moins coûteux peuvent être exigés. Des mesures d'archéologie préventive peuvent également constituer un prérequis à toute intervention.

De nombreux guides techniques traitant de la réalisation de dispositifs de franchissement ont été publiés⁷³.

L'Annexe V expose les avantages et limites propres aux différents types de dispositifs de franchissement à la montaison :

- rivières artificielles de contournement ;
- rampes rugueuses et seuils franchissables par conception ;
- rampes à macro-rugosités ;
- passes à bassins successifs ;
- pré-barrages ;
- passes à ralentisseurs ;
- ascenseurs à poissons ;
- passes spécifiques à anguilles ;
- capture/transport des individus ;
- cas du franchissement des ouvrages hydrauliques.

L'Annexe VI expose les avantages et limites propres aux différents types de solution pour le franchissement à la dévalaison :

- turbines ichtyocompatibles ;
- masques de surface ;
- prises d'eau ichtyocompatibles ;
- prises d'eau "par en-dessous" ;
- barrières comportementales ;
- capture/transport des individus.

3.2.6 Pertinence/comparaison de différentes solutions envisageables

Afin de faciliter le choix de la solution, il est proposé⁷⁴ que le porteur de projet présente, à l'issue de la phase avant-projet, une **synthèse des avantages et inconvénients de chaque solution possible**, afin

⁷³ Exemples :

- Larinier M., Porcher J-P., Travade F. & Gosset C. (1994). Passes à poissons : expertise, conception des ouvrages de franchissement. Guide technique, collection "mise au point", Conseil Supérieur de la Pêche, 336 p.
- Larinier M., Courret D. & Gomes P. (2006). Guide technique pour la conception des passes "naturelles". Rapport GHAAPPE RA.06.05-V1, 66p.
- Courret D. & Larinier M. (2008). Guide pour la conception de prises d'eau "ichtyocompatibles" pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04, 72 p.
- Voies Navigables de France (2008). Guide passes à poissons. Guide technique, 75 p.
- Sétra (2013). Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques. Cas de la faune piscicole. Note d'information, 25 p.

⁷⁴ Voir : Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2017). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 1 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les équipements et dispositifs dédiés au franchissement piscicole (montaison & dévalaison) et/ou au transit

d'en permettre la comparaison⁷⁵, sauf si une solution technique s'impose de manière évidente comme étant la plus opérationnelle.

Dans le cas de la **continuité biologique**, la pertinence de chaque solution pourra être évaluée au moyen d'une grille multicritères centrée sur :

- les objectifs écologiques visés au regard des enjeux identifiés ;
- la plage de fonctionnement ;
- la sélectivité vis-à-vis des espèces (et des stades de développement) ;
- le débit d'alimentation et l'attractivité aux entrées des dispositifs ;
- la cohérence avec la gestion et l'alimentation des autres dispositifs participant à la continuité écologique ;
- les coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- les contraintes éventuelles de réalisation (accès, géotechnique, patrimoine, maîtrise foncière...) ;
- les contraintes d'entretien (fréquence nécessaire et recommandée, accès, type d'intervention, ...) ;
- les contraintes sur les usages (pertes énergétiques, aspect patrimonial...).

Dans le cas de la **continuité sédimentaire**, la pertinence de chaque solution pourra être évaluée au moyen d'une analyse multicritères centrée sur :

- la gamme de débits de fonctionnement (entraînement des sédiments) des options retenues ;
- la cohérence avec la gestion et l'alimentation des autres dispositifs participant à la continuité écologique ;
- les coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- la faisabilité de l'insertion de vannages dans le génie civil existant (aspects techniques et patrimoniaux) et les conséquences sur l'exploitation de l'ouvrage ;
- les contraintes des opérations de dégrèvement sur l'usage, notamment en termes de pertes énergétiques ;
- les risques liés à la mobilisation des sédiments fins stockés dans la retenue (colmatage aval, pollutions...).

Dans le cas de la **continuité de la navigation**, la pertinence de chaque solution pourra être évaluée en s'appuyant sur un avis écrit de la FFCK utilisant une grille multicritères centrée sur :

- les tirants d'eau, notamment à l'étiage ;
- les tirants d'air, notamment lors des hautes-eaux ;
- la difficulté du franchissement ;
- l'intérêt sportif et de loisir du franchissement ;
- l'amélioration ou la dégradation d'un outil économique local.

Dans le cas de la **continuité patrimoniale** et de la préservation de biens et espaces présentant un intérêt patrimonial et paysager, la pertinence de chaque solution doit être évaluée par les conservations régionales des monuments historiques, les unités départementales de l'architecture et du patrimoine, et les services régionaux de l'archéologie. Cette évaluation s'appuie sur un dialogue soutenu avec le maître d'ouvrage.

Comme indiqué au paragraphe 2.4, les **éléments économiques associés à chaque solution** seront intégrés à l'outil présenté en Annexe III afin de calculer les paramètres qui permettront de comparer l'impact économique des différentes solutions sur l'exploitation.

sédimentaire. Guide technique, 34 p. Disponible à : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/ae-a-fb_2017_-_cctp_equipement-retablissement_continuite_ecologique.pdf

⁷⁵ En pratique, le nombre de solutions présentées ne doit pas dépasser 3 ou 4 au maximum, dans un souci de réalisme des choix à opérer.



Le **choix du prestataire** doit faire l'objet d'une évaluation précise du contenu de la prestation, le retour d'expérience démontrant qu'une sélection du "moins-disant", sans cette analyse, fait courir des risques d'échecs préjudiciables au maître d'ouvrage et surtout à la qualité et à l'efficacité finale de la solution retenue. Par ailleurs, une proposition moins chère au départ nécessite souvent des compléments sous formes d'avenants, ce qui retarde le dossier et alourdit la facture *in fine*.

Dans certains cas particuliers, les solutions techniques à disposition peuvent sembler insuffisantes pour atteindre les objectifs escomptés. La **mise en place de projets expérimentaux** peut alors permettre de tester de nouvelles approches (ex : opérations de débarrage sur l'Aulne, de désétagement dans les marais charentais [Annexe IV.1], utilisation des écluses de navigation [Annexe IV.3], arrêts ou bridages de turbines [Annexe IV.4], mise en place d'un masque de surface [Annexe VI.2] ...). Ces projets doivent toutefois être **encadrés réglementairement** et faire l'objet de clauses de revoyure, basés sur des **suivis biologiques pertinents**, permettant aux comités de suivi de statuer sur leur efficacité et sur leur éventuelle pérennisation.

ANNEXES

Annexe I - Tableau indicatif des niveaux d'ambition, pour la montaison et la dévalaison des poissons, attachés à la mise en conformité des ouvrages au regard de la continuité écologique⁷⁶

Dans certains cas, est indiquée une fourchette pour le niveau d'ambition, qui peut dépendre du contexte local ; la colonne suivante présente alors d'éventuels critères d'ajustement (pour information, listes non exhaustives).

Type de migrateurs	Espèce (nom commun)	Stades	Dévalaison		Montaison	
			Niveau d'ambition mise en conformité, échelle ouvrage	Paramètres d'ajustement de l'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux dévalaison considérés	Niveau d'ambition mise en conformité	Paramètres d'ajustement du niveau d'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux montaison considérés
Migrateurs amphihalins	Saumon atlantique	Smolts	3 à 3 +	- Abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage - Niveau d'impact de l'ouvrage et/ou impacts cumulés à l'échelle de l'axe conduisant à rechercher une efficacité maximale des dispositifs de réduction des impacts - Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	I	Quantité et fonctionnalité des habitats de croissance en amont et en aval
		Adultes	3 à 3 +	- Quantité estimée de géniteurs de la population considérée - Flux migratoire se présentant devant l'ouvrage (taux de survie des géniteurs après-reproduction) - Niveau d'impact de l'ouvrage à la dévalaison et impacts cumulés à l'échelle de l'axe - Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	3 à 3 +	- Répartition et abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage - Présence d'obstacles naturels infranchissables sur le tronçon (amont et aval) - Localisation et nombre d'ouvrages transversaux situés en amont - Possibilités de réduction des impacts de l'ouvrage à la dévalaison et impacts cumulés résiduels (i.e. après mise en conformité) à l'échelle de l'axe de migration - Complexité pour la réduction des impacts à la montaison au niveau de l'ouvrage
	Truite de mer	Juveniles	3 à 3 +	- Abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage - Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	I	Quantité et fonctionnalité des habitats de croissance en amont et en aval
		Adultes	3 à 3 +	- Quantité estimée de géniteurs de la population considérée - Flux migratoire se présentant devant l'ouvrage (taux de survie des géniteurs après-reproduction) - Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	3 à 3 +	- Répartition et abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage - Présence d'obstacles naturels infranchissables sur le tronçon (amont et aval) - Localisation et nombre d'ouvrages transversaux situés en amont - Complexité pour la réduction des impacts à la montaison au niveau de l'ouvrage

Niveau d'ambition	Traduction
0	Nul
I	Faible
2	Moyen
3 à 3 +	Fort

⁷⁶ D'après :

- France Hydro Électricité (2016). Guide pour la mise en conformité Liste 2. Guide technique, 58 p.
- Agences de l'eau & Agence française pour la biodiversité (2017). Rétablissement de la continuité écologique – Volet 1 : Éléments techniques pour la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) pour les équipements et dispositifs dédiés au franchissement piscicole (montaison & dévalaison) et/ou au transit sédimentaire. Guide technique, 34 p.

