Laura Hoerner

Barrages et passes à poissons : un enjeu pour les poissons migrateurs

© Hoerner Laura

Saumon atlantique
© Timothy Knepp

Grande Alose
© Techno-sciences

Anguille européenne
© Borea.MNHN

Truite fario
© Observatoire-poissons-migrateurs

Lamproie marine
© Seinormigr

Université de Caen Normandie - UFR Sciences

Mention AETPF Agrosciences, Environnement, Territoires, Paysages, Forêts

Master EcoCaen 2ème année « Gestion et valorisation agri-environnementales »

Sujet proposé par : Sylvain Girodon, trésorier et adjoint du Comité Régional d'Etude pour la Protection et l'Aménagement de la Nature en Normandie (CREPAN)

Professeur référent : Alain Ourry

Sommaire

Table des matières

1. Introduction : 9
2. Les barrages, des barrières à la migration aquatique 11
2.1. Pourquoi construire un barrage ? 11
2.2. Quels sont les impacts environnementaux de tels constructions ? 13
2.3. Quelles solutions pour limiter les impacts d'un barrage ? 15
3. Des solutions pour garantir la continuité écologique en milieux aquatiques 17
3.1. Les espèces migratrices amphihalines 17
3.2. Les passes à poissons, des dispositifs pour la libre circulation des poissons 19
3.2.1. Les passes à bassins successifs 21
3.2.2. Les passes à ralentisseurs 21
3.2.3. Les rivières de contournement 23
3.2.4. Les passes à écluses 25
3.2.5. Les passes à anguilles 25
3.3. La mise en place d'une passe à poisson 27
4. Un exemple de poisson migrateur, l'anguille européenne 27
4.1. Le cycle de vie de l'anguille européenne 27
4.2. Les problématiques que rencontrent l'anguille européenne 31
4.3. Des solutions pour la pérennité de l'anguille européenne en France 33
5. Cas particulier du barrage de Montalivet 33
5.1. Les problématiques causées par ce barrage 35
5.2. Un enjeu pour les anguilles 35
5.3. Mise à niveau environnementale du barrage de Montalivet 37
6. Conclusion 37

Remerciements

Avant tout développement sur ce mémoire bibliographique, je tiens à remercier le Comité Régional d'Etude pour la Protection et l'Aménagement de la Nature en Normandie (CREPAN). Je remercie en particulier Monsieur Sylvain Girodon pour avoir proposé un sujet de mémoire très intéressant et pour m'avoir aidé à construire mon plan dès le début de la rédaction du mémoire.

Je remercie mes camarades de classe pour m'avoir permis de choisir ce sujet, en parfaite adéquation avec mon domaine d'étude. Ce mémoire contribue à ma compréhension du domaine piscicole, notamment en matière de protection, et constitue une préparation essentielle pour mon futur stage consacré à la connaissance et à la protection des milieux aquatiques.

Je remercie également les professeurs de master EcoCaen pour leur aide durant la rédaction de ce mémoire, en particulier Monsieur Alain Ourry pour la relecture de mon travail et pour les réponses à mes questions.

Merci à Monsieur Benjamin Dufour, chargé d'études pêche et milieu aquatique à la fédération départementale de pêche du Calvados, pour avoir très rapidement et clairement répondu à mes questions concernant l'installation d'une rivière de contournement en Normandie.

Abréviations

- ASA : l'Association Syndicale Autorisée
- CIGB : Commission Internationale des Grands Barrages
- CREPAN : Comité Régional d'Etude pour la Protection et l'Aménagement de la Nature en Normandie
- DCE : Directive Cadre Européenne sur l'eau
- INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel
- OFB : Office Français de la Biodiversité
- ONU : Organisation des Nations Unies
- PGA : Plan de Gestion Anguille
- UICN : Union International pour la Conservation de la Nature

1. Introduction :

L'Organisation des Nations Unies (ONU) a alerté en 2010 l'opinion publique sur l'état et les conséquences du déclin de la biodiversité dans le monde. Depuis plusieurs décennies, les densités de population humaine ne cessent d'augmenter. Il y a ainsi un accroissement de l'utilisation des ressources et une amplification des pressions humaines sur les écosystèmes. Il en résulte ainsi 5 grandes causes de perte de biodiversité : la fragmentation des habitats, la pollution, la surexploitation des ressources, les changements climatiques et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes. La fragmentation des habitats est une des causes les plus importantes dans la perte de biodiversité et elle est très largement observable à notre échelle (Fahrig, 2003 ; www-anbdd). Due à l'urbanisation, à l'agriculture intensive, à la déforestation ou encore résultant de l'industrialisation, elle aboutit à un ensemble de processus transformant les habitats naturels, conduisant à une réduction des effectifs de certaines espèces en modifiant leur distribution dans l'espace et les possibilités d'échanges entre populations. (Thompson, 2010).

Les milieux aquatiques sont de véritables réservoirs de biodiversité qui participent à la continuité écologique. La faune, la flore ou encore les activités anthropiques dépendent de la disponibilité en eau. La bonne santé de l'ensemble des écosystèmes aquatiques est donc primordiale. Malheureusement diverses menaces pèsent sur les milieux aquatiques et dégradent leur qualité. Paradoxalement, l'homme est le premier à influencer ces milieux négativement. La pollution, l'urbanisation, la surpêche et l'accélération du dérèglement climatique en sont des exemples (Lassalle, 2008).

En mer, l'homme exploite les ressources piscicoles de manière intensive, c'est-à-dire qu'il prélève des ressources naturelles au-delà de la capacité de renouvellement naturel. Cependant, la surexploitation des écosystèmes marins menace dangereusement la biodiversité. Le thon rouge de l'Atlantique par exemple avait disparu de la Mer Noire et était menacé d'extinction en 2007 (Berkowitz & Clarke, 2014). En milieu d'eau douce, en revanche, l'homme exploite surtout l'eau disponible, pour sa consommation, pour l'agriculture et pour produire de l'énergie hydroélectrique. L'utilisation de l'eau pour produire de l'énergie hydroélectrique, nécessite d'installer des infrastructures sur les cours d'eau, telles que des barrages, fragmentant alors les milieux aquatiques. Ils impactent ainsi le transport naturel des sédiments, qui est primordial pour la santé des cours d'eau et empêchent la libre circulation des espèces aquatiques pour leur accès aux zones de reproduction, de croissance, de nourrissage ou d'abri (www-ofb.gouv). La

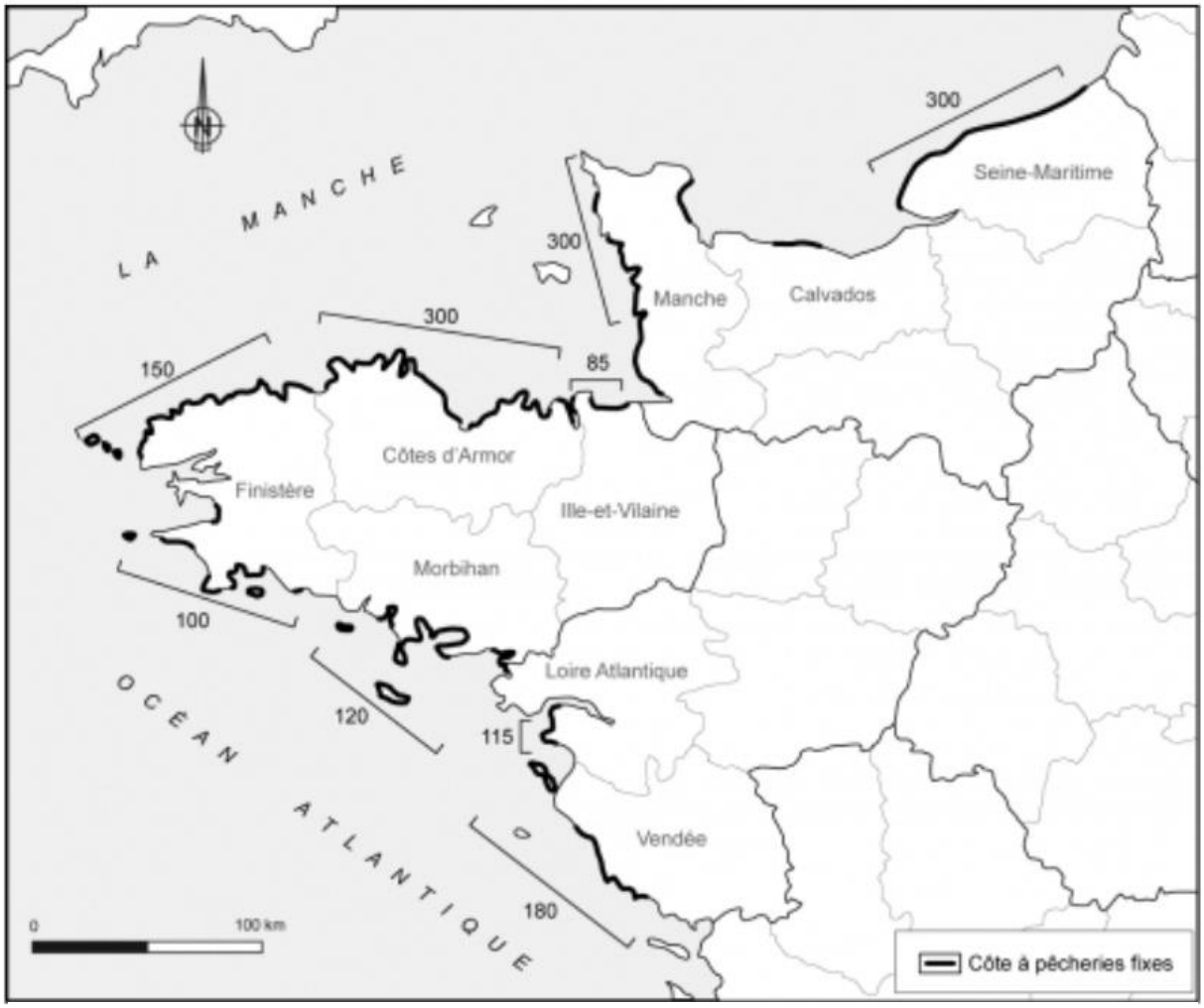


Figure 1 : Répartition des pêcheries fixes des régions de l'Ouest de la France qui ont contribué à l'installation de barrages dès le mésolithique (Billard & Daire, 2019).

rupture écologique en eau douce et la surexploitation piscicole en mer sont donc source de perte de biodiversité dans les milieux aquatiques (Berkowitz & Clarke, 2014).

Ce mémoire, destiné au Comité Régional d'Etude pour la Protection et l'Aménagement de la Nature en Normandie (CREPAN), examine le lien entre la diminution des effectifs d'espèces de poissons migratrices et l'installation d'infrastructures humaines sur les cours d'eau. Ce mémoire visera donc à analyser les enjeux qui découlent de l'installation de barrages et à proposer des pistes d'amélioration. Il répondra ainsi à la question suivante : comment allier activités humaines et prospérité des poissons migrateurs dans un monde où l'homme façonne les milieux à sa guise ? Après avoir décrit le rôle des barrages et leurs impacts, ce mémoire identifiera les différentes passes à poissons qui sont des solutions permettant d'améliorer la libre circulation des poissons migrateurs, comme l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), en traitant finalement du cas particulier du barrage de Montalivet en Normandie.

2. Les barrages, des barrières à la migration aquatique

2.1. Pourquoi construire un barrage ?

Depuis toujours l'homme construit des infrastructures pour répondre à ses besoins. En passant par de simples outils en silex ou par des engins qui font plus que deux fois sa taille, l'homme innove en sa faveur. Au Mésolithique, les sociétés humaines vivant proche du littoral construisaient déjà des barrages avec pour l'objectif d'exploiter les ressources marines pour leur alimentation (Billard & Bernard, 2016). Les barrages à poissons forment une phase primordiale dans l'exploitation des ressources naturelles et ont visiblement été adoptés pour une grande partie des populations littorales de l'Ouest de la France pour la pêche fixe (fig. 1). En effet, on peut encore retrouver aujourd'hui des vestiges de ces barrages dans le département de la Manche avec environ 350 sites de pêcherie fixes et notamment trois dans la baie du Mont-Saint-Michel (Billard & Daire, 2019).

Les barrages représentent l'une des interventions humaines les plus importantes dans le cycle hydrologique (Lévêque, 2005). Dans la mesure où les populations humaines se sont développées, il a fallu répondre aux besoins, notamment d'approvisionnement en eau. C'est pourquoi, au-delà de l'aspect récréatif des barrages pour la pêche, ces derniers ont été construits pour gérer les ressources hydrauliques (Brun, 2009).

