

Les ouvrages d'art du Conseil départemental des Vosges face à la question de la continuité écologique : définition d'une stratégie d'action.



Mémoire de dominante d'approfondissement « Gestion des Milieux Naturels »



Les ouvrages d'art du Conseil départemental des Vosges face à la question de la continuité écologique : définition d'une stratégie d'action.



## Résumé :

Depuis fin 2012 et suite à la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006, un nouveau classement des cours d'eau a été promulgué sur les bassins Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse, dont le département des Vosges fait partie. La « liste 2 » impose la restauration de la continuité écologique pour la faune piscicole. Dans ce cadre, le Conseil départemental des Vosges est tenu de contrôler et mettre aux normes le cas échéant les 650 ouvrages routiers dont il est propriétaire. Ce stage consiste en la définition d'une stratégie d'action intégrée sur l'ensemble du département. L'infranchissabilité des ouvrages est caractérisée à l'aide du protocole ICE (Information sur la Continuité Ecologique) de l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques), puis un système de hiérarchisation des ouvrages les plus prioritaires a été développé, basé sur de nombreux critères scientifiques et réglementaires. Des aménagements sont ensuite proposés au cas par cas, ainsi qu'une estimation financière des travaux sur le département et des pistes de financement avec différents partenaires. Les limites de la méthode et les perspectives futures sont ensuite abordées.

## Summary :

The question of ecological continuity is a reality in the Vosges region, in France. New river classification systems were established for the Rhine-Meuse and Corsica Rhone Mediterranean river basins, in which the Vosges county is included. The « list 2 » classification imposes rivers ecological continuity restoration. The Vosges county is the owner of 650 engineering structures, due to its road maintenance activity. Thus, it has the obligation to comply with the standards required for the ecological continuity of flows for these structures. An action plan was established in this purpose for the entire county. The ICE protocole (Information on Ecological Continuity) developed by the ONEMA was used, coupled with a hierarchisation system, developed specifically in the context of this internship, and proposals were made for each problematic case, including financial assessment. Future prospects and limits of the method are then discussed.



## Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage, Jeremy Muller, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au Conseil départemental des Vosges, ainsi que Laurence Chicot, chef du service environnement du Conseil départemental des Vosges pour m'avoir accueilli dans son service, ainsi que Didier Martin, Directeur de l'Appui aux Collectivités et de l'Environnement (DACEN).

Je tiens également à remercier Philippe Durand, mon professeur référent à AgroParisTech, pour m'avoir accompagné tout au long de la réalisation de ce stage.

Merci également à toute la DACEN pour leur accueil et la bonne ambiance du service :

Pierre Balland-Thomas, Juliette Cuny, Damien Descoups, Fabienne Garonne, Arnaud Godichot, Anne Jeangeorges, Sylvie Lagarde, Samuel Lasosse, Michelle Lévy, Charlotte Merot, Philippe Paradis, Aurélie Wojcekowski.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé, par le biais de deux comités de pilotage ainsi que par les nombreux échanges d'informations, à la réalisation de ce stage :

Gérald Noirclère et Francis Poirot du service Routes du département des Vosges

Philippe Russo et Pierre Mangeot de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse

Olivier Nadobny de l'Agence de l'eau Rhone-Méditerranée-Corse

Christophe Hazemann, Michel Balay et Aurélien Bansept de la Fédération des Vosges pour la pêche et la protection du milieu aquatique

Eric François de l'EPTB Meurthe-Madon

Virginie Bonnin et Olivier Catrin et Stéphane Claudet-Bourgeois de l'EPTB Saône-Doubs