Annexe I (suite)

Type de migrateurs	Espèce (nom commun)	Stades	Dévalaison		Montaison	
			Niveau d'ambition mise en conformité, échelle ouvrage	Paramètres d'ajustement de l'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux dévalaison considérés	Niveau d'ambition mise en conformité	Paramètres d'ajustement du niveau d'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux montaison considérés
Migrateurs amphihalins	Anguille européenne	Civelles / Anguillettes	0	/	3 à 3 +	• Distance à la mer
		Anguille jaune	1	• Position de l'ouvrage dans l'axe prioritaire considéré	3 à 3 +	• Répartition et abondance des zones de grossissement en amont de l'ouvrage • Qualité chimique des habitats de grossissement amont (PCB...) • Présence d'obstacles naturels infranchissables sur le tronçon (amont et aval) • Localisation et nombre d'ouvrages transversaux situés en amont • Possibilités de réduction des impacts de l'ouvrage à la dévalaison et impacts cumulés résiduels (i.e. après mise en conformité) à l'échelle de l'axe de migration • Complexité pour la réduction des impacts à la montaison au niveau de l'ouvrage
		Anguille argentée	3 à 3 +	• Position de l'ouvrage dans l'axe prioritaire considéré • Niveau d'impact de l'ouvrage et/ou impacts cumulés à l'échelle de l'axe • Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	0	/
	Aloses	Juveniles	3 à 3 +	• Abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage • Niveau d'impact de l'ouvrage et/ou impacts cumulés à l'échelle de l'axe	0	/
		Adultes	2 à 3	• Quantité estimée de géniteurs de la population considérée • Flux migratoire se présentant devant l'ouvrage (taux de survie des géniteurs après-reproduction)	3 à 3 +	• Répartition et abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage • Présence d'obstacles naturels infranchissables sur le tronçon (amont et aval) • Localisation et nombre d'ouvrages transversaux situés en amont • Possibilités de réduction des impacts de l'ouvrage à la dévalaison et impacts cumulés résiduels (i.e. après mise en conformité) à l'échelle de l'axe de migration • Complexité pour la réduction des impacts à la montaison au niveau de l'ouvrage

Niveau d'ambition	Traduction
0	Nul
1	Faible
2	Moyen
3 à 3 +	Fort

Exemple 1 : Situation d'un barrage proche de la limite amont ZAP anguille, avec complexité élevée de réduction des impacts
Niveau d'ambition proche de 3

Exemple 2 : Situation d'un barrage en aval secteur ZAP, sans contrainte technique majeure OU centrale neuve
Niveau d'ambition proche de 3 à 3+

Annexe I (suite)

Type de migrateurs	Espèce (nom commun)	Stades	Dévalaison		Montaison	
			Niveau d'ambition mise en conformité, échelle ouvrage	Paramètres d'ajustement de l'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux dévalaison considérés	Niveau d'ambition mise en conformité	Paramètres d'ajustement du niveau d'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux montaison considérés
Migrateurs amphihalins	Lamproie marine et fluviatile	Juveniles	3 à 3 +	Abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage	0	/
		Adultes	2	- Quantité estimée de géniteurs de la population considérée - Flux migratoire se présentant devant l'ouvrage (taux de survie des géniteurs après-reproduction) - Niveau d'impact de l'ouvrage et/ou impacts cumulés à l'échelle de l'axe	3 à 3 +	- Répartition et abondance des zones de frayères en amont de l'ouvrage - Présence d'obstacles naturels infranchissables sur le tronçon (amont et aval) - Localisation et nombre d'ouvrages transversaux situés en amont - Possibilités de réduction des impacts de l'ouvrage à la dévalaison et impacts cumulés résiduels (i.e. après mise en conformité) à l'échelle de l'axe de migration - Complexité pour la réduction des impacts à la montaison au niveau de l'ouvrage

Niveau d'ambition	Traduction
0	Nul
1	Faible
2	Moyen
3 à 3 +	Fort

Annexe I (suite)

			Dévalaison		Montaison	
Type de migrants	Espèce (nom commun)	Stades	Niveau d'ambition mise en conformité, échelle ouvrage	Paramètres d'ajustement de l'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux dévalaison considérés	Niveau d'ambition mise en conformité	Paramètres d'ajustement du niveau d'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux montaison considérés
Holobiotiques	Salmonidés	Alevins	1 à 3	- Répartition et abondance des habitats de reproduction et de croissance par rapport à l'ouvrage - Niveau d'impact de l'ouvrage à la dévalaison	0 à 1	/
		Juveniles	2 à 3	Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	1 à 2	- Abondance des zones de croissance en amont et en aval de l'ouvrage - Conditions naturelles de circulation sur le tronçon
		Adultes	2 à 3	Niveau d'impact de l'ouvrage à la dévalaison	2 à 3	- Abondance des zones frayères et de croissance en amont et en aval de l'ouvrage - Fonctionnalité des zones de frayères - Conditions naturelles de circulation sur le tronçon
	Ombre commun	Alevins Juveniles	1	/	0 à 1	/
		Adultes	1 à 2	- Répartition et abondance des habitats de reproduction et de croissance par rapport à l'ouvrage - Niveau d'impact de l'ouvrage à la dévalaison	2 à 3	- Abondance des zones de frayères et de croissance en amont et en aval de l'ouvrage - Fonctionnalité des zones de frayères - Conditions naturelles de circulation sur le tronçon

Niveau d'ambition	Traduction
0	Nul
1	Faible
2	Moyen
3 à 3 +	Fort

Exemple 1 : Prise d'eau à l'aval d'une zone remarquable de frayères à truites
Niveau d'ambition TRF : 3 (protection alevins automne, juvéniles)

Exemple 2 : Prise d'eau à l'aval de la zone salmonicole avec impact modéré, sans difficulté technique majeure
Niveau d'ambition TRF : 2 (protection adultes)

Annexe I (suite)

			Dévalal		Montalson				
Type de migrateurs	Espèce (nom commun)		Stades	Niveau d'ambition mise en conformité, échelle ouvrage	Paramètres d'ajustement de l'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux dévalaison considérés		Niveau d'ambition mise en conformité	Paramètres d'ajustement du niveau d'ambition à retenir pour le dispositif de réduction d'impacts retenu compte tenu des enjeux montaison considérés	
Holobiotiques	Grandes espèces	Barbeau fluviatile, Hotu	Adultes	I	/	I à 2	2	- Diversité des conditions d'habitats (substrat, faciès d'écoulement) de part et d'autre de l'ouvrage - Linéaire connecté en aval de l'ouvrage	
	Petites espèces d'eaux-vives	Apron	Adultes	I	/	2 à 3	3	Répartition et abondance des zones de frayères et de croissance de part et d'autre de l'ouvrage	
		Barbeau méridional, Toxostome, Vandoise, Blageon, Chabot, Lampoire planer	Adultes	I	/	I à 2	2	- Diversité des conditions d'habitats (substrat, faciès d'écoulement) de part et d'autre de l'ouvrage - Linéaire connecté en aval de l'ouvrage - Conditions naturelles de circulation sur le tronçon - Échanges génétiques, recolonisation	
		Vairon, Goujon, Spirilin, Ablette	Adultes	I	/	I	Linéaire connecté en aval de l'ouvrage		
	Espèces d'eaux calmes	Brochet	Juveniles	I	/	0 à 1	1	/	
			Adultes	I	/	2 3	3	- Répartition et fonctionnalité des zones de frayères en aval et en amont de l'ouvrage - Complexité pour la réduction des impacts à la dévalaison au niveau de l'ouvrage	
		Lote de rivière	Adultes	I	/	I à 2	2	Répartition des zones de frayères (annexes hydrauliques, affluents...) en amont de l'ouvrage	

Niveau d'ambition	Traduction
0	Nul
I	Faible
2	Moyen
3 à 3 +	Fort

Annexe II - Procédures réglementaires applicables au regard des enjeux patrimoniaux sur un site faisant l'objet d'une restauration de continuité écologique

Annexe II.1

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau porte sur un immeuble classé au titre des monuments historiques

En application de l'article L. 621-9 du Code du patrimoine, l'immeuble classé au titre des monuments historiques ne peut être détruit ou déplacé ou faire l'objet de travaux de restauration ou de modification sans autorisation délivrée par le préfet de région.

La procédure de délivrance de l'autorisation de travaux est prévue par les articles R.621-12 à 17. Le préfet de région se prononce dans un délai de six mois. Le délai est porté à douze mois si le ministre chargé de la culture a décidé d'évoquer le dossier.

Les travaux autorisés s'exécutent sous le contrôle scientifique et technique des services de l'État chargés des monuments historiques qui s'exerce dès le début des études documentaires et techniques préparatoires puis tout au long des travaux jusqu'à leur achèvement (R. 621-20).

La maîtrise d'œuvre de ces travaux doit être confiée à des catégories de professionnels spécialisés déterminées aux articles R. 621-25 et R. 621-26 pour les travaux de réparation et aux articles R. 621-27 et R. 621-28 pour les travaux de restauration.

Annexe II.2

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau porte sur un immeuble inscrit au titre des monuments historiques

En application de l'article L. 621-27 du code du patrimoine, l'immeuble inscrit au titre des monuments historiques ne peut faire l'objet d'aucune modification sans que le préfet de région en ait été avisé quatre mois auparavant (R. 621-60 à 62).

Lorsque les travaux envisagés sont soumis à un permis (de construire, de démolir ou d'aménager) ou à une déclaration préalable au titre du code de l'urbanisme, la délivrance du permis ou la non-opposition à la déclaration préalable ne pourra intervenir sans l'accord du préfet de région.

Pour les travaux non soumis à autorisation au titre du code de l'urbanisme, le préfet de région peut s'y opposer en engageant une procédure de classement au titre des monuments historiques.

Les travaux autorisés s'exécutent sous le contrôle scientifique et technique des services de l'État chargés des monuments historiques qui s'exerce tout au long des travaux jusqu'à leur achèvement (R. 621-65).

La maîtrise d'œuvre de ces travaux doit être confiée à un architecte dès lors qu'ils sont soumis à permis de construire au titre du code de l'urbanisme et qu'ils n'entrent pas dans les exceptions listées à l'article L.431-3 du code de l'urbanisme. Aucune exigence particulière de qualification de l'architecte n'est requise.

Annexe II.3

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau est situé dans un site patrimonial remarquable

Dans le périmètre d'un site patrimonial remarquable, sont soumis à une autorisation préalable les travaux susceptibles de modifier :

- l'état des parties extérieures des immeubles bâtis ;
- l'état des immeubles non bâtis (cour ou jardin par exemple) ;
- les éléments d'architecture et de décoration.

Dès la mise à l'étude d'un plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV), les travaux susceptibles de modifier l'état des parties intérieures du bâti sont également soumis à une autorisation préalable.

Ces autorisations préalables sont soumises à l'accord de l'architecte des bâtiments de France (ABF). Dans le cadre de l'instruction des demandes d'autorisation de travaux, l'ABF s'assure du respect du patrimoine, de l'architecture, du paysage naturel ou urbain, de la qualité des constructions et de leur insertion harmonieuse dans le milieu environnant ainsi que du respect des règles du plan de gestion applicable au site patrimonial remarquable.

Les travaux dans les sites patrimoniaux remarquables et les travaux en abords de monuments historiques relèvent du même régime d'autorisation de travaux.

Les procédures et délais d'instruction des autorisations de travaux ont été harmonisés par la loi du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine.

Toute demande d'autorisation de travaux doit être déposée à la mairie de la commune où sont projetés les travaux. Les délais maximums d'instruction des dossiers de demande d'autorisation de travaux sont de :

- deux mois pour les déclarations préalables ;
- trois mois pour les permis de démolir et les permis de construire pour une maison individuelle ;
- quatre mois pour les autres permis de construire et les permis d'aménager ;
- deux mois pour les autorisations préalables au titre du code du patrimoine (autorisation non soumises à autorisation au titre du code de l'urbanisme ou au titre du code de l'environnement).

Le délai à disposition de l'ABF pour donner son accord est d'un mois pour les déclarations préalables et les autorisations préalables et deux mois pour tous les permis.

L'accord de l'ABF peut être assorti de prescriptions afin que le projet ne porte pas atteinte à la conservation ou à la mise en valeur du site patrimonial remarquable.

À défaut d'accord de l'ABF, la demande d'autorisation de travaux ne peut être accordée. Un recours contre le refus de l'ABF peut être exercé par les demandeurs ou l'autorité compétente chargée de délivrer l'autorisation de travaux (commune ou intercommunalité généralement).