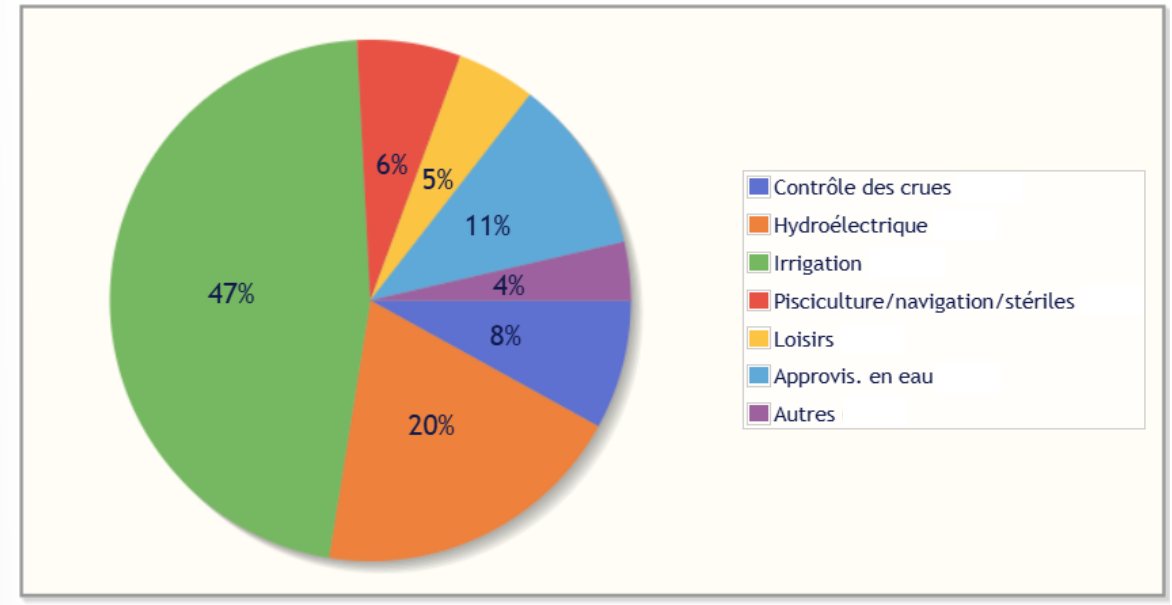


Figure 2 : La répartition, en pourcentages, des barrages mondiaux à fonction unique, selon leur fonction. Même si le registre mondial est largement reconnu comme la meilleure base de données sur les barrages dans le monde, certaines informations restent manquantes malgré tous les efforts de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB). Les calculs ont donc été fait en fonction des données disponibles (www-icold-cigb).

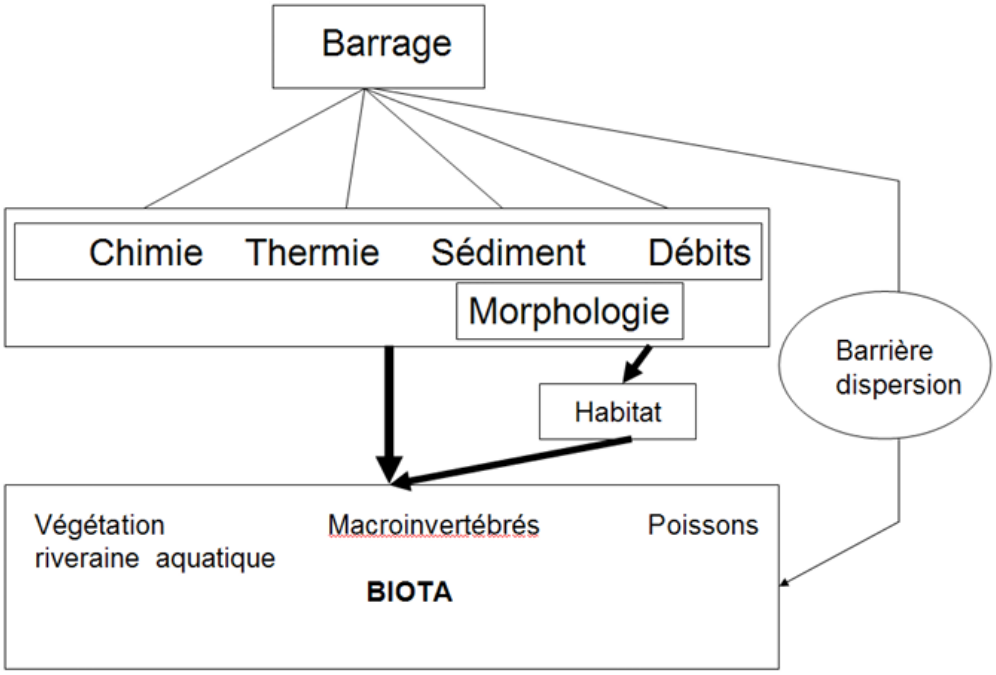


Figure 3 : L'influence des barrages sur les compartiments abiotiques et biotiques des cours d'eau, indiquant les principaux compartiments susceptibles d'être influencés (Souchon & Nicolas, 2011)

Aujourd'hui, dans le monde, la plupart des barrages sont à but unique et représentent plus de la moitié de l'ensemble des barrages, même s'il y a un nombre grandissant de barrages polyvalents (www-icold-cigb). L'irrigation est la raison la plus courante pour construire un barrage, ces derniers représentent 48 % de l'ensemble des barrages mondiaux. 17 % sont construits à des fins de production hydro-électrique, 13 % pour l'approvisionnement en eau, 10 % pour le contrôle des crues, 5 % pour les loisirs et moins de 1 % pour la navigation et la pisciculture (fig. 2) (www-icold-cigb).

2.2. Quels sont les impacts environnementaux de telles constructions ?

A l'origine, la construction de barrages, visait surtout à gérer les ressources hydrauliques pour un ensemble de finalités destinées à l'homme (Brun, 2009). Toutefois, une telle construction ne reste pas sans conséquences sur le milieu et peut entraîner des modifications sur les compartiments abiotiques et biotiques (Souchon & Nicolas, 2011).

Au niveau du barrage, du point de vue des habitats qui l'entourent, il faut préserver les zones remarquables utilisées par les organismes aquatiques que sont les zones de repos, d'alimentation ou de frayères. Cependant, un ouvrage de ce type apporte des modifications abiotiques et modifie le milieu (Alla & Liu, 2021 ; Nzango, 2018). La chimie, la température et le débit de l'eau peuvent changer de même que la granulométrie et la composition des sédiments (Alla & Liu, 2021 ; Nzango, 2018). Le changement de ces éléments modifie la morphologie de l'habitat et a donc un impact sur le compartiment biotique (fig. 3) (Souchon & Nicolas, 2011). Effectivement, les communautés d'organismes aquatiques sont modifiées en fonction de leur capacité d'adaptation et de résilience face aux changements. Globalement, une perte de biodiversité et une banalisation du peuplement peuvent être observées (Souchon & Nicolas, 2011).

En plus des modifications d'habitats, la fragmentation des cours d'eau par les barrages crée automatiquement une accumulation de sédiments ainsi qu'un obstacle à la migration longitudinale des organismes aquatiques, étape essentielle de l'accomplissement de l'ensemble de leur cycle de vie (Alla & Liu, 2021). Les organismes peuvent ainsi rester bloqués en amont ou en aval de l'ouvrage et attirer des espèces d'oiseaux qui vont y trouver un véritable festin. Une mortalité importante de poissons peut alors être observée (Génard *et al.*, 1993 ; Lutz, 2021).

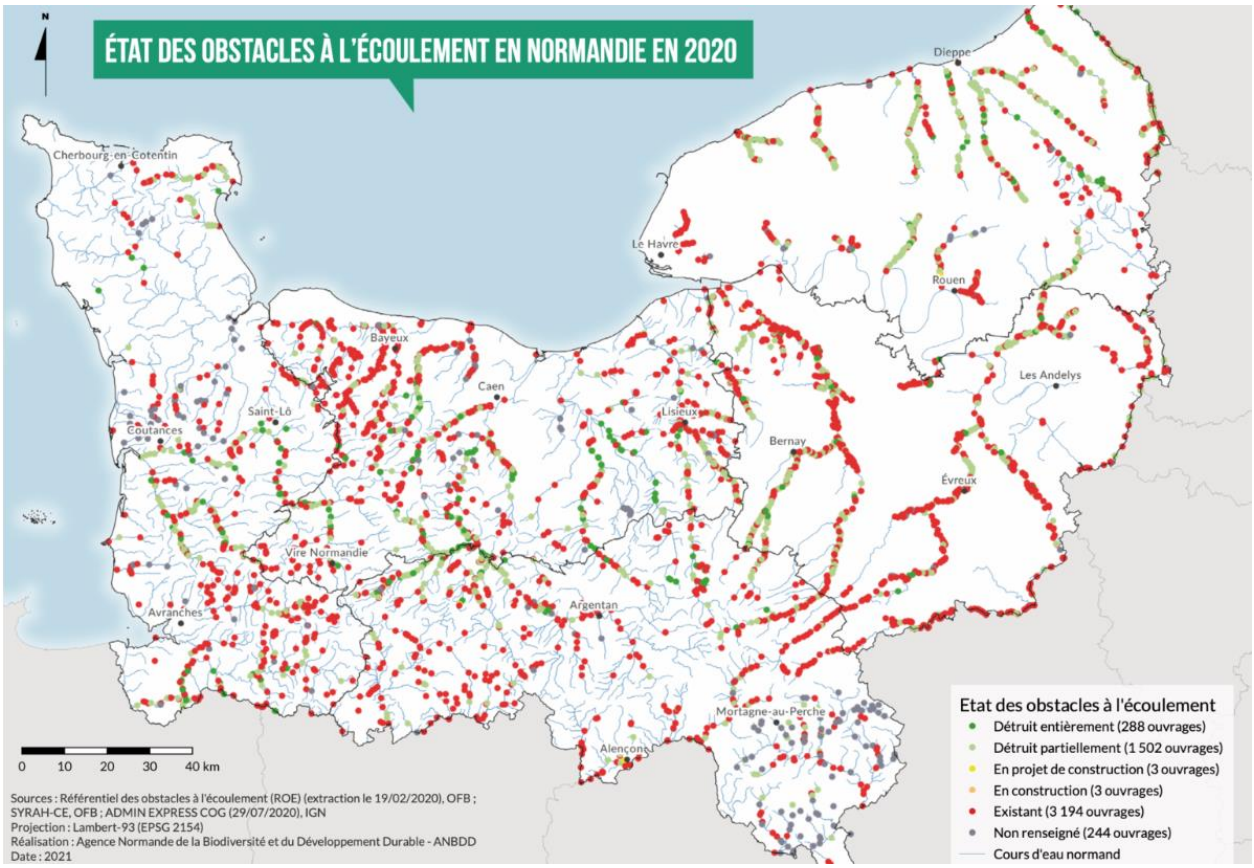


Figure 4 : Carte de la Normandie indiquant le nombre et l'état de ses nombreux obstacles à l'écoulement sur les cours d'eau (www-anbdd, 2021).

L'installation de barrages peut modifier l'hydrologie naturelle des rivières, affectant ainsi le régime des crues et la répartition des débits (Piégay & Mosseri, 2013). Cependant, certaines espèces de poissons ou de macro-invertébrés peuvent, au cours de leur cycle de vie, être affectées par un déficit de débit ou au contraire un excès. (Piégay & Mosseri, 2013).

La Normandie est la 3ème région de France métropolitaine ayant la plus forte densité d'ouvrages faisant obstacle à l'écoulement et potentiellement aux poissons migrateurs, avec en 2020, un obstacle tous les 3 km, soit un total de 4 943 obstacles (www-anbdd) (fig. 4). Parmi l'ensemble des ouvrages, les barrages représentaient seulement 3% contre 82 % de seuils de rivière, 9% de ponts et 6% d'autres types d'ouvrages non renseignés (www-anbdd).

Bien entendu, ces ouvrages n'ont pas tous le même impact, leurs effets dépendent de leur hauteur, de leur configuration, de leur gestion et de leur modalité de retenue d'eau (Nzango, 2018). Pour contrer tous ces effets négatifs et en partie pour préserver la biodiversité, il est donc nécessaire d'envisager des solutions permettant de rétablir la libre circulation des espèces aquatiques.