Emilie Gernez de l'EPAMA

Patrick Grossir de l'Agence Technique Départementale des Vosges

Pascal Durand et Cécile Royer de la DDT 88

Vincent Burgun et Alain Biselx de l'ONEMA

Clementine Assmann de la Région Lorraine

Jean-Baptiste Rouillon et Jean-Yves Boitte de l'ONF



## Table des matières

<b>Table des figures</b> .....	<b>5</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>I) Présentation du contexte</b> .....	<b>8</b>
1) Contexte législatif : les différents textes de loi relatifs aux milieux aquatiques.....	8
a) Les premiers textes – Du XIX <sup>e</sup> siècle à la fin du XX <sup>e</sup> siècle .....	8
b) Les années 2000 : Développement du droit Européen et de la notion de continuité écologique .....	10
2) Contexte physique : Historique et causes de la modification morphologique des cours d'eau.....	12
a) Des moulins à eau à l'âge d'or du tissage .....	12
b) L'évolution des sites hydrauliques et leur rôle majeur dans l'économie :.....	13
c) Les obstacles à la continuité liées aux voies de franchissement :.....	14
<b>II) Matériels et Méthodes</b> .....	<b>17</b>
1) Identification des ouvrages .....	17
a) Localisation des ouvrages.....	17
b) Analyse photographique des ouvrages et visite sur le terrain.....	18
c) Les ouvrages naturellement infranchissables ou non mesurables .....	20
2) Zone d'étude .....	20
3) Application du protocole ICE de l'ONEMA .....	21
a) Description du protocole.....	21
b) Choix des espèces prises en compte dans le calcul de la note .....	24
c) Période de réalisation des relevés .....	24
<b>III) Résultats</b> .....	<b>26</b>
1) Résultats de la campagne de terrain.....	26
a) Nombre et localisation des ouvrages infranchissables .....	26
b) Typologie des ouvrages infranchissables .....	27
2) Application d'une méthode de hiérarchisation .....	30
a) Nécessité d'une hiérarchisation .....	30
b) Critères retenus.....	30
c) L'intégration des critères dans plusieurs systèmes de hiérarchisation .....	34
3) L'aménagement des ouvrages .....	38
a) Biais liés à des imprécisions dans la méthode de classement : remise en question de la pertinence de l'aménagement .....	38
b) Méthodologie d'aménagement pour les ouvrages où les bénéfices attendus sont élevés..	40
4) Bilan et estimation financière de l'aménagement des ouvrages.....	43

a) Méthodologie pour l'estimation du coût des travaux et synthèse de retours d'expérience	43
b) Résultats de l'estimation financière.....	46
<b>IV) Discussion.....</b>	<b>48</b>
1) Pistes de financement pour les travaux.....	48
2) Limites de la méthode développée.....	48
3) Bilan sur l'utilisation du protocole ICE.....	49
4) Perspectives.....	49
<b>Conclusion .....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>53</b>