Si l'architecte des bâtiments de France participe à l'instruction des demandes d'autorisation de travaux, il tient également un rôle prépondérant en amont de la réalisation des projets. Il peut être à ce titre consulté sur un avant-projet et formuler des observations qui permettront aux demandeurs d'adapter leur projet en fonction des enjeux patrimoniaux.

Les servitudes d'utilité publique instituées en application de l'article L. 341-1 du code de l'environnement (site inscrit) ne sont pas applicables aux immeubles situés dans le périmètre d'un site patrimonial remarquable (article L. 623-3 du code du patrimoine).

Annexe II.4

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau est situé en abords de monument historique

Les travaux susceptibles de modifier l'aspect extérieur d'un immeuble, bâti ou non bâti (cour ou jardin par exemple), protégé au titre des abords sont soumis à une autorisation préalable nécessitant l'accord de l'architecte des bâtiments de France.

Dans les périmètres délimités des abords, tous les travaux sur les immeubles protégés au titre des abords sont soumis à l'accord de l'ABF.

À défaut de périmètre délimité, seuls les travaux sur les immeubles situés dans le champ de visibilité d'un monument historique à moins de 500 mètres de celui-ci sont soumis à l'accord de l'ABF.

L'ABF s'assure que les travaux ne portent pas atteinte au monument historique ou aux abords du monument historique. Il s'assure également du respect de l'intérêt public attaché au patrimoine, à l'architecture, au paysage naturel ou urbain, de la qualité des constructions et de leur insertion harmonieuse dans le milieu environnant.

Les travaux en abords des monuments historiques et dans les sites patrimoniaux remarquables relèvent du même régime d'autorisation de travaux.

Les procédures et délais d'instruction des autorisations de travaux ont été harmonisés par la loi n° 2016-925 du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine.

Toute demande d'autorisation de travaux doit être déposée à la mairie de la commune où sont projetés les travaux. Les délais d'instruction des dossiers de demande d'autorisation de travaux sont de :

- deux mois pour les déclarations préalables ;
- trois mois pour les permis de démolir et les permis de construire pour une maison individuelle ;
- quatre mois pour les autres permis de construire et les permis d'aménager ;
- deux mois pour les autorisations préalables au titre du code du patrimoine (autorisation non soumise à autorisation au titre du code de l'urbanisme ou au titre du code de l'environnement).

Le délai à disposition de l'ABF pour donner son accord est d'un mois pour les déclarations préalables et les autorisations préalables et deux mois pour tous les permis.

L'accord de l'ABF peut être assorti de prescriptions afin que le projet ne porte pas atteinte à la conservation ou à la mise en valeur du monument historique ou des abords. À défaut d'accord de l'ABF, la demande d'autorisation de travaux ne peut être accordée. Un recours contre le refus de l'ABF peut être exercé par les demandeurs ou l'autorité compétente chargée de délivrer l'autorisation de travaux (commune ou intercommunalité généralement).

Si l'architecte des bâtiments de France participe à l'instruction des demandes d'autorisation de travaux, il tient également un rôle prépondérant en amont de la réalisation des projets. Il peut être à ce titre consulté sur un avant-projet et formuler des observations qui permettront aux demandeurs d'adapter leur projet en fonction des enjeux patrimoniaux.

La protection au titre des abords n'est pas applicable aux immeubles ou parties d'immeubles protégés au titre des monuments historiques ou situés dans le périmètre d'un site patrimonial remarquable classé en application des articles L. 631-1 et L. 631-2. Les servitudes d'utilité publique instituées en application de l'article L. 341-1 (site inscrit) du code de l'environnement ne sont pas applicables aux immeubles protégés au titre des abords (article L. 621-30 du code du patrimoine).

Annexe II.5

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau est situé en site inscrit

- Travaux soumis à permis ou à déclaration préalable au titre du code de l'urbanisme
- Travaux non soumis à autorisation au titre du code de l'urbanisme : déclaration préalable au titre du code de l'environnement

Les permis de construire et d'aménager en site inscrit sont soumis à l'avis de l'architecte des bâtiments de France qui dispose d'un délai de réponse de 2 mois. Il dispose d'un mois pour les déclarations préalables.

Le permis de démolir en site inscrit est soumis à l'accord de l'architecte des bâtiments de France. Ce dernier dispose d'un délai de 2 mois pour répondre, en cas de silence de sa part à l'issue de ce délai son accord est réputé refusé (article R.423-68 du code de l'urbanisme).

Les servitudes d'utilité publique instituées en application de l'article L. 341-1 (site inscrit) ne sont applicables ni aux immeubles classés ou inscrits au titre des monuments historiques, ni aux immeubles protégés au titre des abords ou situés dans un site patrimonial remarquable définis au livre VI du code du patrimoine (article L. 341-1-1 du code de l'environnement).

Annexe II.6

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau est situé en site classé

- Travaux soumis à permis ou à déclaration préalable au titre du code de l'urbanisme
- Travaux non soumis à autorisation au titre du code de l'urbanisme : autorisation spéciale au titre du code de l'environnement

Les permis sont soumis à l'avis de l'architecte des bâtiments de France qui dispose d'un délai de réponse de 2 mois.

En cas de superposition entre un site classé et un immeuble inscrit ou classé au titre des monuments historiques, les autorisations prévues aux articles L. 621-9 et L. 621-27 du code du patrimoine valent autorisation spéciale au titre du site classé, si l'autorité administrative chargée des sites a donné son accord (article L.341-10 du code de l'environnement).

En cas de superposition entre un site classé et des abords ou un SPR, l'autorisation au titre du site classé vaut autorisation au titre des abords ou du SPR, si l'architecte des bâtiments de France a donné son accord (article L. 341-10 du code de l'environnement et articles L. 621-32 et L. 632-2 du code du patrimoine).

Annexe II.7

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou portion de cours d'eau porte sur un élément identifié au titre de l'article L. 151-19 du code de l'urbanisme

Les travaux sont soumis à permis ou à déclaration préalable au titre du code de l'urbanisme.

Annexe II.8

Lorsque le projet de RCE sur un ouvrage, ensemble d'ouvrages ou segment de cours d'eau est susceptible d'avoir un impact sur le patrimoine archéologique

Le Livre V du code du patrimoine s'applique, en premier lieu les procédures d'archéologie préventive prévues aux articles L. 521-1 à L. 524-16 et R. 522-1 à R. 524-36, mais également les procédures relatives aux fouilles archéologiques programmées et aux découvertes fortuites prévues aux articles L. 531-1 à L. 532-14 et R. 531-1 à R. 532-19. A ce titre les Services régionaux de l'archéologie (SRA), et le cas échéant, le Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (DRASSM), ont pour mission :

- de renseigner le porteur de projet dès la préparation de son projet : il est recommandé de demander une information préalable au SRA, qui répondra si le projet donnera lieu ou non à prescription d'archéologie préventive. Il peut émettre ces prescriptions afin d'éviter et réduire (au moyen d'un diagnostic archéologique et / ou une modification de la consistance du projet), et, en dernier recours, de compenser (au moyen d'une fouille) les impacts du projet de RCE sur le patrimoine archéologique. En cas de prescription annoncée par le SRA, le porteur de projet peut en demander la réalisation anticipée et ainsi lever les inconnues dans le cadre de la préparation de son projet et avant le dépôt des demandes d'autorisations.
- d'accompagner le porteur de projet et de suivre la réalisation des éventuelles prescriptions émises à un stade anticipé ou lors de l'instruction des demandes d'autorisations requises par le projet.
- de s'assurer de la libération du terrain avant le démarrage du chantier de RCE.
- de diffuser et valoriser les résultats scientifiques des interventions archéologiques.

Annexe III - Masque de saisie permettant le calcul des paramètres économiques dans le cas d'un ouvrage hydroélectrique

Analyse de l'impact économique des solutions de restauration de la continuité sur les aménagements hydroélectriques existants								
Informations générales								
Nom de l'aménagement								
PMB (MW)								
Puissance électrique (MW)								
Date d'octroi du titre								
Date d'échéance du titre								
Département								
Contrat obligation d'achat / complément de rémunération ? oui / non								
si oui, préciser type de contrat, dates signature/fin de contrat, tarif de référence initial et actualisé (N-1, N-2 et N-3) :								
Informations économiques								
Production (GWh)								
Prix de vente moyen (€/MWh)								
Recettes (k€)								
Marché de capacité								
Autres recettes								
Total								
Frais de personnel								
Achats et autres produits et charges opérationnel								
Impôts et taxes, TURPE,								
versements assimilés et autres redevances								
Autres charges								
Total								
EBE (k€)								
Analyse des solutions								
Description de la solution			Solution 1	Solution 2	Solution 3			
Coût d'investissement (k€)								
Subventions (k€)								
Surcoût annuel (k€)								
Perttes recettes hors vente élec (k€)								
Perte énergétique (GWh)								
Perte énergétique (%) pour info			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
Nouvel EBE moyen			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
Ratio Investissement / nouvel EBE			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
Perte d'EBE annuelle			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!			
Nota : les chiffres sont exprimés en euros courants La production moyenne est basée sur 10 ans pour tenir compte de la variabilité. En cas de modification affectant l'historique (augmentation du puissance, passage à un nouveau tarif, etc.), on adapte cet historique pour qu'il soit représentatif de la nouvelle situation.								
Attention : si l'EBE actuel ou nouvel EBE est négatif, le calcul n'est pas significatif. On peut alors prendre le CA comme référence plutôt que l'EBE, en gardant à l'esprit que la concession est déjà déficitaire.								

Annexe IV - Avantages et limites des différentes modalités de gestion d'un ouvrage dans le cadre du rétablissement de la continuité écologique

Annexe IV.1 Ouverture d'organes mobiles

Il faut distinguer plusieurs types de mesures :

a) ouverture permanente :

Les organes concernés sont maintenus ouverts toute l'année. Dans ce cas, un diagnostic ICE⁷⁷ est établi pour vérifier la bonne franchissabilité de l'ouvrage par les poissons dans les conditions de débit correspondant à la (aux) période(s) de migration⁷⁸.

Avantages :

- solution facile à mettre en œuvre et peu coûteuse ;
- diminution de la zone de remous et restauration progressive des habitats en amont ;
- conciliation possible avec le patrimoine ;
- absence de gestion pour le propriétaire (mais la surveillance et l'entretien restent nécessaires) ;
- cette solution peut être une première étape avant l'effacement (appropriation du nouveau paysage dû à l'abaissement de la ligne d'eau).