2.3.Quelles solutions pour limiter les impacts d'un barrage ?

Depuis quelques années, avec les nombreuses conférences internationales, qui prônent l'idée d'une gestion intégrée des ressources, qui désignent le développement durable comme une priorité mondiale et qui souhaitent un équilibre international, la sensibilité environnementale a évolué (Lévêque, 2005 ; Sauvé, 2007). On parle alors maintenant d'une gestion intégrée des bassins-versants dans laquelle, l'eau, est toujours une ressource, mais également un milieu nécessaire à la vie aquatique et un élément indispensable à la vie terrestre qu'il convient de préserver (Lévêque, 2005).

Juridiquement, des éléments ont été mis en place pour la préservation de l'environnement et des cours d'eau notamment. Depuis 1970, les lois visant à atténuer les impacts des projets d'aménagement demandent qu'il y ait des études d'impact environnemental réalisées préalablement à la réalisation de travaux d'aménagements ou d'ouvrages (Souchon & Nicolas, 2011 ; www-Cerema). En France, la loi Grenelle 1 demande de « privilégier les solutions respectueuses de l'environnement, en apportant la preuve qu'une décision alternative plus favorable à l'environnement est impossible à coût raisonnable » lors de la construction d'infrastructure (Souchon & Nicolas, 2011). Elle fixe également l'objectif de développer la trame bleue pour préserver la biodiversité et garantir la continuité écologique des cours d'eau. (Souchon & Nicolas, 2011). Au niveau européen, il existe deux directives qui engage les Etats

membres à préserver leur biodiversité et leurs écosystèmes en assurant la qualité des milieux aquatiques et la continuité écologiques des habitats naturels. Ce sont la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) et la Directive Habitat Faune Flore (Souchon & Nicolas, 2011 ; www-natura2000 ; www-europa.eu).

La qualité du fonctionnement et de la continuité des écosystèmes aquatiques est en partie dégradée du fait de l'installation d'ouvrages sur les cours d'eau. La rupture de continuité écologique est un des impacts qui affecte le plus la biodiversité (Alp *et al.*, 2024 ; Fahring, 2003). L'enjeu est donc de taille lors de la construction d'ouvrages sur des cours d'eau. Il faut pouvoir limiter la fragmentation des milieux pour assurer la libre circulation des espèces.

3. Des solutions pour garantir la continuité écologique en milieux aquatiques

En France, des aménagements de certains ouvrages qui font office d'obstacle à la migration aquatique sont possibles. En effet, une politique de restauration de la continuité écologique, qui vise à améliorer le passage des poissons et des sédiments au travers des milieux aquatiques est instaurée (www-eaufrance).

3.1. Les espèces migratrices amphihalines

Une espèce migratrice amphihaline est une espèce effectuant une partie de son cycle de vie en mer, et une autre partie en rivière (Rougier, 2014). En fonction de l'espèce, la période de reproduction peut se faire soit en eau salée soit en eau douce. Le saumon par exemple est une espèce qui vit en mer, mais qui a besoin de se reproduire en eau douce, il va donc migrer de son milieu de vie vers sa zone de reproduction, on parle de cycle anadrome (Gueguen & Prouzet, 1995). A l'inverse, l'anguille vit en eau douce et se reproduit en mer, le cycle est alors dit catadrome (Feunteun *et al*., 2000).

Parmi les nombreuses espèces de poissons présentes en France, 8 d'entre-elles sont migratrices amphihalines et cinq d'entre-elles ont un statut de protection alarmant (Rochard & Lassalle, 2010). En effet, depuis plusieurs décennies, ces espèces subissent un fort déclin et figurent sur la liste rouge en France métropolitaine de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (www-UICN). Le saumon atlantique (*Salmo salar*) est classé comme quasi menacé, la lamproie de rivière (*Lampetra fluviatilis)* est classée vulnérable, la lamproie marine (*Petromyzon marinus)* est en danger et l'anguille européenne (*Anguilla anguilla)* et l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) sont, quant à eux, classés en danger critique

Tableau 1: Les statuts de protection en France et dans le monde des 8 espèces de poissons migrateurs amphihalins retrouvées en France (www-INPN).

Nom de l'espèce	Nom latin	Statut de protection en France	Dans le monde
Alose feinte	*Alosa fallax*	LC	LC
Anguille européenne	*Anguilla anguilla*	CR	CR
Esturgeon européen	*Acipenser sturio*	CR	CR
Grande alose	*Alosa alosa*	LC	LC
Lamproie marine	*Petromyzon marinus*	EN	LC
Lamproie de rivière	*Lampetra fluviatilis*	VU	LC
Saumon Atlantique	*Salmo salar*	NT et VU dans l'allier	NT
Truite fario	Salmo trutta	LC	DD

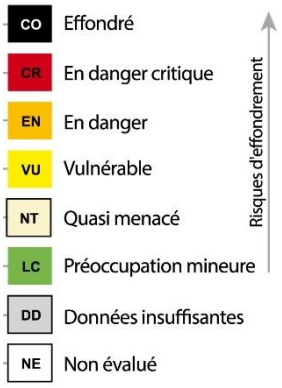


Figure 5 : Les différents statuts de protection de la liste rouge de l'UICN (www-INPN)

Figure 6 : Les 6 espèces de poissons migrateurs présentes en Normandie. (a) Saumon Atlantique, (b) Truite fario, (c) Lamproie marine, (d) Lamproie de rivière, (e) Anguille européenne, (f) Grande alose.

d'extinction (Tableau I ; fig. 5) (www-INPN). De plus, même si les autres espèces migratrices amphihalines ne possèdent pas un statut aussi fort (danger critique d'extinction, en danger, vulnérable ou quasi menacé), elles ne sont que trois à être classées en préoccupation mineure (Tableau I ; fig. 5) (www-INPN). Les causes de ce déclin sont multiples et entravent le bon déroulement de leur cycle de vie. Parmi les causes du déclin, on note, la fragmentation des habitats, la pollution des cours d'eau, la surpêche, la prédation et le changement climatique (Legrand, 2021).

En Normandie, six espèces de poissons migrent dans l'Orne, le saumon atlantique (*Salmo salar*) (fig. 6.a), la truite fario (*Salmo trutta*) (fig. 6.b), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) (fig. 6.c), la lamproie de rivière (*Lampetra fluviatilis*) (fig. 6.d), l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (fig. 6.e) et la grande alose (*Alosa alosa*) (fig. 6f) (comm. pers. S. Girodon). Ce fleuve côtier bas normand prend sa source au cœur du département de l'Orne et coule vers le nord, en traversant le département du Calvados, dont la ville de Caen, jusqu'à joindre la Manche à Ouistreham. Avant de pouvoir retrouver la mer ou au contraire des lieux de reproduction en eau douce, les poissons migrateurs de l'Orne sont ralentis par une trentaine de barrages en activité ou abandonnés (Richard, 1987). Ces ruptures limitent leurs déplacements et entravent leur cycle de vie. Pour assurer leurs passages et éviter d'aboutir à la destruction d'ouvrages, la construction de dispositifs au niveau des barrages peut être envisagée.

3.2. Les passes à poissons, des dispositifs pour la libre circulation des poissons

Les passes à poissons sont des installations créées pour faciliter le passage des poissons migrateurs au niveau d'ouvrages anthropiques comme les barrages, les moulins ou les écluses. Une telle installation peut leur permettre de remonter les cours d'eau, on parle de montaison ou de descendre les cours d'eau, on parle alors de dévalaison.

Les espèces migratrices ont des capacités natatoires différentes qu'il convient de respecter lors de la construction de passes à poissons. Les capacités de nage dépendent de nombreux facteurs, en particulier de l'espèce à laquelle appartient l'individu, de sa taille, de son état physiologique ainsi que des caractéristiques de l'eau. Il faut alors dans un premier temps, se renseigner sur les espèces susceptibles de passer dans les cours d'eau. Dans un second temps, il faut évaluer le type de milieu et la force du débit afin d'ajuster la pente ou même le type de passe. Il résulte ainsi 5 grands types de passes à poissons qui, selon le milieu et selon les espèces présentes dans le cours d'eau, vont être plus ou moins envisageables (Larinier *et al.*, 1995 ; www-lesagencesdeleau).

Figure 7 : Passe à poissons dont le dispositif ne concerne qu'une partie du cours d'eau (Larinier et al., 1995).

Figure 8 : Passe à poissons dont le dispositif requière toute la largeur du cours d'eau (Larinier et al., 1995).

Figure 9 : Passe à poissons dont le dispositif requière de créer une extension de la rivière afin de contourner le barrage (Larinier et al., 1995).

Figure 10 : Photographie de la passe à poissons à bassins successifs installée sur le Trinquelin dans l'Yonne en Bourgogne-Franche-Comté (@FDAAPPMA89).

Les passes vont soit concerner une partie du cours d'eau (fig. 7) et dans ce cas-là elles seront construites entre le barrage et la berge, soit concerner toute la largeur du cours d'eau (fig. 8) ou alors elles peuvent être une extension du cours d'eau (fig. 9) et dans ce cas-là des travaux devront se faire au-delà de la berge afin de former « un deuxième bras » du cours d'eau (Larinier *et al*., 1995).

3.2.1. Les passes à bassins successifs

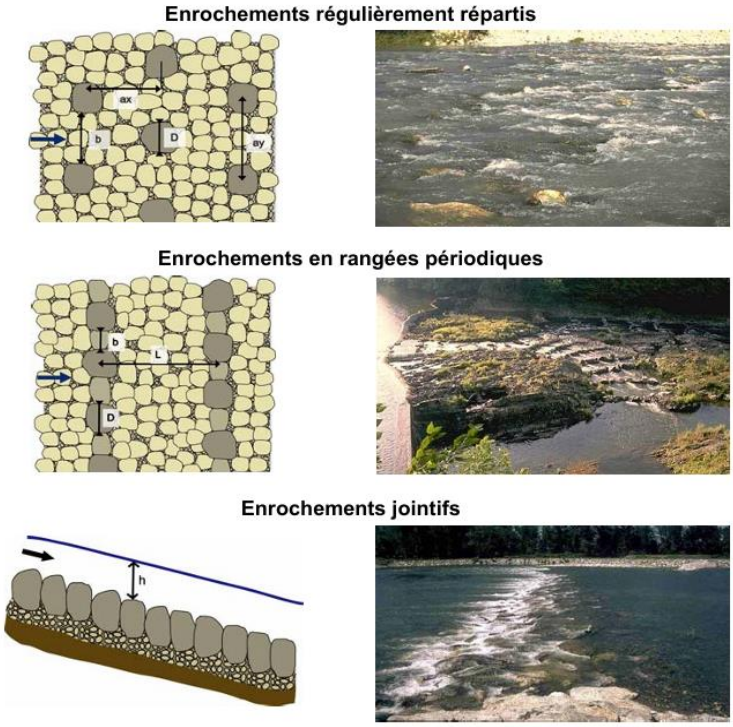
Généralement, ces passes sont adaptées pour des pentes allant de 5 à 10 % et facilitent le passage de la plupart des espèces migratrices (www-lesagencesdeleau). Elles consistent à utiliser une série de bassins séparés entre eux par des cloisons et formant ainsi un escalier. Cela permet de réduire fortement le courant de l'eau (Larinier, 1992 ; www-lesagencesdeleau).

Le Trinquelin est un cours d'eau du département de l'Yonne en région Bourgogne-Franche-Comté (fig. 10). C'est un cours d'eau de première catégorie piscicole et donc un cours d'eau d'intérêt pour l'accueil des espèces de salmonidés qui sont des espèces migratrices (Haury *et al.*, 1991). L'ouvrage hydraulique de l'Abbaye de la Pierre alimentait une centrale hydroélectrique située en aval. La hauteur de chute au niveau de cet ouvrage était infranchissable pour l'ensemble des espèces de poissons et constituait donc un frein à la continuité écologique. En 2010, après concertation avec l'Abbaye et la Fédération de l'Yonne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, des travaux pour l'installation d'une passe à poisson à bassins successifs ont été entrepris (www-observatoire-poissons-seine-normandie).