## Table des figures

Figure 1 : Bilan chronologique de l'évolution de la législation et des classements de cours d'eau relatifs à la continuité écologique.....	12
Figure 3 : La scierie de Malfosse, à proximité de Senones (Vosges) au XIXème siècle. Reproduction d'Alain Georges (1999).....	12
Figure 2 : Flottage du bois de Charpente dans la région de St-Dié. In Forestiers et Bûcherons, album de Victor Franck présenté par Marc Brignon (1983). D'après Henry (2013). ....	12
Figure 4 : Le radier du pont de la RD31 (2015).....	13
Figure 5 : La scierie des Huttes au début du XXème siècle. ....	13
Figure 6 : Le Pont des Fées à Gérardmer – Photo Vincent Ganaye, 2008. ....	15
Figure 7 : Le Pont de Domèvre-Sur-Durbion – A. Taccoen, 2015.....	15
Figure 8 : Différence entre les ouvrages de type PICF et PIPO – Onema, 2014. ....	16
Figure 9 : Exemple de croisement de couches SIG, secteur d'Épinal.....	17
Figure 10 : Intersection du Ruisseau des Aulnées et de la D25 à Sérécourt (88) : un exemple d'ouvrage parfaitement franchissable d'après les photos. ....	18
Figure 11 : Intersection du Grand Rupt et de la D43D à Cleurie : le type d'ouvrage pour lesquels un diagnostic sur le terrain est nécessaire. ....	18
Figure 12 : Schéma récapitulatif des différentes phases d'analyse préliminaire des ouvrages.....	19
Figure 13 : Exemple d'infranchissabilité naturelle du fait de la présence de cascades. Cours d'eau temporaire sous D34D, Xonrupt-Longemer.....	20
Figure 14 : Exemple d'ouvrage non mesurable car passant sous plusieurs propriétés privées en lien avec la route départementale. Ruisseau des Arsondieux à Fontenoy-Le-Château.....	20
Figure 15 : Exemple d'infranchissabilité naturelle du fait d'une très forte pente. Vologne sous D34C.....	20
Figure 16 : localisation des trois grandes zones d'études. Croix noires : obstacles à l'écoulement induits par la présence d'une route départementale.....	21
Figure 17 : Bulles bleues et grises = différentes cotes topographique mesurées lors de l'application du protocole ICE sur un ouvrage routier et différentes longueurs mesurées. Prise en compte de la lame d'eau. ....	22
Figure 18 : Prise de mesures topographiques à l'aide d'un niveau laser Topconn RL-H3C. Contrairement au niveau optique, le niveau laser rotatif permet de prendre les mesures topographiques à un seul opérateur, ce qui est un gain de temps considérable.....	22
Figure 19 : Valeurs moyennes de débit pour la Moselle et la Vologne.....	24
Figure 20 : Valeurs moyennes de débit pour la Saône et le Coney. Source : Banque Hydro, EauFrance. Valeurs calculées sur un intervalle de confiance de 95%. ....	24
Figure 21 : L'ouvrage infranchissable typique d'après les relevés effectués sur le terrain.....	28
Figure 22 : Bilan de la campagne de terrain effectuée sur le département des Vosges du 09/03/2015 au 09/09/2015.....	29
Figure 23 : Etat écologique des masses d'eau SDAGE (Etat des lieux DCE 2013).....	31
Figure 24 : Etat chimique des masses d'eau SDAGE (Etat des lieux DCE 2013).....	31
Figure 25 : Synthèse des PDPG de la Fédération de Pêche des Vosges.....	33
Figure 26 : Exemple de deux ouvrages libérant pour l'un au minimum 3200m de linéaire, 350m pour l'autre. ..	33
Figure 27 : Récapitulation du principe du classement par barème de points.....	37
Figure 28 : Entrée de l'ouvrage n°405.....	39
Figure 29 : Sortie de l'ouvrage n°405.....	39
Figure 30 : Localisation de l'ouvrage – Lieu-dit « Fontaine de la Duchesse ». ....	39
Figure 31 : Sortie de l'ouvrage 404, 25ème prioritaire théoriquement.....	40
Figure 32 : Sortie de l'ouvrage 148.....	40
Figure 33 : Amont de l'ouvrage 148, 26ème prioritaire théoriquement.....	40
Figure 34 : Exemple de fiche aménagement : l'ouvrage n°191.....	43
Figure 35 : Pose de PIPO sur le Cartelier à Rontalon (69) (SMAGGA, 2013). 96 000€ HT.....	44

<i>Figure 36 : Pose de PICF à St-Renan (35). (AAPPMA St-Renan, 2012).....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 37 : Remplacement d'une buse béton par PICF ou PIPO.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 38 : Aménagement en sortie de buse sur Le Véise à Gruffy (74) - Syndicat Mixte Interdépartemental d'aménagement du Chéran.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 39 : Aménagement de radier avec seuils en bois en Rhône-Alpes (SYRIBT, 2009).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 41 : Aménagement de radier sur le Cartelier à Rontalon (69). Communauté de communes du Pays Mornantais.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 40 : Aménagement en sortie de PICF sur affluent de la Plaine à Celles-Sur-Plaine (88). Conseil Départemental des Vosges (2013).....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 43 : Aménagement de radier sur le Cartelier à Rontalon (69). Communauté de communes du Pays Mornantais.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 42 : Aménagement en sortie de PICF sur affluent de la Plaine à Celles-Sur-Plaine (88). Conseil Départemental des Vosges (2013).....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 44 : Localisation des ouvrages communaux obtenus d'après croisement entre la couche du Référentiel Grande Echelle (RGE) de l'IGN et la couche des cours d'eau en liste II.....</i>	<i>50</i>

## Introduction

La notion de continuité écologique s'est imposée dans le paysage environnemental européen depuis le début des années 2000 et la promulgation de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Cette loi et son adaptation en droit français par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006, intègre une forte composante « continuité écologique » et est à l'origine du nouveau classement des cours d'eau promulgué fin 2012 pour le bassin Rhin-Meuse et en 2013 pour le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, bassins sur lesquels le département des Vosges est situé. Le classement de cours d'eau en « liste 2 » impose la restauration de la continuité écologique en vue d'atteindre le bon état écologique des cours d'eau, avec une première échéance en 2018.