Limites :

- la principale limite tient au fait que, pour obtenir des conditions d'écoulement franchissables par les espèces, la gestion des organes mobiles doit permettre de réduire la chute résiduelle entre les niveaux d'eau amont et aval à des valeurs inférieures à 0.2 - 1.0 m selon les espèces considérées (voir tableau 7, 10 et 16 du guide ICE). Comme la gestion des organes n'influencera pas le niveau aval, cela ne peut être obtenu qu'en abaissant le niveau d'eau amont, et donc en effaçant partiellement ou totalement la retenue. Cet abaissement du niveau d'eau amont peut ne pas être compatible avec les usages.
- la réduction de la chute et l'obtention de conditions d'écoulement franchissables pour une large gamme de débit du cours d'eau ne s'avère possible que lorsque l'on dispose d'organes mobiles (vannes, clapets) de grandes dimensions, permettant d'aménager une voie de passage avec un écoulement sans chute ni ressaut hydraulique. C'est pourquoi le cas des vannages ou clapets de décharge existants, positionnés sur un seuil fixe en fond de lit, s'avère généralement inadapté.
- la concentration du débit ou d'une forte proportion de celui-ci à travers un vannage peut créer des conditions hydrauliques contraignantes au droit ou à proximité de l'ouvrage, pouvant générer des réticences, des impossibilités de passage, voire des blessures aux poissons (forces de cisaillement, frottement sur des parties abrasives, chocs...) ;
- dans certains cas, l'ouverture totale n'est pas possible en étiage (perte de l'alimentation du bief)⁷⁹ ;

⁷⁷ Baudoin J.M., Burgun V., Chanseau M., Larinier M., Ovidio M., Sremski W., Steinbach P. & Voegtli B. (2014). Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes. Collection "Comprendre pour agir", Onema, 200 p. Disponible à : <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-comprendre-agir/evaluer-franchissement-obstacles-poissons-principes-methodes-informations>

⁷⁸ Si l'ouvrage est diagnostiqué comme franchissable, cette gestion pourra être entérinée par arrêté complémentaire. Il pourra être prescrit la pose d'un cadenas pour éviter les manœuvres de tiers. Si l'ouvrage reste infranchissable ou sélectif dans cette configuration, l'étude d'un aménagement complémentaire pourra être prescrite dans l'arrêté d'ouverture.

⁷⁹ Un niveau de gestion minimum pourra alors être explicité dans l'arrêté (par exemple quelques vannes manœuvrées pour garantir ce niveau).

- sur certains ouvrages, les jambages du vannage constituent des pièges à embâcles dont la gestion doit être assurée ;
- ce type de solution n'est pas forcément adapté pour la navigation : le franchissement peut être possible sans pour autant présenter des conditions de sécurité suffisantes.

b) ouverture saisonnière ou ponctuelle :

Ces mesures ont généralement pour objectif une meilleure gestion des crues⁸⁰ : éviter les à-coups d'eau liés aux manipulations trop rapides des ouvrages en cas de montée rapide des eaux et meilleures conditions de sécurité. La hauteur de chute des ouvrages étant moins importante en crue, cela peut permettre d'améliorer le franchissement piscicole sur cette période.

Avantages :

- solution facile à mettre en œuvre et peu coûteuse ;
- la hauteur de chutes des ouvrages à franchir à l'échelle d'un axe est diminuée en période de crue ;
- cette solution peut permettre de maintenir un certain niveau d'eau à l'amont lors des périodes d'étiage pour différents usages (baignade, agri-sylviculture...) ;
- l'acceptabilité locale de ces mesures est généralement bonne.

Limites :

- les ouvrages sont refermés et restent infranchissables en-dehors de ces périodes, ce qui est problématique pour les espèces dont la migration se fait en dehors des périodes d'ouverture ;
- même en configuration ouverte, certains ouvrages ne sont pas franchissables (hauteur de chute et vitesses de courant trop importantes au droit du vannage... voir les limites de la solution "ouverture permanente", présentée précédemment) ;
- dans le cas où des opérations de gestion sont ciblées dans le temps (ex : expérimentation de "débarrage" sur l'Aulne, "désétagement" dans les marais charentais...), il est absolument nécessaire de proposer une forte réactivité de gestion lors de l'arrivée des poissons : présence sur place, télégestion... ;
- l'efficacité de cette solution est très dépendante d'un respect collectif des règles et d'une bonne information régulière des personnes concernées, notamment en cas de changement de propriétaires/gestionnaires. À ce titre, il est nécessaire d'inscrire le protocole de gestion dans un règlement d'eau afin de pérenniser la pratique ;
- il est indispensable d'assurer une bonne coordination en cas de succession d'ouvrages gérés de cette manière ;
- cette solution n'apporte aucune amélioration qualitative ni quantitative des habitats écologiques, en particulier dans le cas d'une succession d'ouvrages ; en dehors des opérations de gestion, la rivière est toujours en "biefs", c'est-à-dire en "marches d'escalier" formées par la succession de plans d'eau ;
- des précautions sont à prendre avant les premières réouvertures, vis-à-vis du relargage potentiel des sédiments bloqués dans la retenue ;
- dans la majorité des cas, sauf présence d'écluse, cette solution ne résout en rien la rupture de continuité de la navigation ;

⁸⁰ Certaines mesures de ce type peuvent toutefois accompagner une étude, suite à un projet d'abaissement de la ligne d'eau. La réalisation d'un test d'ouverture encadré par arrêté temporaire sur la durée de l'étude ou une courte période peut à la fois permettre de mieux évaluer l'impact de l'abaissement (un suivi sera mis en place dans la zone de remous) et permettre aux riverains de s'habituer progressivement à l'abaissement de la ligne d'eau (meilleure acceptabilité du projet).

- pour l'ensemble des limites citées ci-dessus, le plus souvent, ces mesures ne sont que temporaires, dans l'attente de la mise en place de mesures pérennes (arasement/dérasement, équipement).



Il s'agit donc d'une solution *a priori* facile à mettre en œuvre et peu coûteuse, mais les usages et les organes mobiles existants ne permettent que rarement l'abaissement du niveau d'eau amont et la réduction de la chute nécessaire pour obtenir des conditions d'écoulement franchissables par les espèces sur une large gamme de débits du cours d'eau. D'autre part, dans le cas où les opérations de gestion sont ciblées dans le temps, la bonne synchronisation des opérations avec les besoins écologiques est essentielle. **L'efficacité des opérations de gestion envisageables n'est ainsi souvent que très partielle** ; il est donc en général nécessaire de l'accompagner de mesures complémentaires, ou de s'orienter vers d'autres solutions.

c) Gestion d'ouvrages soumis à marée

Il est parfois difficile de concilier l'usage de ces ouvrages (régulation d'entrée d'eau de mer et/ou de sortie d'eau douce, navigation...) et leur transparence en termes de continuité écologique. Toutefois, lorsque l'ouvrage ne peut être ni supprimé ni équipé d'un dispositif de franchissement piscicole, certains modes de gestion peuvent être mis en place. Ceux-ci doivent bien évidemment prendre en compte les enjeux amont (gestion des marais et lagunes, problématique inondation, exploitations agricoles...) et les conditions aval (niveaux de salinité, de matières en suspension...).

Les grands types de solutions sont les suivants⁸¹ :

- Certains organes (portes-à-flots, clapets) peuvent être équipés de **cales**, les empêchant de se refermer complètement. Avantages : simplicité, coût réduit, offre permanente sur toute la colonne d'eau s'adressant donc potentiellement à de nombreuses espèces. Limites : dispositif difficilement réglable/retraitable, contraintes mécaniques possiblement fortes sur l'ouvrage, acceptation locale parfois difficile (peur des inondations...) ;
- Les structures (portes ou vannes) peuvent être équipées de **vantelles** (orifices pouvant être obturés par des vannettes levantes), en partie haute ou basse en fonction des besoins. Avantages : la section d'ouverture peut être modulée en fonction des débits sortants et des coefficients de marée. Limites : sélectivité sur les espèces en fonction de la hauteur de positionnement sur l'ouvrage, braconnage facilité (notamment pour les vantelles de surface), acceptation locale parfois difficile (peur des inondations...) ;
- Il est possible de retarder la fermeture de certains organes (portes-à-flots, clapets) par des **raidisseurs** (ressorts), des **flotteurs**, des **contre-poids**. Avantages : le degré d'ouverture est "auto-modulable" en fonction des conditions hydrauliques. Limites : le calage est difficile, le dispositif se ferme généralement lorsqu'un maximum de poissons se présentent ;
- Le franchissement des ouvrages d'étagement, en amont des premiers ouvrages à la mer, peut aussi être favorisé en provoquant un "**désétagement**" (i.e. en limitant les différences de niveaux d'eau) entre biefs successifs. Tout comme l'ouverture saisonnière ou ponctuelle (voir paragraphe précédent), cela nécessite une gestion fine et coordonnée des ouvrages successifs. Ce type de solution n'est actuellement pas généralisable, mais une expérimentation est en cours en Charente Maritime (marais de Charras) en vue de favoriser la progression des civelles ;

⁸¹ Pour plus de détails, se référer à :

Grisam (2015). Continuité biologique et ouvrages soumis à marée - Le cas de l'anguille européenne, les éléments importants pour évaluer et agir. Synthèse de l'atelier thématique du GRISAM (Groupement d'intérêt scientifique national sur les poissons migrateurs) de mars 2015, 65p. Disponible à : https://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/cr_atelier_grisam_sur_ouvrages_a_maree_et_anguille.pdf

- En l'absence ou dans l'attente de solutions efficaces et pérennes, il peut également être prescrit, en guise de mesures conservatoires, des périodes d'**ouvertures ciblées** de ces ouvrages.

Annexe IV.2 Ouverture d'organes mobiles pour favoriser la continuité sédimentaire

Ce type de solutions consiste à manipuler certains organes mobiles de manière à laisser passer ponctuellement des sédiments.

Avantages :

- si les seuils des vannages sont construits en partie basse du lit du cours d'eau et que la largeur du vannage ouvert est suffisante, le transit sédimentaire peut être restauré, au moins partiellement, sans besoin de dispositif supplémentaire ;
- cette solution est relativement facile et rapide à mettre en œuvre ;
- elle est généralement peu coûteuse ; lorsque la retenue n'est pas trop importante, des organes de dégrèvement bien dimensionnés et ouverts régulièrement (lors des crues annuelles par exemple) peuvent permettre le passage d'une proportion significative des sédiments piégés dans la retenue ;
- cette solution peut également favoriser la continuité de la navigation sportive et de loisirs, sous-réserve de la non dangerosité du passage, voire de son aménagement minime.