La passe à bassin a permis de diviser en plusieurs petites chutes le dénivelé du barrage pour que celui-ci soit plus facile à franchir. De surcroît, plusieurs éléments ont été pris en compte pour sa réalisation et ont contribué à sa réussite : la réflexion au préalable incluant la nécessité de réaliser un dispositif permettant le passage de tous les individus, de limiter au maximum les blessures ou le stress des poissons lors de leur passage, de rendre facilement trouvable le dispositif ; la réalisation d'une étude hydraulique et d'une étude sur l'installation d'une passe avant les travaux visant à concilier la restauration de la continuité écologique et la préservation de l'activité hydroélectrique (www-observatoire-poissons-seine-normandie).

3.2.2. Les passes à ralentisseurs

Ce type de passes est utilisé pour réduire fortement les vitesses d'écoulement sur un obstacle. Elles sont sélectives et conviennent mieux aux salmonidés (Larinier *et al*., 2006). Pour ce type de passes, on parle de passes « naturelles », car elles consistent à utiliser des matériaux naturels en organisant des enrochements sur le fond du cours d'eau, contrairement aux autres



ax ou L = longueur de séparation entre deux lignes d'enrochement consécutives

b ou ay = distance entre deux blocs rocheux de la même ligne

D = largeur du bloc rocheux

h = hauteur du niveau d'eau

Figure 11 : Schémas et photographies des trois principaux modes de construction des enrochements (des modes différents de disposition de blocs rocheux) permettant de réduire fortement la vitesse de l'eau (Larinier et al., 2006).

Figure 12 : Vannage du pont de l'acre avant les travaux de la rivière de contournement (FDAAPPMA 14).

Figure 13 : Vannage du Pont de l'Acre après les travaux. La rivière de contournement est aménagée de blocs en béton, les berges ainsi que le fond de la rivière sont eux, aménagés avec des pierres (FDAAPPMA 14).

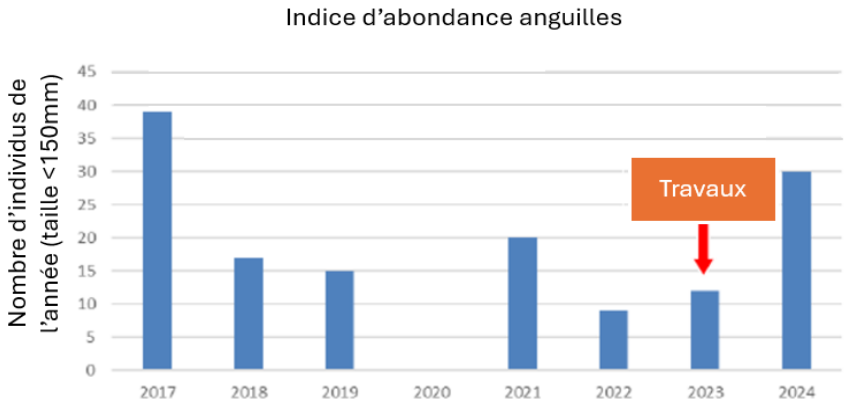


Figure 14 : Histogramme de l'indice d'abondance anguilles entre les années 2017 et 2024, soit avant et après les travaux d'installation de la rivière de contournement. Le nombre d'individus est déterminé grâce à une station de suivi d'anguilles située en amont du vannage du Pont de l'Acre (FDAAPPMA 14).

types de passe dites « techniques » et qui sont construites généralement en béton armé (Larinier *et al*., 2006).

En fonction de la manière dont est dissipée l'énergie du courant, 3 modes d'enrochements peuvent convenir (fig. 11) (Larinier *et al*., 2006). Pour la construction de ce type de dispositif, plusieurs éléments sont à prendre en compte. D'abord, le franchissement en une traite d'une passe à ralentisseurs demande un effort intense aux migrateurs, c'est pourquoi il est préférable de prévoir des bassins de repos tous les deux mètres de chute environ (Larinier *et al*., 2006). Ensuite, afin que les poissons ne se heurtent pas aux rochers lors d'un changement de direction, il est recommandé de construire des ralentisseurs rectilignes et de prévoir des bassins de repos lors d'un changement de direction (Larinier *et al*., 2006).

3.2.3. Les rivières de contournement

Les rivières de contournement sont des dispositifs reproduisant le fonctionnement des cours d'eau sur le même tronçon hydraulique, mais à côté du lit de la rivière sur lequel se trouve le barrage (Larinier *et al*., 2006).

A l'Est des marais du Cotentin et du Bessin, en Normandie, six ouvrages hydrauliques, gérés par l'Association Syndicale Autorisée (ASA) de la Vallée de l'Aure Inférieur, influençaient le réseau hydrographique (www-observatoire-poissons-seine-normandie). Ils maintenaient l'eau à niveau et garantissait l'alimentation en continue des fossés pour soutenir les activités agricoles et la chasse. Parmi eux, le vannage du Pont de l'Acre constituait un obstacle à la continuité écologique en raison de sa hauteur de chute d'eau qui s'élevait à 0,85 mètres en période de basses eaux (fig. 12) (www-observatoire-poissons-seine-normandie). Ce vannage était ainsi infranchissable pour l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et le brochet (*Exos lucius*). La fédération du Calvados pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique s'est portée maître d'ouvrage des travaux d'aménagement d'une rivière de contournement, équipée d'une passe à poissons, pour rétablir le potentiel piscicole du cours d'eau.

Les travaux ont eu lieu de juillet à octobre 2023. Sur le tronçon de contournement du cours d'eau, des seuils en béton armé franchissables ont été installés pour réduire le courant de l'eau et ont été équipés de rampes rugueuses pour permettre la reptation des anguilles (fig.13) (www-observatoire-poissons-seine-normandie). Ces travaux se sont montrés fructueux puisqu'ils ont permis de rétablir la continuité écologique du site. En effet, les résultats de 2024 sont prometteurs comme le témoigne la figure 14 (www-observatoire-poissons-seine-normandie). L'indice d'abondance anguilles sur une station située en amont du vannage du Pont de l'Acre a triplé entre 2023 et 2024 (www-observatoire-poissons-seine-normandie).

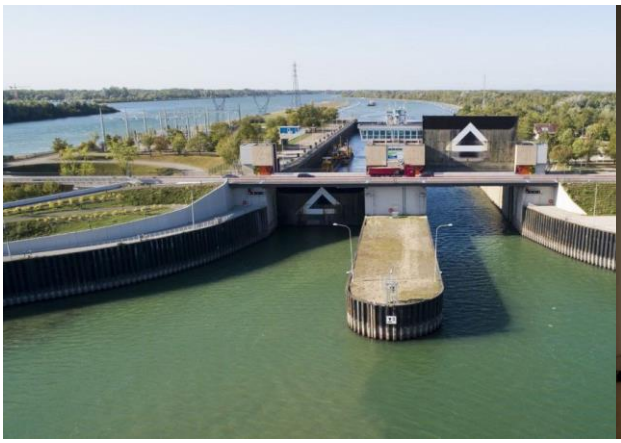


Figure 15 : Passe à écluses construite à Gambsheim en Alsace en 2006 (www-mairie-gambsheim).

Figure 16 : Salle d'observation ouverte au public permettant d'observer les poissons traversants la passe à écluses de Gambsheim en Alsace (www-mairie-gambsheim).

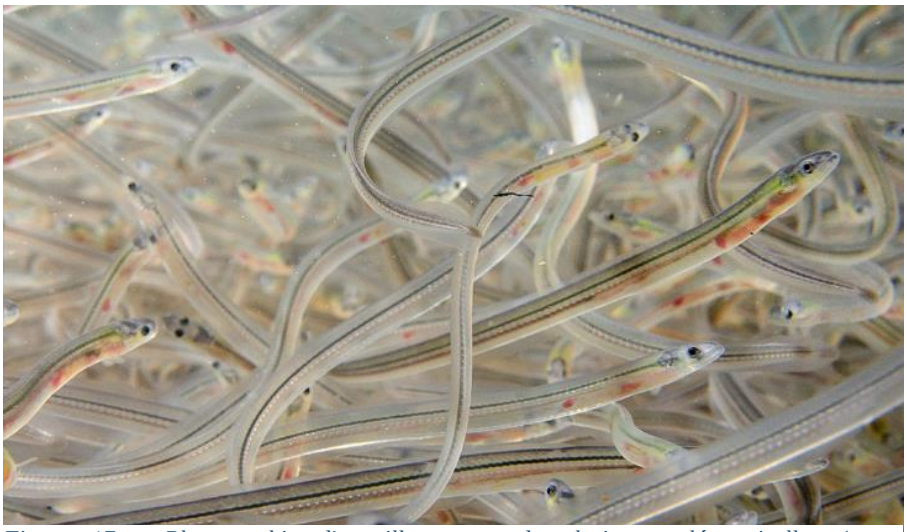


Figure 17 : Photographie d'anguilles au stade alevin appelées civelles (www-migrateursrhônemediterranee)

Figure 18 : (à gauche) Passe à anguilles composé d'une rampe rugueuse (à droite) sur une écluse dans le Marais Poitevin (www-marais-poitevin).

Bien que la passe contribue probablement à cette embellie, il reste difficile de l'affirmer. Il faudrait des suivis post-travaux de 3 ou 4 années supplémentaires pour voir si la tendance se confirme (comm. pers. R. Dufour).

3.2.4. Les passes à écluses

Les passes à écluses permettent d'aider les poissons pour le franchissement du cours d'eau, soit avec un ascenseur et donc une aide mécanique soit avec des écluses et donc une aide hydrologique. Ce type de passe est généralement très sélective et convient mieux aux poissons de grandes tailles comme les saumons ou les truites (Larinier *et al.*, 2006). Elle fonctionne selon le même principe qu'une écluse de navigation, c'est-à-dire que les poissons migrateurs sont piégés dans un sas puis éclusés dans la rivière (Larinier *et al.*, 2006).

A Gambsheim en Alsace, une passe à écluses pour les poissons a été installée en 2006, suite à la construction de la centrale hydroélectrique sur le Rhin, qui empêchait la montaison des poissons migrateurs (fig. 15) (Baran, 2010). Pour sensibiliser le public sur l'importance d'assurer la continuité écologique des milieux aquatiques, un espace dédié aux visiteurs a été aménagé un an après la mise en place de la passe (fig.16). Ils sont ainsi invités à venir regarder le passage des poissons dans une salle d'observation et à visiter l'espace muséographique sur l'écosystème du Rhin et les poissons qui le peuplent (www-mairie-gambsheim).

En 2018, les chiffres de migrations au niveau de la passe de Gambsheim sont encourageants pour les anguilles. En effet, elle a permis le passage de plus de 70 000 anguilles contre environ 10 000 les 5 années précédentes. En revanche, elle n'a permis le passage que de 28 Grande Alose, contre 61 les autres années, de 18 lamproies marines contre 28 les autres années, de 49 saumons contre 82 les autres années et de seulement 32 truites de mer contre 82 les autres années (Schaeffer & De France, 2013 ; www-mairie-gambsheim).

3.2.5. Les passes à anguilles

Comme son nom l'indique, ce type de passe est spécifique à l'anguille et en particulier aux civelles, alevins d'anguilles, qui migrent vers les eaux douces pour se développer (fig. 17). Les individus de cette espèce ont de faibles capacités natatoires qui rendent difficile leur ascension au travers des barrages (Adam *et al.*, 2008). C'est pourquoi, les installations qui assurent le passage des anguilles se composent, d'une rampe leur permettant de progresser en rampant, et d'un bassin situé en amont du barrage, afin d'éviter qu'elles ne soient entraînées vers l'aval par le courant, lorsque ces dernières sont parvenues en haut de la rampe (fig. 18) (Larinier *et al.*, 2006). Ce type de passe peut accompagner une autre passe à poissons.