Face à cette obligation réglementaire, le Conseil départemental des Vosges, propriétaire de 650 ouvrages de franchissement de cours d'eau sur les routes départementales, a décidé de mettre en place une stratégie de mise aux normes sur l'ensemble de son territoire, déjà initiée en 2013 lors d'un premier stage ayant permis de localiser précisément ces ouvrages et de réaliser une première synthèse des données existantes. Cette première approche a été complétée au cours du stage présent. Dans un premier temps, le contexte législatif et historique a été retracé, afin de permettre au lecteur d'appréhender au mieux la suite de l'analyse.

La première approche, uniquement basée sur une synthèse bibliographique et l'analyse photographique d'ouvrages, a ensuite été complétée par une phase de terrain, où le protocole ICE (Information sur la Continuité Écologique) de l'ONEMA a été appliqué, afin de caractériser l'impact de chaque ouvrage sur la faune piscicole.

Suite à cette campagne de terrain et aux résultats préalablement obtenus, un système de hiérarchisation basé sur plusieurs critères scientifiques et pratiques a été développé et appliqué afin de déterminer le degré de priorité relatif de chaque ouvrage. Les différentes techniques d'aménagements d'ouvrages, en fonction de leur structure et de la nature du blocage, ont été étudiées, et, pour chaque ouvrage, des propositions d'aménagements ont été réalisées, compilées dans un recueil de « fiches aménagement » à l'usage du service Routes du Conseil départemental des Vosges, associées à une estimation financière du coût des travaux.

Enfin, les différents avantages et inconvénients de la méthode sont abordés, et des perspectives d'amélioration et d'utilisations futures de cette méthode sont évoquées. Le but de ce rapport est de fournir un guide complet permettant la compréhension de chacune des étapes de la stratégie, et, le cas échéant, de la préciser, l'adapter à d'autres territoires ou bien à d'autres types d'ouvrages.

## l) Présentation du contexte

### 1) Contexte législatif : les différents textes de loi relatifs aux milieux aquatiques.

#### a) Les premiers textes – Du XIX<sup>e</sup> siècle à la fin du XX<sup>e</sup> siècle

##### XIX<sup>e</sup> siècle et début du XX<sup>e</sup> siècle : les prémices :

Les premiers textes relatifs à la question de la *continuité écologique* trouvent leur origine au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle. A cette époque, on ne parle pas encore de continuité écologique, mais, face au constat du déclin de certaines populations de grands migrateurs salmonidés, la notion de « passe » ou d' « échelle » à poisson fait son apparition.

Ainsi, la **Circulaire ministérielle du 23 Octobre 1851** introduisait la notion de *passse à poisson* pour certains cours d'eau fréquentés par les grands migrateurs. Suite à l'impact limité de ce texte, la **Loi du 31 Mai 1865** introduit l'obligation d'aménager des échelles à poisson lors de la construction de tout barrage associé à une usine hydraulique (ANR REPPAVAL, 2013). Cette obligation s'applique à tout ouvrage situé sur un cours d'eau classé. C'est en effet dans le cadre de cette loi que les premiers classements de cours d'eau définis par décret font leur apparition. On note à cette époque, et parfois même avant la promulgation de la loi de 1851, l'apparition des premiers ouvrages de franchissement piscicole. Ainsi, en 1840, le barrage du Bazacle à Toulouse est pourvu d'une passe à poisson (Barraud, 2011). Toutefois, l'équipement des ouvrages avec des passes à poisson reste exceptionnel et, le plus souvent, d'une efficacité limitée (ONEMA, 2011).

La **Loi du 8 Avril 1898** constitue la première grande loi sur l'eau en France. Cependant, elle ne comporte pas de partie d'ordre « écologique » et a plutôt pour objectif de concilier les usages industriels de l'eau avec les usages humains.

De **1904** à **1924**, 6 décrets portant classement de certains cours d'eau et canaux en application de l'article **L. 232-6 du code rural** sont pris sur le territoire français, pour les bassins de la Seine, la Loire, la Canche, l'Adour, l'Authie ainsi que les régions Bretagne et Normandie. Ce classement concerne une large partie du territoire et vise principalement à la préservation de la ressource salmonicole, en définissant des cours d'eau « soumis au régime des échelles à poisson ». Toutefois, **aucun décret** d'application de l'article L 232-6 du code rural n'est pris sur le territoire des Vosges ou même sur tout le bassin Rhin-Meuse **à cette époque**.