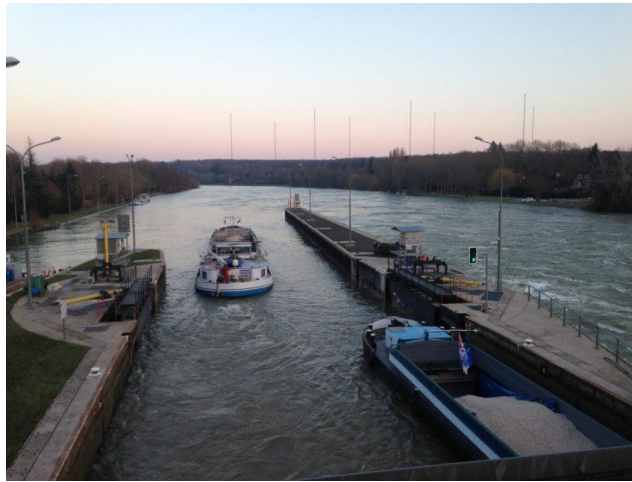
Limites :

- dans les grandes retenues, un gradient granulométrique se met en place de l'amont vers l'aval, et les sédiments les plus proches de l'ouvrage sont les plus fins (vases, limons, sables). En règle générale, l'ouverture des organes mobiles va favoriser le passage de cette petite granulométrie et chasser vers l'aval de fortes concentrations en sédiments fins, ce qui peut avoir un effet écologique désastreux (colmatage des habitats, désoxygénation du milieu, voire transfert de polluants accumulés dans la retenue) ;
- si les vannages sont positionnés sur un seuil fixe en fond de lit, qui constitue à lui-seul un obstacle à la continuité, la gestion sera peu efficace pour le transport sédimentaire ;
- cette solution peut ne pas apporter d'amélioration notable sur le transport sédimentaire dans certains cas de figure : faible puissance du cours d'eau, taille de la retenue trop importante, régimes hydrologiques trop perturbés...
- dans certains cas, cette solution ne résout pas la rupture de continuité de la navigation sportive et de loisirs.

À noter qu'il est nécessaire d'inscrire le protocole de gestion des organes mobiles dans un règlement d'eau afin d'en pérenniser la pratique.

Annexe IV.3 Utilisation des écluses de navigation pour favoriser la montaison piscicole

Sur les cours d'eau navigués, les écluses de navigation peuvent parfois offrir des solutions alternatives, à titre temporaire ou permanent, pour ré-ouvrir des axes de migration, en complément d'équipement spécifiques. Pour être réellement opérationnel, le cycle de fonctionnement de l'écluse doit être adapté au franchissement des poissons (temps d'ouverture et de fermeture, maintien d'un écoulement permanent dans l'écluse, etc.).



Écluse de navigation (© VNF)

Avantages :

- cette solution utilise des infrastructures existantes (qui doivent toutefois être fonctionnelles et en bon état) ;
- elle est potentiellement efficace pour de nombreuses espèces ;
- les écluses peuvent également être utilisées pour la petite navigation sportive et de loisir, sous réserve d'aménagement ou d'autorisation accordée pour cet usage.

Limites :

- pour que cette solution soit réellement efficace, il est nécessaire de mettre en place un protocole spécifique d'éclusées destiné à la montaison des poissons, avec en particulier une phase d'attractivité *via* la mise en place d'un écoulement bien "lisible" en entrée de l'écluse, incompatible avec la présence d'embarcations dans le sas⁸². En cas de trafic fluvial important, les possibilités de réalisation de ces éclusées spécifiques peuvent être réduites ;
- la prise en compte des espèces à migration majoritairement nocturne (lamproies, anguilles) nécessite la réalisation de cycles nocturnes ;
- de longues phases expérimentales peuvent être nécessaires afin de vérifier l'efficacité locale de cette solution ;
- le cas échéant, il est nécessaire de mettre en place une gestion coordonnée des écluses successives sur un même axe ;
- une importante phase de concertation entre les parties prenantes et des moyens humains conséquents peuvent être nécessaires, notamment en l'absence d'automatisation ;
- les besoins de créer un écoulement attractif pour les poissons peuvent engendrer des contraintes hydrauliques incompatibles avec la structure des ouvrages (notamment sur les portes) et nécessiter dès lors des modifications structurelles importantes et coûteuses ;
- le fonctionnement est discontinu (succession de cycles de remplissage et de vidange), ce qui peut provoquer un retard supplémentaire dans la migration piscicole ;
- l'efficacité de ce type de solution est aléatoire et fortement liée au comportement du poisson, qui doit demeurer dans la chambre aval pendant toute la phase d'attrait, suivre le niveau de l'eau lors de la phase de remplissage et sortir de l'écluse avant la vidange ; l'utilisation des écluses de navigation pour la montaison piscicole n'apparaît ainsi avoir d'intérêt que dans le cas des écluses grand gabarit, dont la taille des sas limite le problème de ressortie des poissons durant la phase d'attractivité.

⁸² À titre d'exemple, délivrance d'un débit supérieur à 60 m³/s dans les écluses du Rhône, voir : Zylberblat M., Roche P. & Pautrat P. (2011). Le rétablissement de l'axe de migration sur le Rhône : une stratégie partagée. La Houille Blanche, n° 6, p. 22-27.



Au vu des limites précédentes, cette solution doit plutôt être considérée comme un aménagement d'appoint ou complémentaire à un dispositif de franchissement existant.

Annexe IV.4 Gestion des débits turbinés (arrêts ciblés de turbinage, bridage) pour favoriser la survie des poissons en dévalaison

Il s'agit ici d'arrêter les turbines (ou de les brider si les garanties d'efficacité sont fortes et partagées) afin d'éviter (ou de limiter) le passage des poissons dévalants par ces voies particulièrement dangereuses pour eux. Ces modalités de gestion doivent bien entendu être fixées dans un cadre administratif et encadrées par un arrêté.

Avantages :

- l'arrêt complet des turbines est bien évidemment la meilleure façon d'éviter la mortalité lors de la dévalaison des poissons ;
- le bridage des turbines réduit le débit turbiné et favorise le passage des poissons dévalants par les ouvrages évacuateurs⁸³ (ratio "débit turbiné vs débit total" plus faible) ;
- cette solution peut permettre d'améliorer les conditions de navigation de façon temporaire dans le tronçon court-circuité.

Limites :

- les pertes énergétiques et économiques sont potentiellement importantes pour l'exploitant ;
- du fait de la limitation précédente, cette solution n'est envisageable que pour les espèces qui présentent des fenêtres de migration d'avalaison resserrées dans le temps ;
- pour limiter les pertes énergétiques et économiques, les arrêts ou bridages ciblés du turbinage ne sont généralement pratiqués que la nuit, ce qui ne protège pas les individus migrant durant la journée ;
- l'arrêt ciblé de turbinage nécessite de bien connaître et surtout de bien pouvoir modéliser les fenêtres temporelles d'arrivée des poissons afin de pouvoir suffisamment anticiper ces arrêts ;
- La réalisation des opérations d'arrêts ou bridages ciblés du turbinage nécessite une parfaite coordination avec la gestion des ouvrages évacuant les débits non turbinés, ce qui n'est pas toujours évident en cas d'opérateurs différents entre la centrale hydroélectrique et le barrage.



Du fait des limites évoquées ci-dessus, la solution d'arrêts ou de bridages ciblés du turbinage n'est à étudier qu'en cas d'impossibilité de mettre en place des solutions à l'efficacité plus certaine, notamment la pose de grilles fines en amont des turbines.

Les arrêts ou bridages de turbines sont mis en œuvre actuellement dans un cadre expérimental⁸⁴ et sont encadrés par des suivis de leurs efficacités biologiques basés sur le marquage et le suivi de poissons.

Annexe IV.5 Collecte et transfert mécanique de sédiments

Dans les cas particuliers où il apparaît techniquement impossible d'assurer un transit des sédiments en aval par une gestion adaptée des ouvrages, il est possible d'envisager d'extraire mécaniquement

⁸³ Attention toutefois aux blessures potentiellement engendrées lors du passage des poissons par ces ouvrages (éléments saillants, tirant d'eau trop faible, matelas d'eau à la réception trop mince...).

⁸⁴ Par exemple, une expérimentation est actuellement en cours sur la Seine aval pour mesurer l'efficacité d'une réduction de turbinage sur la survie des anguilles dévalantes.

les sédiments piégés dans la retenue (ex : par pelleuse) et de les transporter vers l'aval (ex : par camions)⁸⁵.

Avantages :

- le transfert "contrôlé" des sédiments peut permettre de maîtriser les quantités et les granulométries déversées à l'aval (par exemple, pas de trop fortes concentrations en particules fines, préjudiciables pour les habitats situés à l'aval).

Limites :

- il faut au préalable s'assurer de l'absence de polluants dans les sédiments concernés ;
- ces opérations sont souvent coûteuses ;
- des volumes à transporter conséquents peuvent nécessiter de nombreux voyages par la route, synonymes d'une augmentation du trafic routier et d'émissions de gaz à effet de serre ;
- les opérations doivent être effectuées de manière récurrente ;
- l'extraction mécanique et le déversement à l'aval nécessitent un accès adapté à des engins motorisés ; l'impact écologique de ces opérations répétées peut être significatif ;
- la manière de réinjecter les sédiments en aval de l'ouvrage (nombre, forme et localisation des apports...) fait encore l'objet de recherche et de développement en vue d'optimiser les opérations en fonction de l'objectif recherché (par exemple, reprise des sédiments par le cours d'eau vs restauration ciblée d'habitats devant perdurer à moyen-terme).
- la navigation sportive et de loisir doit impérativement être prise en compte à la fois dans les espaces où sont prélevés les sédiments et dans ceux où ils sont déversés (profil en travers, lame d'eau...).

⁸⁵ Ces opérations doivent bien entendu être cadrées réglementairement et tenir compte du PPRI, s'il existe.

Annexe V - Aperçu des avantages et limites de différents types de dispositifs de franchissement piscicole pour la montaison



Rappelons qu'il **n'existe pas de dispositif universel** pour améliorer ou rétablir le franchissement des obstacles par les poissons ; la solution proposée *in fine* découle de la démarche diagnostique initiale et, même si elle se base sur les meilleures techniques disponibles, en suivant les critères préconisés par les guides de dimensionnement, elle ne permettra pas le passage de tous les individus sans aucun retard, en comparaison à une situation sans obstacle.

Annexe V.1 Rivières artificielles de contournement

Elles assurent le franchissement de l'obstacle par un chenal à faible pente (<2.5-3%), présentant un tracé sinueux qui rappelle celui d'une rivière. Des systèmes dissipateurs d'énergie (blocs, épis...) peuvent y être disposés.



Exemples de rivières artificielles de contournement (© pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- bien dimensionnées, les rivières de contournement proposent une bonne franchissabilité pour la majorité des espèces de poissons ;
- cette solution permet dans la majorité des cas de concilier le passage des poissons et celui de la navigation sportive et de loisir (ce qui n'est pas le cas sur l'illustration de gauche) ;
- elle présente de bonnes potentialités d'intégration paysagère.

Limites :

- une emprise foncière latérale à l'ouvrage, parfois importante, est nécessaire (besoin d'une grande longueur d'écoulement pour rattraper la hauteur de chute compte tenu de la pente adoptée) ;
- cette solution est plus facile à mettre en œuvre pour les ouvrages de faible et moyenne hauteur, car plus la chute à franchir est élevée, plus le contournement sera long pour assurer une pente suffisamment douce, compatible avec des écoulements franchissables par les poissons, et plus le coût de l'ouvrage sera important ;
- une adaptation à des variations notables du niveau d'eau amont nécessite parfois des dispositifs spéciaux au niveau de l'entrée hydraulique (insertion d'une portion de passe à bassins notamment).