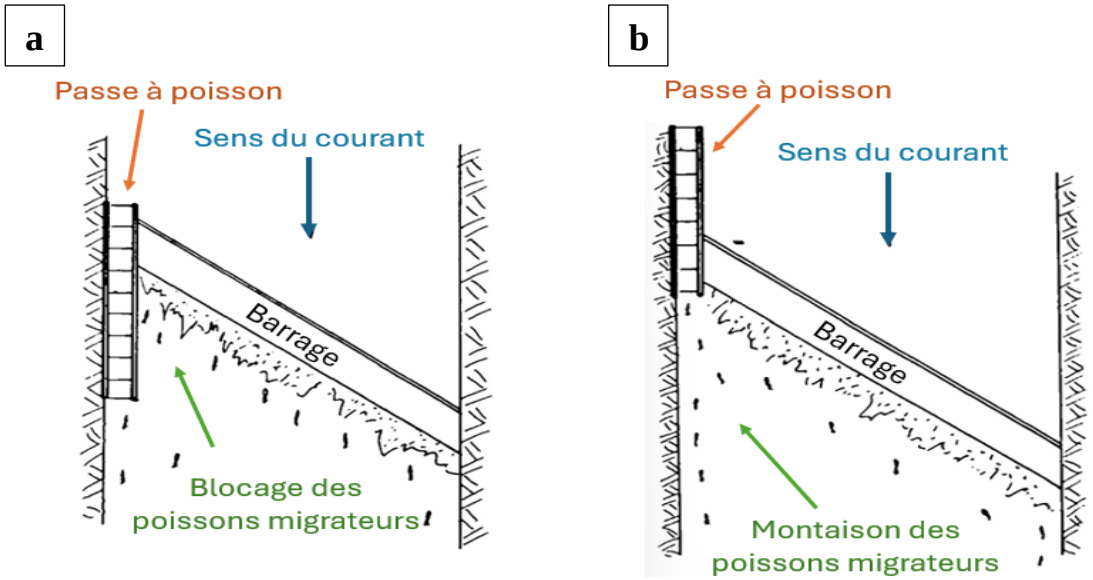


Figure 19 : Conception incorrecte d'une passe à poisson au niveau d'un barrage car elle bloque les poissons (a). Conception correcte d'une passe à poisson au niveau d'un barrage (b) (Larinier, 1983)

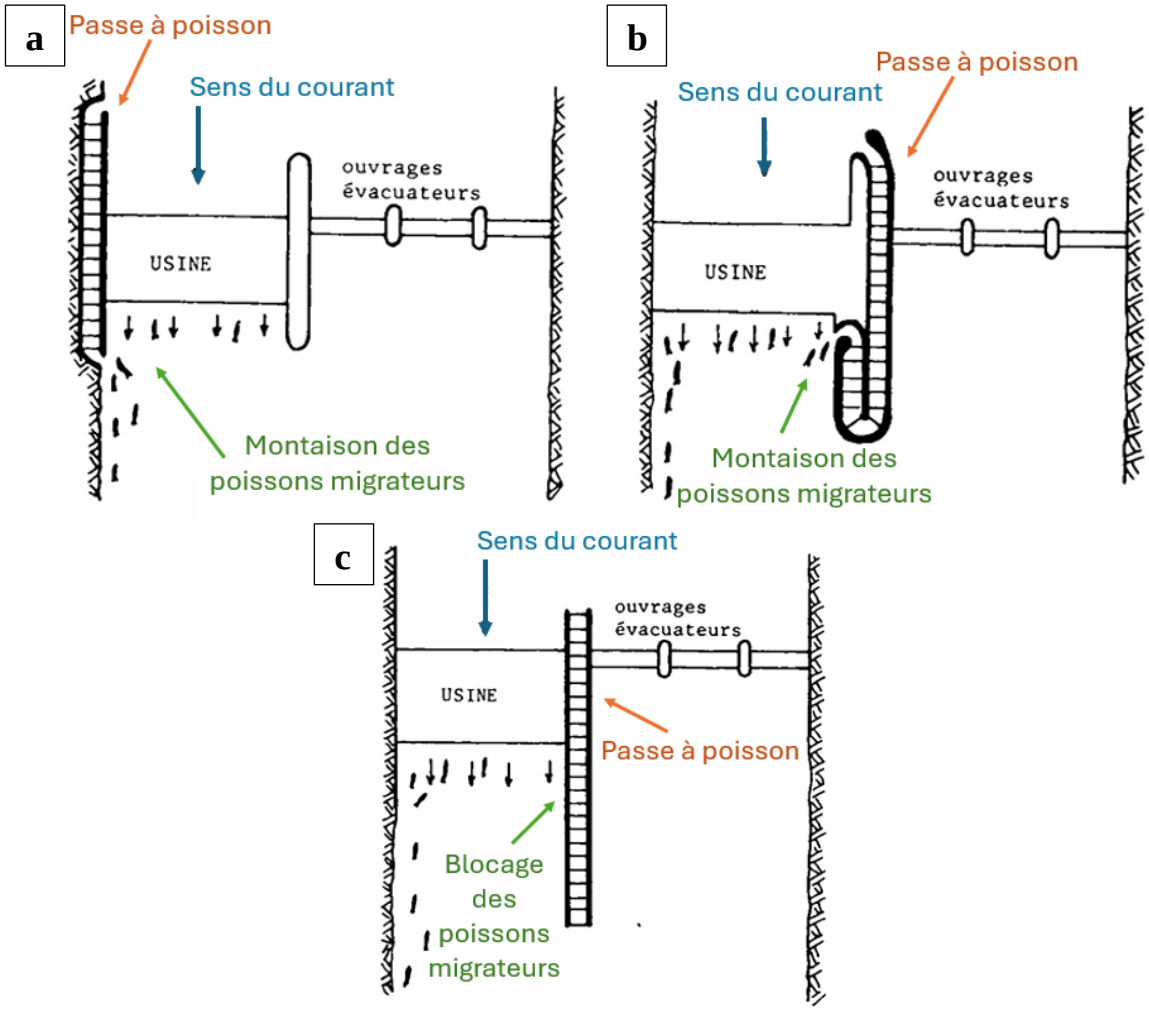


Figure 20 : Conception correcte d'une passe à poisson située à gauche d'une usine (a). Conception correcte d'une passe à poisson située à droite d'une usine (b). Conception incorrecte d'une passe à poisson située en amont d'une usine (c) (Larinier, 1983)

3.3. La mise en place d'une passe à poisson

Pour installer une passe à poissons, il faut prendre en compte l'ensemble des espèces de poissons présentes dans le cours d'eau afin de ne pas ralentir ou de déjouer la migration d'une ou plusieurs espèces (Elie & Rigaud, 1987). Il convient également de réfléchir à l'installation de la passe, en prenant en considération le type d'obstacle et l'environnement autour de ce dernier (Elie & Rigaud, 1987).

Au niveau d'un obstacle ou d'un aménagement hydroélectrique, la passe implantée doit permettre de faciliter le passage des poissons (Larinier, 1983). Si cette dernière est située trop en aval de l'obstacle, des individus peuvent se retrouver bloqués entre la passe et l'obstacle (fig. 19.b) (Larinier, 1983). Il convient donc de construire une passe dont l'entrée est située en amont de l'infrastructure (fig 19.a) (Larinier, 1983). De plus, pour ne pas piéger les poissons et les blesser, il est recommandé d'installer la passe sur l'un des côtés de l'infrastructure (fig. 20.a et b) car sinon les individus restent bloqués près des turbines (fig. 20.c) (Larinier, 1983).

Parfois, sur certains projets d'implantation de passe, une station de vidéocontrôle peut être installée. Elle permet de suivre les effectifs de poissons migrateurs au niveau de la passe et donc d'améliorer la connaissance sur ce point, elle permet également, lorsqu'elle est ouverte au public, de jouer un rôle pour la sensibilisation. Ce type de dispositif a par exemple été installé au niveau du plus grand barrage d'estuaire en Europe, le barrage d'Arzal, situé en Bretagne (Briand *et al.*, 2016).

4. Un exemple de poisson migrateur, l'anguille européenne

4.1. Le cycle de vie de l'anguille européenne

Au niveau mondial, dix-neuf espèces et sous-espèces d'anguilles sont recensées. Dans l'océan Atlantique, on retrouve l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et l'anguille américaine (*Anguilla rostrata*) (Adam *et al.*, 2008 ; Marty *et al.*, 2014). Du fait des chevauchements des périodes et des zones de reproduction en mer des Sargasses, ces deux espèces d'anguilles peuvent s'hybrider (Adam *et al.*, 2008).

Les anguilles sont connues pour se reproduire à un seul endroit, en mer de Sargasse (Cresci, 2020). Chez l'anguille européenne, le nombre d'œufs est estimé à 1 million en moyenne par kg de femelle. En raison des conditions du milieu et de la prédation, seule une partie des œufs écloront (Adam *et al.*, 2008). A terme, ils donneront des leptocéphales, anguilles en phase larvaire. C'est le premier stade de migration de l'anguille. En effet, elles migrent passi-

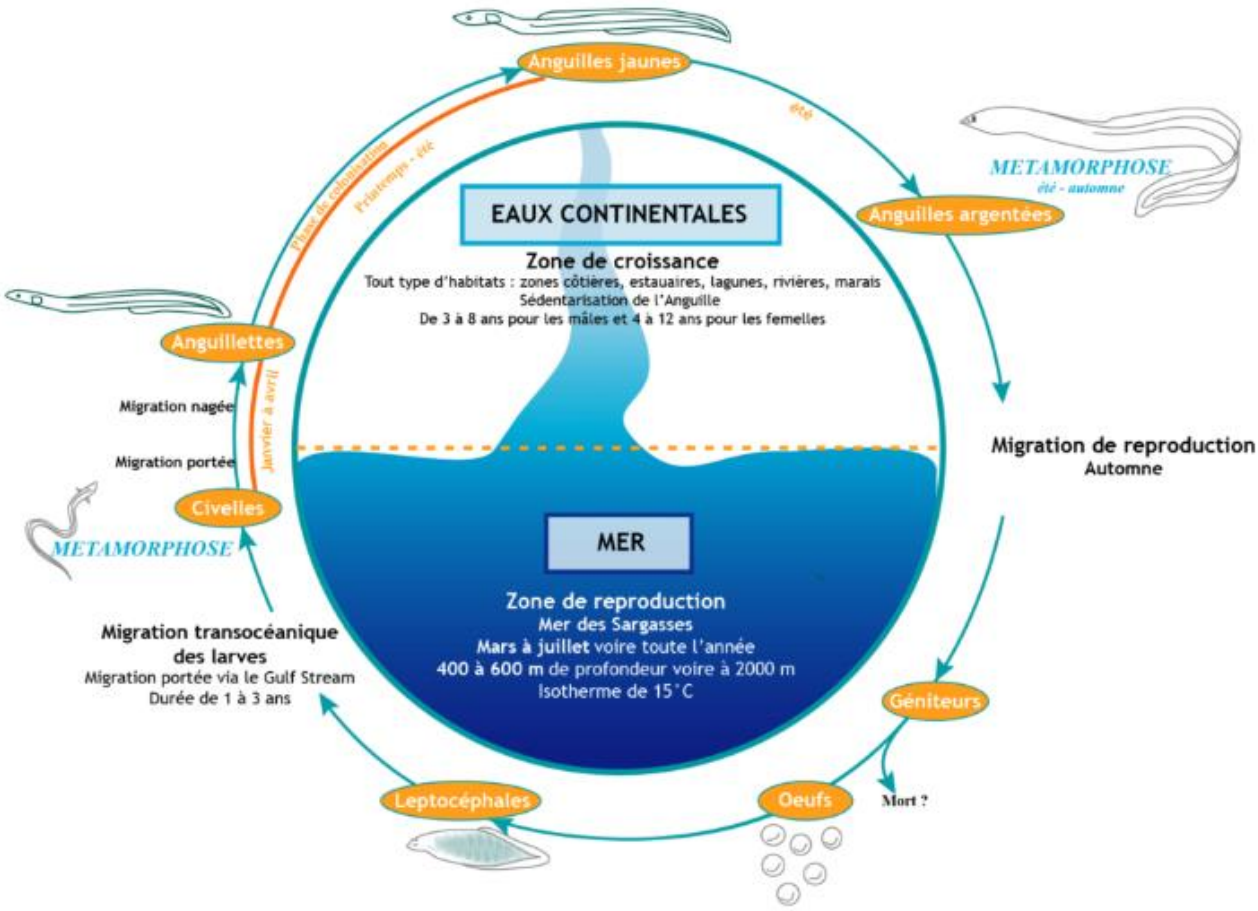


Figure 21 : Cycle de vie de l'anguille Européenne (Anguilla anguilla), du stade d'œufs au stade adulte et précision sur les migrations de cette espèce entre les eaux continentales et la mer des Sargasses (www-migrateursrhonemediterranee).