Le classement de 1865 sera précisé dans le cadre de la **Loi du 16 octobre 1919** relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique. Suite à cette loi, sont fixés par décrets tous les cours d'eau dits « réservés » : ce sont les cours d'eau pour lesquels **tout nouvel ouvrage à vocation hydroélectrique est interdit**. La loi de 1919 restera le texte principal relatif au classement des cours d'eau jusqu'à sa révision en 1980 ainsi que la promulgation de la loi pêche en 1984. Dans les Vosges, plusieurs cours d'eau sont classés au titre de la Loi du 16 Octobre 1919, principalement sur les bassins de la Haute-Moselle, de la Moselotte, de la Vologne, de la Saône ainsi que de la Meurthe.

##### La Loi de 1964 : un texte principalement axé sur la salubrité et l'économie

Après les premiers textes du XIX<sup>e</sup> et début XX<sup>e</sup> et jusqu'en 1964, la loi relative à l'eau et aux milieux aquatiques a très peu évolué. La **Loi du 16 décembre 1964 relative au régime et à la**

**répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution** constitue l'une des premières lois contemporaines relatives à la gestion et la protection de la ressource en eau. Cette loi, mise en place à l'initiative du ministre Michel Debré, a posé plusieurs concepts de base ayant largement inspiré le droit européen de l'eau au 20<sup>e</sup> siècle, notamment par le découpage du territoire en 6 *bassins hydrographiques*, dépendant chacun d'une *Agence de l'eau*. L'objectif de cette loi, lors de sa création, était de répondre à plusieurs problèmes fondamentaux : l'alimentation en eau potable de qualité et exempte de pollution pour les populations, la limitation des pollutions chimiques de l'eau par les rejets industriels et l'agriculture, et enfin la fourniture d'une ressource en eau en qualité et quantité pour l'agriculture et l'industrie (Ouvrage collectif sous la direction de Bernard Drobenko, 2015).

On constate que les objectifs de cette loi étaient principalement d'ordre économique et de santé publique. Les considérations de biodiversité étaient à cette époque peu prises en compte, voire inexistantes, de même que la notion de continuité écologique.

#### La loi pêche de 1984 : une révision des classements :

La **Loi n°84-512 du 29 juin 1984 relative à la pêche en eau douce et à la gestion des ressources piscicoles** renforce celle de 1919 en instaurant une obligation d'efficacité des dispositifs de franchissement piscicoles. De même, l'obligation de rendre franchissables les ouvrages ne s'applique plus qu'aux nouveaux ouvrages mais également à tous ceux **déjà existants**. Il s'agit de la première loi véritablement contraignante concernant la restauration de la continuité écologique.

#### Évolution des classements de cours d'eau à la fin des années 1980 :

Cette période a vu apparaître les premières révisions de classements de cours d'eau depuis les années 1920 et l'article L232-6 du code rural, avec plusieurs décrets pris entre 1987 et 1999, en vertu de l'article L232-6 du code rural puis de l'article L432-6 du code de l'environnement. Ainsi, Au titre de l'article L232-6 du code de l'environnement, les **cours d'eau vosgiens** ont été pour la première fois largement concernés par une **procédure de classement** par le **décret n°91-327 du 25 mars 1991** (DREAL Lorraine, 2010).

#### La loi de 1992, dite loi sur l'eau : une loi ayant largement inspiré la DCE

Instaurée sous le gouvernement Cresson, la **Loi n° 92-3 du 3 Janvier 1992 sur l'eau** constitue la première grande révision du droit français sur l'eau depuis la loi de 1964. Les objectifs principaux de cette loi sont avant tout l'approvisionnement en eau potable de la population, la lutte contre les inondations, ainsi que l'approvisionnement en ressource pour l'agriculture et l'industrie. Ces objectifs visent à être atteints par une série de mesures, notamment sur la qualité chimique et hydromorphologique des cours d'eau. Les milieux aquatiques sont dans ce texte abordés de façon à prendre en compte des enjeux liés à la biodiversité.