Ce type de dispositif convient donc essentiellement aux obstacles installés sur des cours d'eau à faible pente. La continuité de la navigation doit être prise en compte en amont du projet, afin de mutualiser au maximum la solution proposée ; dans ce cas, il est par exemple nécessaire de considérer une largeur de franchissement supérieure à la longueur de l'embarcation la plus grande utilisée.

Annexe V.2 Rampes rugueuses et seuils franchissables par conception

Ce sont des dispositifs dans lesquels la rugosité de fond permet de réduire les vitesses d'écoulement et d'augmenter le tirant d'eau afin de faciliter le franchissement piscicole. Les rampes sont généralement installées sur une partie de l'obstacle, le long de l'une des berges. Les seuils franchissables par conception peuvent occuper jusqu'à l'ensemble de la largeur de l'obstacle.



Rampe rugueuse (© M. Chanseau, OFB)



Seuil franchissable par conception (© M. Larinier)

Avantages :

- ces dispositifs sont susceptibles de présenter une forte attractivité pour les poissons, car une forte proportion du débit du cours d'eau peut y transiter ;
- ils sont peu sujets au colmatage sédimentaire ou à un encombrement par des corps flottants ;
- cette solution peut concilier le passage des poissons et les besoins de la navigation sportive et de loisir (canoés-kayaks...) ;
- ces dispositifs présentent de bonnes potentialités d'intégration paysagère.

Limites :

- dans la mesure où l'écoulement n'est freiné que par la rugosité de fond, les vitesses d'écoulement augmentent rapidement avec la hauteur d'eau. En l'absence de zone de repos, les poissons doivent franchir la rampe ou le seuil d'une seule traite. Ces dispositifs sont donc généralement sélectifs et principalement destinés aux espèces possédant les meilleures capacités de nage et d'endurance ;
- ce type de solutions est réservé à des hauteurs de chute modérées, de par la nécessité d'une pente modérée (généralement 5%-10%) et d'une longueur limitée (< 10-20 m) en vue d'offrir des conditions d'écoulement pas trop contraignantes pour les poissons tout en limitant l'emprise du génie civil ;
- selon leur conception (morphologie des blocs, hauteur de la lame d'eau, vitesses d'écoulement...), ces rampes peuvent générer une dangerosité plus ou moins conséquente, voire rédhibitoire pour la navigation (ressaut hydraulique en aval). Pour un dimensionnement compatible avec la navigation, il est notamment nécessaire de prendre en compte une largeur de franchissement supérieure à la longueur de l'embarcation la plus grande utilisée, et la lame d'eau doit être supérieure à 40 cm par rapport à la partie haute des rugosités.

Annexe V.3 Rampes à macro-rugosités

Ce sont des dispositifs sur lesquels la rugosité de fond plus l'adjonction de macro-rugosités protubérantes permet de réduire les vitesses d'écoulement de proche en proche et d'augmenter le tirant d'eau afin de faciliter le franchissement piscicole. Les macro-rugosités proposent des abris pour

les poissons dans leur sillage. Les rugosités de fond, plus petites, favorisent le passage des petites espèces. Un dévers latéral permet de mieux s'adapter à différentes conditions de débit et de proposer une grande diversité d'écoulements.



Rampe à macro-rugosités (© pôle échohydraulique, OFB)

Avantages :

- ces dispositifs sont susceptibles de présenter une forte attractivité pour les poissons, car une forte proportion du débit du cours d'eau peut y transiter ;
- ils sont sujets à un encombrement par des corps flottants, mais leur grande largeur permet de ne pas perdre toute fonctionnalité dès qu'un espacement entre bloc est colmaté. Ils sont en revanche peu sensibles au colmatage sédimentaire, sauf s'il est favorisé par la formation d'embâcles ;
- ces dispositifs proposent une diversité d'écoulements élevée, compatible avec une potentielle franchissabilité par différentes espèces.

Limites :

- ces dispositifs sont réservés à des hauteurs de chute modérées (2 à 3 mètres maximum), de par la nécessité de leur donner une pente modérée en vue d'offrir des conditions d'écoulement pas trop contraignantes pour les poissons ;
- leur coût peut être élevé ;
- ces rampes, dans la majorité des conceptions actuelles, ne sont pas compatibles avec la navigation sportive et de loisir. L'exemple illustré ci-dessous, qui résulte d'une approche concertée dans un objectif de continuité écologique et de continuité de la navigation, montre deux chenaux équilibrés en largeur. La mise en œuvre d'une signalétique pour la navigation (photo de gauche) permet d'éviter que les embarcations ne s'engagent dans la passe à plots par basses eaux. Pour des raisons de sécurité, les angles supérieurs des plots (macro-rugosités) ont été arrondis (photo de droite).



Rampe à macro-rugosités et chenal pour les embarcations (© Ph. Caillebotte, CRCK AURA)

Annexe V.4 Passes à bassins successifs

Le principe des passes à bassins successifs est de diviser le dénivelé total de l'obstacle en une série de chutes franchissables par les poissons (c'est-à-dire compatibles avec leur capacité de nage). Les chutes sont contrôlées par des cloisons qui séparent des bassins. Ceux-ci ont pour fonctions de dissiper l'énergie de la chute et d'assurer des zones de repos aux poissons.



Passe à échancrures latérales "repliée" sur elle-même (© pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

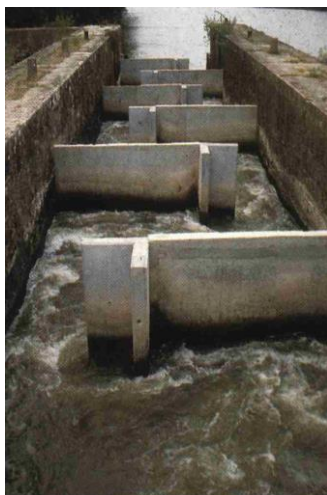
- dispositifs relativement faciles à intégrer à un ouvrage existant (foncier réduit), même si la hauteur de chute est importante, car la passe peut être "repliée" sur elle-même en fonction de l'espace disponible (cf. illustration ci-dessus) ;
- ces dispositifs sont adaptés au franchissement de nombreuses espèces s'ils ont été correctement dimensionnés (hauteurs de chutes entre bassins, puissance dissipée dans les bassins...) ;
- il est possible d'effectuer des comptages de poissons dans ces dispositifs, soit en prévoyant et en incluant une chambre d'observation lors de la construction de la passe, soit en y installant un dispositif de comptage mobile, soit en piégeant les poissons dans un bassin.

Limites :

- la sensibilité vis-à-vis des embâcles est forte. Il peut être nécessaire de mettre en place des systèmes de protection à l'amont ;
- l'attractivité peut dans certains cas nécessiter l'adjonction d'un débit d'attrait supplémentaire ;
- une surveillance et un entretien réguliers sont nécessaires ;
- pour les espèces qui peuvent être réticentes à pénétrer dans un espace confiné (ex : aloses), les bassins, fentes et échancrures doivent être de grande taille, ce qui implique un débit important dans la passe ;
- sauf cas particuliers (ex : certaines passes à échancrures triangulaires, voir plus loin), ce type d'ouvrage ne permet pas d'assurer la continuité de la navigation sportive et de loisir, qui doit alors être résolue de façon séparée. Dans ce cas, l'évaluation coût/avantage doit prendre en compte le cumul des deux ouvrages à comparer avec un ouvrage de type mixte (lorsque celui-ci est techniquement faisable et répond aux enjeux écologiques).

Différents types de passes à bassins successifs peuvent être proposés :

- Passes à échancrures latérales ($\pm$ orifices submergés) : ce sont des dispositifs pouvant admettre une gamme assez large de débits (de quelques dizaines à centaines de L/s). Elles peuvent supporter des variations du niveau amont si les échancrures sont suffisamment profondes.



Passe à échancrures latérales profondes⁸⁶

- Passes à fentes verticales : avec une fente allant jusqu'au fond du bassin ou presque, les principaux avantages de ce type de dispositif sont de pouvoir encore mieux supporter les variations de niveaux d'eau que les passes à échancrures et d'offrir une voie de passage sur toute la colonne d'eau, ce qui est favorable à une bonne franchissabilité multi-espèces. Elles ne peuvent être mises en place que pour des débits importants (de 0.5-0.7 m³/s selon la largeur minimale de fente, jusqu'à plus de 1 m³/s).



Passe à simples fentes verticales (© pôle écohydraulique, OFB)

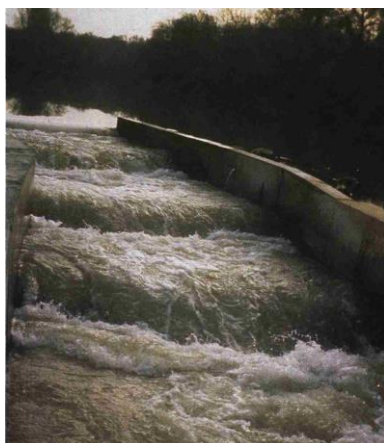
- Passes à doubles fentes verticales : l'avantage est ici de faire passer plus de débit que dans une passe à simples fentes (ordre de grandeur : de 1.2 à 2-3 m³/s) afin d'en augmenter l'attractivité, par exemple pour éviter d'injecter un débit d'attrait supplémentaire ou pour compenser une faible hauteur de chute au niveau de l'entrée piscicole.

⁸⁶ Source : Larinier M., Porcher J-P., Travade F. & Gosset C. (1994). Passes à poissons : expertise, conception des ouvrages de franchissement. Guide technique, collection "mise au point", Conseil Supérieur de la Pêche, 336 p.



Passe à doubles fentes verticales (@ pôle écohydraulique, OFB)

- Passes à échancrures triangulaires : du fait d'une grande largeur d'écoulement, le débit transitant par ces passes augmente rapidement avec l'élévation du niveau d'eau amont. C'est un aspect intéressant en termes d'attractivité, mais qui nécessite la mise en place de bassins de grandes dimensions pour en absorber la dissipation d'énergie. Étant donné la taille de bassins nécessaire, ces dispositifs doivent être réservés à des hauteurs de chute modérées. Ils peuvent permettre un passage conjoint des poissons et de certaines embarcations, pour lesquelles la mise en place de bassins de grande taille est également nécessaire.

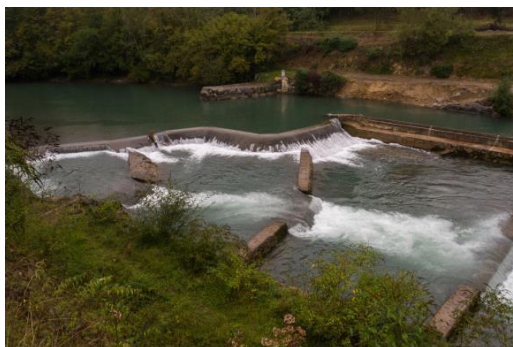


Passe à seuils triangulaires⁸⁷

[Annexe V.5 Pré-barrages](#)

Le principe est ici le même que pour les passes à bassins : la présence de cloisons successives fragmente la hauteur de chute totale. La différence est qu'ici les bassins sont de plus grande taille, qu'ils sont disposés à l'aval du seuil principal (dont une partie du déversement peut venir alimenter certains bassins) et que leur fond est constitué du fond naturel du cours d'eau.