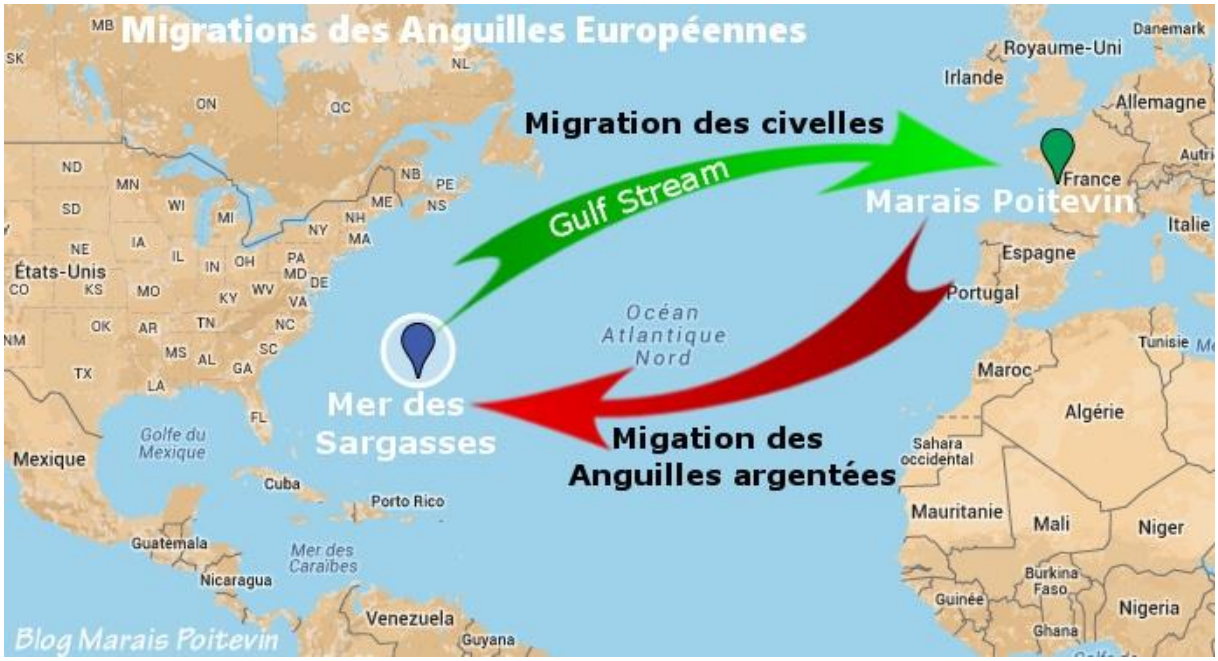


Figure 22 : Carte de l'océan Atlantique Nord montrant la migration océanique des civelles vers les côtes françaises qui se fait grâce aux courant du Gulf Stream (en vert), ainsi que la migration des anguilles adultes vers la mer des Sargasses pour leur reproduction (en rouge) (www-marais-poitevin).

vement grâce aux courant appelés Gulf Stream dans l'océan Atlantique et dans les mers, et se métamorphosent en civelles, alevins d'anguille (fig. 21 ; fig. 22) (Cresci, 2020). Lorsque les civelles atteignent les estuaires, elles apparaissent transparentes. Au fur et à mesure, elles développent des pigmentations qui font apparaître les pigments cérébraux et caudaux (Adam *et al*., 2008). C'est généralement sous cette forme que les civelles sont pêchées. De janvier à avril, les civelles migrent vers les bassins versants et les cours d'eau en se laissant porter par les courants, puis en nageant. Lors de ces migrations, elles gagnent encore en pigmentation jusqu'à devenir des anguillettes, stade où l'individu est totalement pigmenté (Cresci, 2020). Au printemps et en été, les anguilles deviennent jaunes et ont un comportement de plus en plus benthique, c'est-à-dire qu'elles passent d'un comportement de type pélagique et passif à un stade actif et autonome, elles sont nommées alors anguilles jaunes et forment la phase sédentaire (fig. 21) (Adam *et al*., 2008).

Une étude de Feunteun et de ses collaborateurs (2003) a montré qu'il était possible de classer les comportements migratoires des anguilles en quatre catégories : les fondateurs qui se sédentarisent lorsqu'ils trouvent un habitat favorable, les pionniers qui migrent le plus vers l'amont du cours d'eau, les résidents qui s'établissent sur une aire durant plusieurs années et enfin, les nomades qui migrent d'un habitat à un autre afin de s'alimenter ou de s'établir transitoirement.

Lorsque les anguilles ont atteint le stade adulte, elles sont nommées anguilles argentées, c'est à ce stade que la migration pour la reproduction a lieu (fig. 21) (Adam *et al*., 2008). Plusieurs conditions de croissance vont entrer en jeu pour que l'anguille devienne adulte et de couleur argentée. En effet, cela dépend de leur répartition latitudinale, puisqu'au sud de l'Europe, elles deviennent argentées plus rapidement (Adam *et al*., 2008). Cela dépend aussi du type d'écosystème et des ressources trophiques disponibles dans le milieu dans lequel elles ont grandi (Adam *et al.*, 2008). Parmi les anguilles ayant séjournées en eau douce, une partie reviendra en zone salée ou saumâtre quelques mois ou quelques années après leur développement afin de s'y reproduire (fig. 22) (Adam *et al.*, 2008 ; www-Observatoire-des poissons-migrateurs-Bretagne). Pour la reproduction, c'est une migration de dévalaison. Cette migration est sous l'influence de plusieurs paramètres : les saisons, les latitudes, les obstacles, les variations de certains paramètres environnementaux tels que la température, le débit, la conductivité de l'eau et la pression atmosphérique (Adam *et al.*, 2003). Pour atteindre l'aire de reproduction, les anguilles s'aideraient de certains mécanismes physiologiques complexes leur permettant de s'orienter vers l'ouest puis jusqu'à la mer des Sargasses (Adam *et al.*, 2008 ;

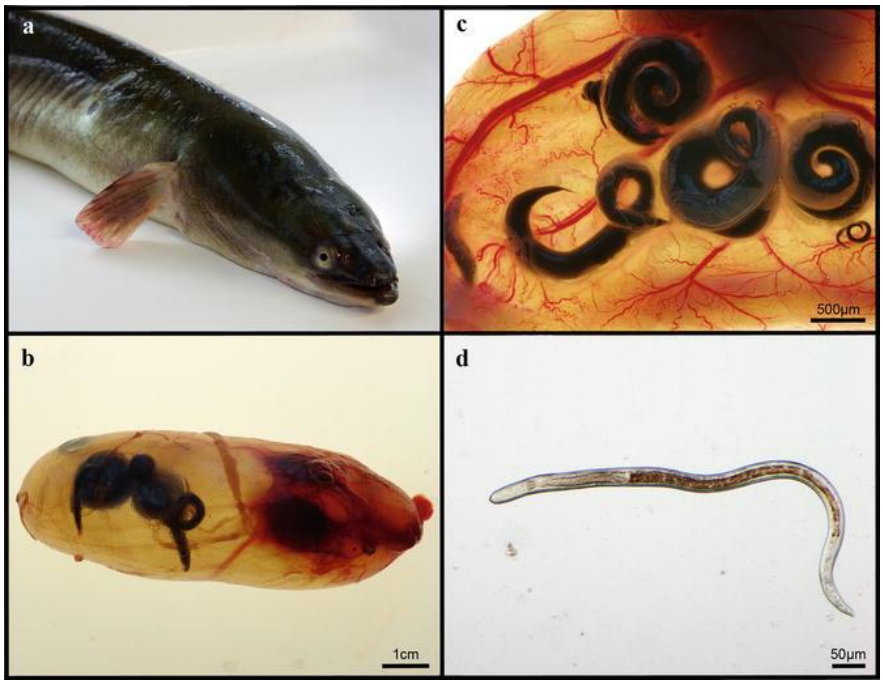


Figure 23 : (a) Photographie d'une anguille européenne ayant été infestée par Anguillicola crassus. (b) Vessie natatoire de l'anguille colonisée par le parasite Anguillicola crassus. (c) Zoom sur la vessie et le parasite. (d) photographie d'une observation microscopique d'Anguillicola crassus (©H.Mehlhorn).

Cresci, 2020). Ayant une reproduction inféodée à une seule mer et une migration dépendante de plusieurs paramètres, l'anguille européenne est sujette à de fortes contraintes.

4.2. Les problématiques que rencontrent l'anguille européenne

L'anguille européenne est une espèce dont les effectifs de sa population diminuent depuis les années 80 en raison : de la surpêche, des obstacles à sa migration, de la pollution des cours d'eau et de certains agents pathogènes auxquels elles sont sensibles (Sauvaget *et al*., 2003).

Actuellement, une anguille sur deux est touchée par une maladie apportée accidentellement du Japon, l'anguillicolose (Duhec *et al.*, 2009). *Anguillicola crassus* infeste la vessie natatoire et fragilise les individus durant la nage (fig. 23) (Sauvaget *et al*., 2003).

Les barrages posent un problème pour la migration des anguilles. Ils sont construits de plus en plus haut, ce qui limite la progression des individus dans les cours d'eau, d'autant plus que les capacités natatoires des anguilles sont limitées comparées aux autres espèces migratrices amphihalines (Elie & Rigaud, 1987 ; Lassalle, 2008).

Les poissons migrateurs amphihalins sont d'une grande importance écologique dans les écosystèmes aquatiques (Cadet, 2021 ; Lassalle, 2008). Ils sont également depuis toujours d'une grande importance économique. L'anguille européenne a longtemps été sujette aux prélèvements durant les activités de pêche, et ce, durant les différents stades de sa vie (Duhec *et al.*, 2009). L'anguille a une croissance lente et une durée de vie longue, ce qui, par conséquent, a conduit à de longues périodes de déclin, notamment lorsque le taux de prélèvement durant les pêches était trop élevé (Lassalle, 2008). Depuis les années 80, les prélèvements ont conduit à une régression brutale des stocks de l'anguille européenne (Keith *et al*., 2011). Aujourd'hui, on parle plus d'un effondrement, avec une diminution du recrutement des civelles de plus de 90 % (Lassalle, 2008).

En plus des pressions anthropiques qui ont un impact sur les anguilles et les poissons migrateurs en général, s'ajoute le réchauffement climatique. Le réchauffement a un effet sur la phénologie et sur la distribution des espèces animales (Legrand, 2021). L'analyse des calendriers de migration mis en avant dans la thèse de Legrand en 2021, a montré qu'il y avait une avancée globale des dates de migration de l'ensemble des espèces migratrices amphihaline excepté les civelles. De plus, l'air de distribution d'une espèce, regroupant les zones ainsi que les gammes de conditions environnementales dans lesquelles les populations d'une espèce vivent, peuvent changer et se déplacer vers des pôles ou des altitudes où les conditions y sont

Figure 24 : Le barrage de Montalivet situé à Caen sur le fleuve de l'Orne. Ce barrage, assez haut, est muni d'une passerelle permettant le passage des piétons d'un côté de l'Orne à l'autre (© F. Monier).

plus favorables (Rochard & Lassalle, 2010). Pour les poissons migrateurs amphihalins, ces déplacements ont été montrés, excepté chez l'anguille (Lassalle, 2008). En revanche, du fait de la présence d'une seule aire de reproduction et de l'ensemble des conditions que requière le bon déroulement de son cycle de vie, l'anguille peut être très perturbée si les changements globaux venaient à modifier son environnement.

4.3. Des solutions pour la pérennité de l'anguille européenne en France

Suite à l'effondrement des effectifs des poissons migrateurs emblématiques de nos cours d'eau, des plans de gestion ont vu le jour partout en France pour protéger ces espèces (Legrand, 2021). L'anguille européenne bénéficie même depuis 2010 d'un plan de gestion national (Legrand, 2021). En effet, un règlement européen pour la gestion du stock d'anguilles a été voté et impose aux Etats membres de rédiger un Plan de Gestion Anguille (PGA) (Duhec *et al*., 2009). C'est ainsi qu'en France, les ministères en charge des pêches maritimes et de l'écologie, ont décliné un PGA National en 2008 (Duhec *et al*., 2009). Il est entré en œuvre le 1er juillet 2009 et est appliqué sur certains territoires comme l'Adour, l'Artois Picardie, la Bretagne, la Corse, la Garonne, la Loire, la Meuse, le Rhin, le Rhône Méditerranée et la Seine Normandie (Duhec *et al.*, 2009). Le PGA met en œuvre des mesures pour restaurer cette espèce en danger. Il s'appuie sur la réduction des pressions humaines via des quotas de pêches, la réduction des contaminations chimiques dans les milieux aquatiques et l'installation de passes à anguilles sur les ouvrages hydrauliques (Legrand, 2021). Il s'appuie également sur la restauration des habitats en améliorant la qualité des eaux et en réhabilitant les zones humides et les habitats propices au développement des anguilles (Legrand, 2021). Enfin, il s'appuie sur une gestion adaptative, basée sur la surveillance scientifique, en mettant en place des suivis des populations pour évaluer l'efficacité des mesures (Legrand, 2021 ; www-professionnel-ofb).

En plus du PGA, pour permettre la restauration de son stock, le ministère de la transition écologique et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, avec le soutien technique et financier de l'OFB, mettent en place des programmes de repeuplement de l'anguille dans les différents territoires sur lesquels s'applique le PGA (Legrand, 2021).

5. Cas particulier du barrage de Montalivet

Le barrage de Montalivet est un ouvrage construit en 1908 sur l'Orne au niveau du port de Caen (fig. 24) (www-portsdenormandie). Sa fonction est avant tout économique, car il permet de maintenir un niveau d'eau constant de l'Orne pour accueillir les navires de commerce du

Figure 25 : Passe à poissons actuel du barrage de Montalivet sur l'Orne, à Caen. Le débit d'eau au travers de la passe est fort et ne permet pas aux poissons migrateurs de franchir le barrage (www-portsdenormandie).

canal maritime de Caen à la mer et protéger la ville contre les inondations (www-portsdenormandie).

5.1. Les problématiques causées par ce barrage

Actuellement ce barrage ne permet pas d'assurer la continuité écologique de l'Orne. La passe à poisson présente sur le barrage n'est pas aux normes et met en péril la biodiversité du fait d'un manque de libre circulation des espèces animales et des sédiments dans le cours d'eau (fig. 25) (www-portsdenormandie).

Dans l'Orne, plusieurs espèces migratrices amphihalines, comme l'anguille européenne, la truite de mer, le saumon atlantique, les lamproies marine et de rivière, ainsi que la grande alose, voient leur migration bloquée par des ouvrages (comm. pers. S. Girodon). Ces obstacles nuisent à leur reproduction et provoquent une rupture de la continuité écologique. De plus, les poissons bloqués en amont attirent des prédateurs tels que les cormorans, dont la prédation réduit les populations de migrateurs et engendre des nuisances, comme les fientes sur les passerelles piétonnes des barrages (Lutz, 2021).

5.2. Un enjeu pour les anguilles

Une étude de monitoring du plan de gestion anguille français menée par Garot en 2012 a montré que sur l'Orne, on note seulement 41 % de colonisation active par les anguilles. Ce pourcentage s'explique par la forte mortalité que rencontrent les jeunes anguilles lors de leur trajet de la mer vers les cours d'eau. En effet, le barrage de Montalivet en fond d'estuaire, altère dans un premier temps l'arrivée des anguilles qui remontent les rivières (Garot, 2012). Les jeunes anguilles de l'année, se retrouvent bloquées en aval du barrage et ne peuvent pas passer. En conséquence, leur nombre au-delà du barrage est très faible, ce qui affecte le renouvellement de la population d'anguilles dans le fleuve (Garot, 2012).

Si certaines des anguilles parviennent à passer ce barrage, elles font face à d'autres obstacles, dont celui de Saint-Rémy et celui de Saint-Philbert qui bloquent leur accès et font chuter drastiquement les effectifs des plus jeunes individus (Garot, 2012).

Pour évaluer l'impact des barrages, des études d'abondance des anguilles sont menées. Elles sont essentielles pour l'amélioration des ouvrages. C'est le cas de l'étude de Garot qui s'est révélée être un outil efficace pour relever, avec précision, l'impact des obstacles sur la continuité écologique des cours d'eau de Normandie et proposer ainsi des solutions.

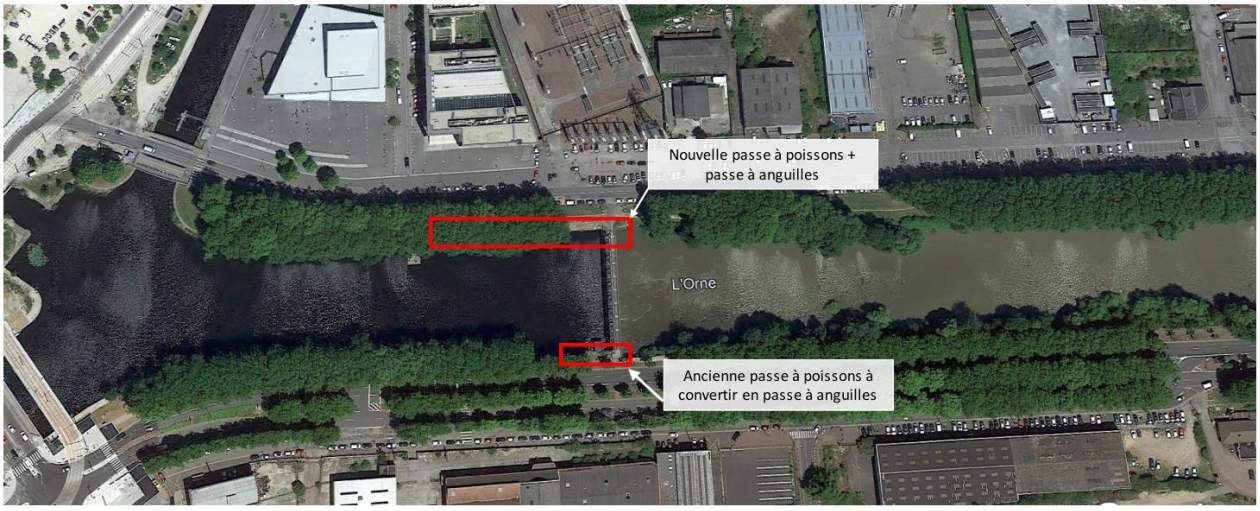


Figure 26 : Les changements apportés sur le barrage de Montalivet pour le projet d'amélioration du passage des poissons migrateur sur l'Orne (www-portsdenormandie).

5.3. Mise à niveau environnementale du barrage de Montalivet

En 2009, l'Etat a lancé un plan de restauration de la continuité écologique des cours d'eau. Le plan avait plusieurs objectifs, dont celui d'aménager ou d'effacer 1 200 ouvrages transversaux classés prioritaires dans la restauration de la continuité écologique des cours d'eau (www-ofb). Ce plan s'est heurté au mécontentement des propriétaires de moulins hydrauliques (Alp *et al*., 2024). C'est pourquoi en 2019, un nouveau plan d'actions voit le jour et a pour objectif de mieux prendre en compte l'ensemble des parties prenantes (Brandeis & Michel, 2016). Il prévoit ainsi la protection des espèces et la restauration des milieux aquatiques, le développement des énergies renouvelables, la conservation du patrimoine culturel et paysager, la pratique et le développement des sports et loisirs nautiques et le développement de la production aquacole (www-ofb).

Des projets de démantèlement d'ouvrages ont tout de même vu le jour. Ils ont été et sont encore le sujet de débats politiques, écologiques et sociétaux (Soissons & Roussel, 2021). Par exemple, sur le fleuve de la Sélune, dans le département de la Manche, deux grands barrages EDF ont été supprimés, le barrage de Vezins de 36 mètres de haut retiré en 2019 et le barrage de La-Roche-Qui-Boit de 16 mètres de haut retiré en 2022. Cela a permis le retour du saumon atlantique, de l'anguille européenne et de la lamproie marine dans la Sélune (www-eau-seine-normandie). En revanche, aucune conséquence sur l'accumulation de sédiment en aval, sur le risque d'inondation et sur les perturbations de l'équilibre écologique n'a été démontrée, c'est pourquoi, afin de mieux comprendre les mécanismes de la restauration du fleuve, un programme scientifique qui a débuté en 2012 se poursuivra jusqu'en 2027 (Malavoi & Salgues, 2011 ; Soissons & Roussel, 2021).

Le barrage de Montalivet est nécessaire pour maintenir un niveau d'eau constant à Caen, le démantèlement de ce dernier est donc impossible. Or, l'état actuel du barrage de Montalivet nécessite d'être amélioré pour la libre circulation des poissons migrateurs de l'Orne. Un projet, en cours prévoit d'installer une nouvelle passe à poissons et une passe à anguilles sur le côté du barrage où rien n'est encore installé, ainsi que de convertir l'ancienne passe à poissons en passe à anguilles (fig. 26) (www-PortsdeNormandie).

6. Conclusion

In fine, les barrages, bien qu'indispensables pour répondre à des besoins énergétiques, hydriques et agricoles, engendrent des impacts notables sur la continuité écologique. Effective-

ment, ils entravent la libre circulation des poissons migrateurs et perturbent ainsi les écosystèmes aquatique, compromettant alors la biodiversité et l'équilibre naturel des rivières. Les projets de démantèlement de barrages, bien qu'ils puissent répondre à des enjeux écologiques cruciaux, suscitent souvent des conflits entre les parties prenantes en raison des intérêts économiques, culturels et environnementaux divergents. Afin de concilier les activités des barrages avec les besoins de conservation des espèces aquatiques migratrices, des solutions techniques telles que les passes à poissons ont été développées. Les passes permettent en partie de restaurer la continuité des cours d'eau, offrant aux poissons migrateurs des voies alternatives pour franchir les obstacles. Leur efficacité dépend de leur conception et de leur entretien, ce qui nécessite une concertation continue entre les acteurs impliqués.

Références bibliographiques :

Adam G, Feunteun E, Prouzet P, Rigaud C (2008). L'anguille européenne. L'anguille européenne : indicateurs d'abondance et de colonisation. Quae, Paris. 391 pp.

Alla YMK, Liu L (2021). Impacts of dams on the environment: a review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* **6**: 1-11.

Alp M, Arnaud F, Barthélémy C, Bernez I, Clemens A, Cottet M, Dufour S, Germaine M-A, Gramaglia C, Grivel S, Le Pichon C, Lespez L, Lusson M, Navratil O, Piégay H, Prunier J-G, Rollet A-J, Tales E, Lamouroux N (2024). Restaurer la continuité écologique des cours d'eau : que sait-on et comment passer collectivement à l'action ? *VertigO – revue électronique en sciences de l'environnement* **24** : 1-47.

Baran P (2010). Atténuer l'impact des ouvrages transversaux sur les cours d'eau (II) – Solutions techniques pour la montaison et la dévalaison. *Techniques Sciences Méthodes* **10** : 39-48.

Berkowitz H, Clarke AC (2014). Le problème de la surpêche et sa gestion. *Le Libellio d'AEGIS* **10** : 37-42.

Billard C, Bernard V (2016). Les barrages à poisons au Mésolithique. Une économie de prédation ou de production ? *In : C Dupont, G Marchand (Eds.) Archéologie des chasseurs-cueilleurs maritimes. De la fonction des habitats à l'organisation de l'espace littoral/Archaeology of maritime hunter-gatherers. Frome settlement function to the organization of the coastal zone*. Société préhistorique française, Paris, pp. 113-125.

Billard C, Daire MY (2019). L'émergence d'une archéologie des installations de pêche de l'estran : les barrages à poissons. *Les nouvelles de l'archéologie* **156** : 21-27.

Brandeis A, Michel D (2016). Concilier la continuité écologique des cours d'eau avec la préservation des moulins patrimoniaux, la très petite hydroélectricité et les autres usages : pour un développement durable et partagé. Rapport d'état des lieux du conseil général de l'environnement et du développement durable – CGEDD, Paris. 296 pp.

Briand C, Sauvaget B, Eriau G (2016). Volet poissons migrateurs 2015-2021. Suivi scientifique des migrations de poissons de la passe à bassins du barrage d'Arzal, Vilaine. 35pp.

Brun A (2009). Gestion de l'eau en France. *Economie rurale. Agricultures, alimentation, territoires* **309** : 4-8.

Cadet P (2021). Et si pour sauver les poissons migrateurs, il fallait sauver l'eau ? *Moulins de France* **126** : 34 – 37.

Cresci A (2020). A comprehensive hypothesis on the migration of european glass eels (Anguilla Anguilla). *Biological Reviews* **95** : 1273-1286.

Duhec A, Delorme Mo, Hénaut A (2009). La gestion des ressources d'anguille : enjeu européen et problématiques locales. *Sciences Eaux & Territoires* **60** : 119-130.

Elie P, Rigaud C (1987). L'impact d'un barrage d'estuaire sur la migration des poissons amphihalins : le cas de l'anguille et du barrage d'Arzal. *La Houille Blanche* **2**: 99 – 108.

Fahrig L (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* **34**: 487-515.

Feunteun E, Acou A, Laffaille P, Legault A (2000). European eel (Anguilla anguilla): prediction of spawner escapement from continental population parameters. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* **57**: 1627-1635.