⁸⁷ Source : Larinier M., Porcher J-P., Travade F. & Gosset C. (1994). Passes à poissons : expertise, conception des ouvrages de franchissement. Guide technique, collection "mise au point", Conseil Supérieur de la Pêche, 336 p.



Exemple de pré-barrages (@ pôle échohydraulique, OFB)

Avantages :

- ce sont des solutions simples et rustique pour les petits obstacles : ces dispositifs sont peu sensibles aux embâcles et nécessitent un faible entretien (mais attention à l'engravement des bassins) ;
- l'attractivité pour les poissons est généralement forte, car une forte proportion du débit du cours d'eau est susceptible d'y transiter ;
- ces dispositifs proposent de bonnes potentialités d'intégration paysagère ;
- ils peuvent permettre d'assurer la continuité de la navigation sportive et de loisir.

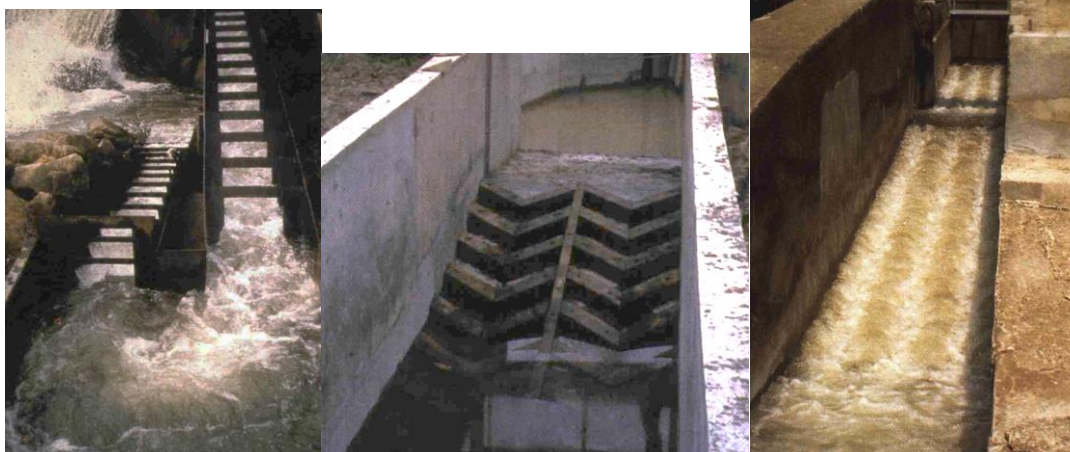
Limites :

- ces dispositifs sont limités aux faibles hauteurs de chute ;
- afin de limiter le nombre de bassins, les hauteurs de chute sont souvent plus importantes que dans les passes à bassin, ce qui entraîne une sélectivité pour certaines espèces.

[Annexe V.6 Passes à ralentisseurs](#)

Le principe de la passe à ralentisseurs est de disposer, dans un canal rectiligne à pente relativement forte (10-15%), des déflecteurs sur le fond et/ou sur les parois, afin de réduire les vitesses moyennes de l'écoulement et d'augmenter le tirant d'eau.

Il existe différents types de passes à ralentisseurs : passes à ralentisseurs plans, passes "Fatou", passes à ralentisseurs de fond suractifs⁸⁸.



⁸⁸ Les passes à ralentisseurs à chevrons épais, qui en sont une adaptation, et les passes à ralentisseurs de fond suractifs en résine polymère peuvent permettre la continuité de la navigation.

*Passes à ralentisseurs plans à deux volées (gauche) et exemples de passes à chevrons épais (centre et droite)*⁸⁹

Avantages :

- ces solutions sont simples et assez peu coûteuses ;
- elles proposent de bonnes potentialités d'intégration dans les parements inclinés ;
- certains dispositifs, comme les rampes à ralentisseurs à chevrons épais ou à ralentisseurs de fond suractifs en résine polymère, peuvent participer à la continuité écologique (en permettant par exemple la délivrance d'un débit d'attrait complémentaire à un dispositif de franchissement) tout en permettant d'assurer la continuité de la navigation sportive et de loisir.

Limites :

- ces dispositifs sont réservés aux poissons d'eau courante présentant de fortes capacités de nage (ex : saumon, truite de mer, truite commune, lamproie marine et barbeaux de plus de 30 cm), qui peuvent franchir les volées en une seule fois (absence de zone de repos) ;
- ces dispositifs sont réservés à des hauteurs de chute modérées et, en général, à des petits cours d'eau (car le débit transitant dans la passe est généralement limité et doit être visible pour un poisson en montaison) ;
- ces dispositifs sont sensibles aux variations de niveau d'eau à l'amont.

[Annexe V.7 Ascenseurs à poissons](#)

Le principe général d'un ascenseur consiste à piéger les poissons dans une cuve au pied de l'obstacle, de faire monter celle-ci, puis de déverser les poissons dans un canal de transfert (toboggan) qui les dirige vers le plan d'eau amont.



*Ascenseur à poissons (gauche) et poissons dans la cuve d'un ascenseur en train de remonter (droite)*⁹⁰

⁸⁹ Source : Larinier M., Porcher J-P., Travade F. & Gosset C. (1994). Passes à poissons : expertise, conception des ouvrages de franchissement. Guide technique, collection "mise au point", Conseil Supérieur de la Pêche, 336 p.

⁹⁰ Source : Larinier M., Porcher J-P., Travade F. & Gosset C. (1994). Passes à poissons : expertise, conception des ouvrages de franchissement. Guide technique, collection "mise au point", Conseil Supérieur de la Pêche, 336 p.

Avantages :

- le coût d'un ascenseur est pratiquement indépendant de la hauteur de chute à franchir et cette solution peut être intéressante comparativement aux autres pour des hauteurs supérieures à 8-10 m ;
- l'encombrement est faible (le foncier nécessaire est donc réduit) ;
- les ascenseurs présentent une faible sensibilité aux variations du niveau d'eau amont ;
- cette solution permet éventuellement de compter les poissons lors de leur passage, en installant par exemple une caméra au-dessus de la cage.

Limites :

- les organes mobiles sont très sollicités, notamment en période de migration, et sont sujets à des pannes récurrentes ;
- les contraintes et coûts de fonctionnement sont supérieurs à ceux des autres types de passes ;
- il est nécessaire de proposer un débit d'attrait significatif dans la cage et éventuellement à proximité immédiate ;
- la proposition n'est pas continue pour les poissons (qui doivent "patienter" au pied de l'ascenseur lorsque la cage est en train de monter ou descendre), ce qui peut engendrer des retards supplémentaires dans la migration ;
- l'efficacité est limitée pour les poissons de petite taille, l'espacement entre les barreaux de la cage ne pouvant être trop faible du fait de contraintes d'entretien ;
- cette solution ne permet pas la continuité de la navigation (de toute manière compromise au droit d'ouvrages d'une dizaine de mètres de haut). Compte tenu du coût de l'ouvrage et de sa maintenance, il convient de s'interroger en termes de coût/avantage et de le comparer à d'autres solutions.

[Annexe V.8 Passes spécifiques à anguilles \(rampes de reptation\)](#)

Si les anguilles de tailles supérieures à 25-30 cm peuvent emprunter d'autres types de passes à poissons pour autant que les conditions hydrauliques soient compatibles avec leurs capacités de franchissement, il est souvent nécessaire de proposer, pour les jeunes stades (civelles et anguillettes), un équipement spécifique basé sur les capacités de reptation de l'espèce : une rampe humidifiée et équipée d'un substrat adapté.



Exemples de substrats utilisés sur des rampes à anguilles : dalles à plots en élastomère (à gauche) et brosses en nylon (à droite) (© pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- ces solutions sont en général peu coûteuses au regard du coût total d'un projet. Cela peut permettre d'installer des rampes en complément d'autres dispositifs moins efficaces pour cette espèce ;
- le choix du substrat de reptation permet de s'adapter aux tailles des individus ciblés ;
- si le dispositif est alimenté par pompage, il est possible de piéger les individus, afin notamment de contrôler leur passage.

Limites :

- dans le cas des rampes alimentées par pompage, l'alimentation en eau doit être réglée de manière très précise et les pompes sont sujettes à des pannes potentielles ;
- les faibles écoulements nécessaires, *a minima* sur une partie des dispositifs, peuvent engendrer un besoin d'entretien régulier (ex : élimination de la végétation, nettoyage des bassins de repos...) ;
- ces dispositifs sont sensibles au braconnage.

[Annexe V.9 Capture/transport](#)

Il s'agit ici de capturer les poissons en montaison au niveau d'un obstacle infranchissable, puis de les transporter vers l'amont (par la route ou dans une barge dans le cas des grands fleuves).



Piège pour la capture de saumon atlantique (© pôle écohydraulique, OFB) et camion de transport (© Migado)

Avantages :

- une fois capturés, les poissons peuvent être transportés sur de longues distances, il est ainsi possible de leur faire franchir plusieurs obstacles ;
- cette solution peut être mise en œuvre de manière transitoire, en attendant de restaurer la continuité de façon plus pérenne, ou de manière définitive si le gain obtenu, en évitant de cumuler les défauts d'efficacité de dispositifs de franchissement associés à des obstacles successifs, s'avère supérieur aux pertes liées à la manipulation des poissons.

Limites :

- des moyens humains récurrents et particulièrement importants sont nécessaires pour piéger une fraction significative des individus. Le coût d'une opération de capture-transport est donc élevé ;
- la manipulation des poissons peut les fragiliser et générer des pertes ;
- cette solution nécessite un transport routier (ou fluvial) fréquent, moins respectueux de l'environnement qu'un dispositif de franchissement pérenne ;
- les actions sont ponctuelles, généralement focalisées sur une ou deux espèces (grands migrateurs), et ne permettent pas de proposer une possibilité de franchissement pour l'ensemble du peuplement piscicole.

Annexe V.10 Équipement des petits ouvrages hydrauliques existants

Le franchissement des petits ouvrages hydrauliques (situés par exemple sous les routes ou les voies ferrées) est souvent difficile pour les poissons, notamment dans les passages busés qui peuvent présenter des tirants d'eau faibles et des vitesses de courant potentiellement fortes.



Ouvrages hydrauliques équipés : de barrettes (à gauche) et d'un substrat de reptation pour les anguilles (à droite) (© pôle échohydraulique, OFB)

Différentes solutions présentées ci-avant, avec leurs avantages et inconvénients, peuvent être déclinées pour rétablir le franchissement piscicole au droit des petits ouvrages hydrauliques existants : positionnement régulier de barrettes transversales afin d'augmenter les tirants d'eau et réduire localement les vitesses d'écoulement (ce qui revient à créer des "bassins" successifs), mise en place d'enrochements, de rampes à anguilles...⁹¹

Les nouveaux ouvrages doivent être franchissables par conception⁹².