Feunteun E, Lafaille P, Robinet T, Briand C, Baisez A, Olivier JM, Acou A (2003). A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels: toward a general theory. *In: K Aida, K Tsukamoto, K Yamauchi (Eds.) Eel biology*, Tokyo, pp. 191-213.

Garot G (2012). Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Evaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2001. *Note de synthèse sur les bassins versants de la région Basse-Normandie*. *Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR)* **31** : 5-7.

Génard M, Masse J, Rigaud C (1993). Approche expérimentale de l'impact des oiseaux piscivores sur une pisciculture extensive littoral. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **329** : 231-243.

Gueguen JC, Prouzet P (1995). Le saumon Atlantique : biologie et gestion de la ressource. *Oceangraphic Literature Review* **42** : 397.

Haury J, Ombredane D, Baglinière JL (1991). L'habitat de la truite commune (Salmo trutta L.) en cours d'eau. *In : JL Baglinière, G Maisse (Eds) La truite : biologie et écologie*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, pp. 47-96.

Keith P, Persat H, Feunteun E, Allardi J (2011). Les poissons d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris. 552 pp.

Larinier M (1983). Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrateurs. *Bulletin Français de pisciculture* **39** : 1-37.

Larinier M (1992). Passes à bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* NR : 45-72.

Larinier M, Chorda J, Ferlin O (1995). Le franchissement des seuils en enrochements par les poissons migrateurs : étude expérimentale. Thèse de l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse – irstea, Toulouse. 81 pp.

Larinier M, Courret D, Gomes P (2006). Guide technique pour la conception des passes « naturelles ». Thèse de l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse – irstea, Toulouse. 66 pp.

Lassalle G (2008). Impacts des changements globaux sur la distribution des poissons migrateurs amphihalins : Une approche par modélisation à l'échelle continentale. Sciences de l'environnement. Thèse de l'Université Bordeaux I, Bordeaux. 250 pp.

Legrand MH (2021). Les poissons amphihalins de France face au changement climatique : évolution des effectifs et modification de la phénologie migratoire. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse – INPT, Toulouse. 286 pp.

Lévêque C (2005). Conséquence des barrages sur l'environnement. Irrigation et développement durable. Les colloques de l'Académie d'Agriculture de France, Paris. 43 pp.

Lutz F (2021). Analyse de l'activité de prédation du Grand cormoran (Phalacrocorax carbo) sur les salmonidés migrateurs du bassin versant de l'Arques (76). Mémoire de stage de master 1 de l'Université de Rennes I, Rennes. 27 pp.

Malavoi JR, Salgues D (2011). Arasement et dérasement de seuils. Aide à la définition de Cahier des Charges pour les études de faisabilité Compartiments hydromorphologie et hydroécologie par l'Onema-Cemagref, Lyon. 83 pp.

Marty S, Poilbarbe T, Santal J (2014). Suivi de la montaison de l'anguille européenne (Anguilla anguilla) et évaluation de l'efficacité de détection du compteur à résistivité sur l'aménagement hydroélectrique EDF de Baigts-de-Béarn (Gave de Pau, 64). Rapport technique, MIGRADOUR, Gan. 46 pp.

Nzango J (2018). Les barrages de l'Oubangui : de l'impact hydraulique actuel à la prospective environnementale. Thèse de l'Université d'Orléans, Orléans. 276pp.

Piégay H, Mosseri R (2013). Les barrages ont-ils un impact environnemental négligeable ? *In : R Mosseri, C Jeandel (Eds.) L'énergie à découvert*. CNRS Editions, Paris, pp. 250-251.

Richard A (1987). Le rétablissement des migrations sur la rivière Orne (Basse Normandie). *La Houille Blanche* **73** : 1-2.

Rochard E, Lassalle D (2010). Conservation de la biodiversité et changement climatique : un nécessaire changement de paradigme – le cas des poissons migrateurs amphihalins. *Sciences eaux & territoires* **3** : 104-109.

Rougier T (2014). Repositionnement des poissons migrateurs amphihalins européens dans un contexte de changement climatique : une approche exploratoire par modélisation dynamique mécaniste. Thèse de l'Université de Bordeaux, Bordeaux. 215pp.

Sauvaget B, Fatin D, Briand C (2003). Contamination par Anguillicola crassus de cinq populations d'anguilles (Anguilla anguilla) du littorale de Bretagne Sud (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **368** : 21-26.

Sauvé L (2007). L'équivoque du développement durable. *Chemin de traverse* **4** : 31-47.

Schaeffer F, De France E (2013). Bilan des migrations et des actions menées aux passes à poissons d'Iffesheim et de Gambsheim en 2012. Association Saumon-Rhin, Gambsheim. 27 pp.

Soissons LM, Roussel JM (2021). Un programme scientifique pour comprendre les mécanismes de restauration de la vallée de la Sélune. Journées « Poissons Migrateurs en Rhône-Méditerranée ». Migrateurs Rhône-Méditerranée, Avignon. 33 pp.

Souchon Y & Nicolas V (2011). Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux. Rapport final de l'ONEMA & CEMAGREF, Lyon. 28 pp.

Thompson JD, Ronce O (2010). Fragmentation des habitats et dynamique de la biodiversité. *SFE, Regards* **6** : 1-18.

Références sitographiques :

ANBDD, Les indicateurs normands de la biodiversité – fragmentation des cours d'eau de Normandie. https://www.anbdd.fr/biodiversite/connaissance/les-indicateurs-normands-de-la-biodiversite/fragmentation-des-cours-deau-de-normandie/ (consulté le 14 octobre 2024).

Biodiversité.gouv, les 5 pressions responsables de l'effondrement de la biodiversité. https://biodiversite.gouv.fr/les-5-pressions-responsables-de-leffondrement-de-la-biodiversite (consulté le 13 novembre 2024).

Cerema, outils de l'aménagement – L'évaluation environnementale des projets (étude d'impact). https://outil2amenagement.cerema.fr/outils/levaluation-environnementale-des-projets-etude-dimpact (consulté le 8 janvier 2025).

Eaufrance, La continuité écologique. https://www.eaufrance.fr/la-continuite-ecologique (consulté le 28 octobre 2024).

Eau Seine Normandie, Agence de l'eau Seine Normandie – Sélune, le monde d'après. https://www.eau-seine-normandie.fr/selune-le-monde-d-apres-CC-fevrier-2024 (consulté le 11 janvier 2025).

Europa.eu, La politique environnementale – Protection et gestion des eaux. https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/74/protection-et-gestion-des-eaux (consulté le 8 janvier 2025).

INPN, Programmes – La liste rouge des écosystèmes de l'UICN. https://inpn.mnhn.fr/programme/listes-rouges-ecosystemes/presentation (consulté le 14 octobre 2024).

International Commission On Large Dams / Commission Internationale des Grands Barrages, Registre Mondiale des barrages – synthèse générale. https://www.icold-cigb.org/FR/registre_des_barrages/synthese_generale.asp (consulté le 11 novembre 2024).

International Commission On Large Dams / Commission Internationale des Grands Barrages, Barrages – Rôle des barrages. https://www.icold-cigb.org/FR/Barrages/role_des_barrages.asp (consulté le 11 novembre 2024).

Les agences de l'eau, Comprendre, Apprendre, Agir pour l'eau – Les passes à poissons, comment ça marche ? https://www.lesagencesdeleau.fr/ressources/les-passes-poissons-comment-ca-marche (consulté le 10 novembre 2024).

Mairie Gambsheim, La passe à poissons. https://mairie-gambsheim.fr/tourisme/la-passe-a-poissons/ (consulté le 02 décembre 2024).

Marais-Poitevin, Faune et Flore du Marais Poitevin - L'anguille, l'énigmatique voyageuse (Gaillard R, 2019). https://www.blog-marais-poitevin.fr/anguille-enigmatique-voyageuse/ (consulté le 10 janvier 2025).

Migrateurs Rhône – Méditerranée, Le saviez-vous ? – L'anguille européenne. https://www.migrateursrhonemediterranee.org/anguille/ (consulté le 8 décembre 2024).

Natura2000, Références juridiques – Directive Habitats-Faune-Flore. https://www.natura2000.fr/natura-2000/reference-juridiques/directive-habitats-faune-flore (consulté le 8 janvier 2025).

Observatoire des poissons migrateurs Bretagne, Observatoire poissons migrateurs - Biologie de l'anguille européenne. https://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/biologie-et-ecologie-de-l-anguille-europeenne/biologie-anguille (consulté le 2 janvier 2025).

Observatoire Poissons Seine Normandie, La documentation – Installation d'une passe à poissons sur le Trinquelin (89). https://www.observatoire-poissons-seine-normandie.fr/installation-dune-passe-a-poissons-sur-le-trinquelin-89/ (consulté le 24 novembre 2024).

OFB, la biodiversité - les milieux aquatiques. https://www.ofb.gouv.fr/les-milieux-aquatiques (consulté le 28 octobre 2024).

OFB, la continuité écologique des cours d'eau – le plan national de restauration de la continuité écologique. https://www.ofb.gouv.fr/la-continuite-ecologique-des-cours-deau (consulté le 2 janvier 2025).

Ports de Normandie, Projet Environnementaux – Mise à niveau environnementale du barrage de Montalivet. https://portsdenormandie.fr/fr/projets/environnementaux/port-de-caen-ouistreham-mise-niveau-environnementale-du-barrage-de (consulté le 11 novembre 2024).

Professionnels OFB, Espèces migratrices amphihalines – Le plan de gestion de l'anguille en France. https://professionnels.ofb.fr/fr/node/180 (consulté le 2 janvier 2025).

Communications personnelles :

Benjamin Dufour, chargé d'études pêche et milieu aquatique, fédération départementale de pêche du Calvados (14), contact par mail du 26 novembre 2024.

Sylvain Girodon, docteur vétérinaire et trésorier – adjoint, comité régional d'étude pour la protection et l'aménagement de la nature en Normandie (CREPAN) (14), rencontre en présentiel du 10 octobre 2024.

Résumé : La rupture de continuité écologique sur les cours d'eau, un problème pour la migration des poissons

La ressource en eau est essentielle pour le vivant et l'Homme a sue l'utiliser à sa convenance en construisant des barrages sur les cours d'eau. L'objectif était de discuter des problématiques causées par ces structures, notamment sur la rupture de continuité écologique qu'engendrent ces dernières, et de découvrir les éléments qui permettent de rétablir cette continuité et d'assurer la libre circulation des poissons migrateurs. Dans le cadre de plans de gestion des poissons migrateurs et du plan d'action de la restauration de la continuité écologique, des projets sont instaurés. Des passes à poissons peuvent par exemple être installées pour améliorer la circulation des poissons au niveau des barrages. Pour qu'elles soient efficaces, il est essentiel de s'adapter au régime hydrologique et à la biodiversité piscicole des cours, puisque les poissons n'ont pas les mêmes caractéristiques physiques, physiologiques et biologiques. Il existe ainsi 5 grands types de passes à poissons, dont celle pour les anguilles. Ce type de passe est essentielle car c'est une espèce qui utilise la reptation pour se déplacer, contrairement aux autres poissons qui se déplacent grâce à leurs nageoires. Il est conseillé de suivre les projets de restauration afin de s'assurer qu'ils contribuent effectivement à la restauration de la continuité écologique, et éviter que certaines passes, comme celle du barrage de Montalivet à Caen, ne soient non conformes aux normes.

Mots clés : Barrages, continuité écologique, passes à poissons, poissons migrateurs, restauration.

Résumé anglais :

Water is an essential resource for all living things, and mankind has known how to use it to his advantage by building dams on rivers. The aim was to discuss the problems caused by these structures, in particular the disruption to ecological continuity that they engender, and to discover the elements that make it possible to re-establish this continuity and ensure the free movement of migratory fish. As part of migratory fish management plans and the action plan to restore ecological continuity, projects are being set up. Fish passes, for example, can be installed to improve fish movement at dams. For them to be effective, it is essential to adapt to the hydrological regime and fish biodiversity of the river, since fish do not have the same physical, physiological and biological characteristics. There are 5 main types of fish pass, including one for eels. This type of pass is essential because eels are a species that use crawling to move around, unlike other fish that move around using their fins. It is advisable to monitor restoration projects to ensure that they do indeed contribute to restoring ecological continuity, and to prevent certain fishways, such as the one at the Montalivet dam in Caen, from failing to comply with standards.

Key words: Ecological continuity, dams, migratory fish, restoration, fish passes