⁹¹ Lors de la construction d'un nouvel ouvrage de ce type, ou pour améliorer les conditions de continuité dans un ouvrage existant, se référer à : CETE de l'Est & Onema (2013). Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques – Cas de la faune piscicole. Note d'information SETRA, Economie-Environnement-Conception n°96, 25 p. Disponible à : https://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/1338w-ni_faune_piscicole.pdf

⁹² Conformément à l'arrêté du 28 novembre 2007 fixant les prescriptions générales applicables aux installations, ouvrages, travaux ou activités soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.2.0 (2°) de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Voir : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000017662144>

Annexe VI - Aperçu des avantages et limites de différents types de solutions pour le franchissement piscicole à la dévalaison

Annexe VI.1 Turbines ichtyocompatibles

Actuellement, en France, deux types de turbines sont considérées comme "ichtyocompatibles", c'est-à-dire réduisant considérablement, par rapport aux turbines classiques, les risques de blessures et de mortalité pour les poissons y transitant lors de leurs déplacements vers l'aval : les turbines de type VLH (Very Low Head) et les vis d'Archimède (sous réserve de quelques caractéristiques techniques garantissant l'innocuité pour les poissons)⁹³. Elles permettent donc, dans la plupart des cas, de se passer d'autres dispositifs de franchissement à la dévalaison.



Turbine VLH (gauche, © MJ2 technologies) et vis d'Archimède (centre et droite, © pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- les dommages sont considérés comme quasiment nuls sur les smolts de saumon atlantique et les anguilles dévalantes.

Limites :

- ce type de solutions est réservé à des débits turbinés (unitairement) et des hauteurs de chutes faibles à modérés ;
- les turbines ichtyocompatibles sont essentiellement envisageables dans le cas de nouveaux aménagements car leur mise en place sur des ouvrages existants nécessite généralement des modifications importantes du génie civil ;
- des dommages résiduels peuvent persister sur certains poissons (ex : adultes de saumons ravalés) ;
- les retards induits (hésitation des poissons à rentrer dans les machines, notamment en ce qui concerne les vis) ne sont pas connus ;
- la continuité de la navigation doit être traitée de façon séparée.

⁹³ Voir : <https://patbiodiv.ofb.fr/fiche-methodologique/continuite-ecologique-aquatique/turbines-ichtyocompatibles-140>

Annexe VI.2 Masques de surface

Cette solution consiste à détourner physiquement, vers une voie sûre, les poissons dévalant à proximité de la surface (ex : smolts de saumon atlantique) en les bloquant puis en les guidant à l'aide d'une paroi verticale plongeant à quelques mètres sous la surface de l'eau.



Masque de surface (à gauche © Google Earth, à droite © pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- cette solution peut être envisagée au droit de grands aménagements, où la mise en place d'une prise d'eau ichtyocompatible est techniquement difficile, voire impossible.

Limites :

- dans la mesure où il est nécessaire d'obturer une profondeur significative de la colonne d'eau pour efficacement dévier les poissons (2 à 4 m), cette solution ne peut être envisagée qu'au niveau de grandes usines hydroélectriques induisant des retenues profondes (plus de 6-7 m) ;
- cette solution peut être inefficace au-delà d'un certain débit turbiné derrière le masque (une proportion significative de poissons peut alors passer au-dessous) ;
- cette solution est inefficace pour les espèces dévalant à proximité du fond du cours d'eau (ex : anguille européenne).



Du fait des limites évoquées ci-dessus, la solution de masque de surface n'est à étudier qu'en cas d'impossibilité de mettre en place des solutions à l'efficacité plus certaine.

Annexe VI.3 Prises d'eau ichtyocompatibles

Ces prises d'eau associent des exutoires de dévalaison à des plans de grilles fines (i.e. à faibles espacements libres entre les barreaux), inclinés ou orientés, à barreaux verticaux ou horizontaux. Le plan de grilles, à l'amont des turbines, arrête les poissons et évite leur passage par la ou les machine(s). Il doit être disposé de manière à guider les poissons vers un exutoire, auquel fait suite un système de transfert sans dommage vers l'aval.



Exemple d'un plan de grilles incliné, à sec à gauche, en eau à droite (© pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- si les critères de conception sont respectés (espacements inter-barreaux suffisamment faibles, plan de grilles correctement incliné ou orienté, nombre et taille suffisants des exutoires, bonne alimentation en débit de ceux-ci)⁹⁴, cette solution peut être très efficace⁹⁵.

Limites :

- le coût d'installation et de maintenance (notamment du système de dégrillage) peut être élevé ;
- le système peut générer une perte de charge en amont des turbines, synonyme de perte énergétique (donc économique) pour l'exploitant. Une optimisation de la forme des barreaux et des structures supportant la grille, ainsi que l'emploi d'un système de dégrillage correctement dimensionné permettent de réduire significativement les risques de pertes de charge tout en optimisant les conditions d'entretien de la grille fine ;
- pour les grands cours d'eau, la gestion des dégrillats doit être anticipée (notamment celle des déchets flottants) ;
- ce type de prises d'eau est parfois difficile à envisager, notamment sur les plus grosses centrales hydroélectriques, lorsqu'il s'agit d'installer des surfaces conséquentes de grilles possiblement difficiles à dégriller de manière efficace. Toutefois, dans cette situation, les solutions alternatives (masques de surface, arrêts ou réductions de turbinage...) font encore l'objet d'expérimentations et de R&D.
- cette solution a été développée pour les smolts de salmonidés et pour les anguilles argentées ; des impacts résiduels peuvent persister, notamment pour les petites espèces ou les petits individus dévalants.

⁹⁴ Voir : Courret D. & Larinier M. (2008). Guide pour la conception de prises d'eau "ichtyocompatibles" pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04, 72 p.

⁹⁵ Les retours d'expériences récents montrent 80% à 100% d'efficacité, respectivement pour les smolts de saumon atlantique et les anguilles argentées. Voir :

- Tomanova S., Courret D., Alric A., De Oliveira E., Lagarrigue T. & Tétard S. (2018). Protecting efficiently sea-migrating salmon smolts from entering hydropower plant turbines with inclined or oriented low bar spacing racks. *Ecological engineering*, 122, 143-152.
- Tomanova S., Courret D., Richard S., Tedesco P.A., Mataix V., Frey A., Lagarrigue T., Chatellier L. & Tétard S. (2021). Protecting the downstream migration of salmon smolts from hydroelectric power plants with inclined racks and optimized bypass water discharge. *Journal of Environmental Management*, 284, 112012.
- Tomanova S., Tissot L., Tétard S., Richard S., Mercier O., Mataix V., Frey A., Lagarrigue T., Tedesco P.A. & Courret D. (2023). Bypass discharge, approach velocities and bar spacing: the three key-parameters to efficiently protect silver eels with inclined racks. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 424, 15.

Annexe VI.4 Prises d'eau "par en-dessous"

Ce type de prise d'eau existe essentiellement en montagne et dans des conditions de fort transport sédimentaire. Cette solution consiste à mettre en place une grille très fine (ou des plaques perforées) suffisamment inclinée vers l'aval, sur laquelle glissent les corps dérivants, les sédiments et les poissons, qui sont ensuite réceptionnés à l'aval dans une goulotte appropriée ou un grand bassin.



Exemple de prise d'eau "par en-dessous" équipée de grille Coanda (© AFB)

Avantages :

- en théorie, la grille est automatiquement nettoyée des débris et sédiments par l'écoulement de l'eau (mais voir les limites ci-dessous) ;
- de par des espacements inter-barreaux très faibles, la grille est une barrière physique pour les poissons, même de petite taille ;
- sur les torrents de montagne, il existe des exemples de franchissabilité par les embarcations (classes de navigation IV et supérieures).

Limites :

- le système doit être bien dimensionné pour permettre à l'exploitant d'entonner le débit voulu ;
- le système est sujet au gel (synonyme de réduction, voire d'arrêt, du prélèvement d'eau) ;
- des cordons de débris peuvent s'accumuler sur la grille ou dans le système de collecte/évacuation aval et bloquer les poissons, parfois hors d'eau.

Annexe VI.5 Barrières comportementales

Ce type de solutions vise à éloigner les poissons des voies de passage dangereuses (ex : turbines hydroélectriques) et à les guider vers des voies sûres (ex : exutoires de dévalaison) en leur envoyant un stimulus négatif. Ces stimuli peuvent être électriques, lumineux, sonores, des rideaux de bulles ou de chaînes...



Test d'une barrière à infra-sons (© pôle écohydraulique, OFB)

Avantages :

- les opérations de maintenance et leur coût peuvent être réduits en comparaison aux systèmes faisant intervenir des grilles ; ce n'est pas le cas toutefois des systèmes particulièrement soumis aux charriages des flottants par le cours d'eau (barrières infra-sons ou électriques), difficilement accessibles une fois en place.

Limites :

- si certaines techniques sont parfois prometteuses en laboratoire pour certaines espèces, aucune n'a à ce jour prouvé son efficacité en conditions naturelles⁹⁶, où les conditions hydrauliques restent le facteur principal qui guide les poissons.
- des solutions envisagées pour certaines espèces peuvent être inefficaces, voire contrindiquées pour d'autres⁹⁷.



Au vu des connaissances et des retours d'expérience actuels *in situ*, ce type de solution n'est pas accepté en France aujourd'hui.

[Annexe VI.6 Capture/transport](#)

Il s'agit ici de capturer les poissons dévalants au niveau d'une ou plusieurs prises d'eau, puis de les transporter plus en aval (par la route ou dans une barge dans le cas des grands fleuves).

⁹⁶ L'efficacité de ces solutions est très dépendante des conditions de milieu : turbidité, bruit ambiant et surtout conditions hydrauliques.

⁹⁷ Par exemple, l'attraction des smolts de Salmonidés vers des exutoires de dévalaison par un éclairage faible et continu ne semble pas indiqué pour des anguilles dévalantes, à comportement lucifuge.



Piège pour la capture de smolts de saumon atlantique (© pôle écohydraulique, OFB) et camion de transport (© Migado)

Avantages :

- une fois capturés, les poissons peuvent être transportés sur de longues distances, il est ainsi possible de leur faire franchir plusieurs obstacles ;
- cette solution peut être mise en œuvre de manière transitoire, en attendant de restaurer la continuité de façon plus pérenne, ou de manière définitive si le gain obtenu en évitant de cumuler les impacts directs (mortalité) et indirects (prédation, ralentissement) aux niveaux d'aménagements hydroélectriques successifs s'avère supérieur aux pertes liées à la manipulation des poissons.

Limites :

- cette solution nécessite des moyens humains récurrents et particulièrement importants pour piéger une fraction significative des individus. Le coût d'une opération de capture-transport est donc élevé ;
- la manipulation des poissons peut les fragiliser et générer des pertes ;
- cette solution nécessite un transport routier (ou fluvial) fréquent, moins respectueux de l'environnement qu'un dispositif de franchissement pérenne ;
- les actions sont ponctuelles, généralement focalisées sur une ou deux espèces (grands migrateurs), et ne permettent pas de proposer une possibilité de franchissement pour l'ensemble du peuplement piscicole.