Cette loi instaure les SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) ainsi que les SAGE (Schémas d'Aménagement et de gestion des Eaux), dont le fonctionnement sera révisé suite à la DCE (Directive Cadre Européenne sur l'Eau de 2000), mais qui intègrent déjà à cette époque des objectifs précis sur la restauration hydromorphologique des cours d'eau.

b) Les années 2000 : Développement du droit Européen et de la notion de continuité écologique

La Directive Cadre Européenne sur l'eau :

**La Directive Cadre Européenne du 23 Octobre 2000** (DCE) vise à donner une cohérence européenne à la législation sur les milieux aquatiques, notamment du fait de l'existence de plusieurs cours d'eau transnationaux.

L'objectif originel de la DCE est l'atteinte du « bon état » des masses d'eau, avec trois échéances : 2015, 2021 et 2027 selon les priorités et l'état des cours d'eau. Le bon état d'une masse d'eau est défini par deux composantes : **chimique** et **écologique**. L'atteinte du bon état chimique est un objectif dans la lignée directe des lois françaises existantes (Lois de 1964 et 1992), tandis que l'état écologique est une notion plus nouvelle. Cet état est estimé à l'aide de plusieurs éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques. C'est dans le cadre de l'atteinte du bon état écologique que des actions de **restauration hydromorphologiques** peuvent être mises en œuvre, et notamment des actions de **restauration de la continuité écologique**.

La DCE s'inspire de la loi française de 1964 en imposant à chaque état membre un découpage de son territoire en bassins hydrographiques, avec pour chacun de ces bassins un « plan de gestion ». Ces plans de gestion correspondent aux SDAGE développés dès 1992 en France, et qui sont à partir de 2000 réalisés de façon à répondre aux mieux aux objectifs de la DCE, avec une obligation d'évaluation des résultats. Il est généralement admis que la DCE est à l'origine de la plupart des lois françaises et européennes relatives à la restauration de la continuité écologique.

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 :

**La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006** est l'évolution majeure de la loi sur l'eau française depuis celles de 1964 et 1992. Elle met en place à l'échelle française les différents outils nécessaires à la réalisation des objectifs définis dans la **DCE** de 2000, dont l'atteinte du bon état écologique pour 2015.

C'est notamment par cette loi qu'est créé l'Office National pour l'Eau et les Milieux Aquatiques (ONEMA), dont un des axes de travail principal est la restauration hydromorphologique des cours d'eau.

La LEMA crée dans le code de l'environnement l'article L214-17 instaurant le renouvellement du classement de certains cours d'eau de France en deux listes :

- **Liste 1 : Rivières à préserver.** Liste équivalente à la liste *rivières réservées* instaurée en 1919.
- **Liste 2 : Rivières à restaurer.** Liste équivalente à celle des *cours d'eau classés* définis par l'article L232-6 du code rural et l'article L432-6 du code de l'environnement.

Ce classement a été définitivement adopté par arrêté le **28 Décembre 2012** pour le Bassin **Rhin-Meuse** (Partie Nord et Est du département des Vosges) et le **19 Juillet 2013** pour le bassin **Rhône-Méditerranée** (partie Sud du département des Vosges).

La **Circulaire du 18 janvier 2013** précise les obligations et interdictions relatives à l'application des classements de cours d'eau en vue de leur préservation ou de la restauration de la continuité écologique. Cette circulaire impose la **mise en conformité** de tout ouvrage situé sur un cours d'eau classé liste 2 dans les 5 ans suivant la promulgation des listes, soit **fin 2017** pour le bassin Rhin-Meuse et **mi-2018** pour Rhône-Méditerranée.

C'est ce classement, ainsi que la circulaire du 18 Janvier qui sont à l'origine de la volonté du **Conseil départemental des Vosges** de mettre aux normes ses **650 ouvrages routiers** situés sur des cours d'eau classés en liste 2.

Grenelle de l'Environnement, Loi pour la reconquête de la biodiversité (2015) : vers une accélération du processus de rétablissement de la continuité écologique

A partir de **2007** et du **Grenelle de l'Environnement**, la question de la continuité écologique s'est vue **propulsée au premier plan** du paysage environnemental français. La **Loi Grenelle I du 3 aout 2009** instaure la notion de **Trame Verte et Bleue (TVB)** et prévoit de mettre à l'étude **l'aménagement ou l'effacement des obstacles les plus problématiques** sur les cours d'eau. La **circulaire du 25 Janvier 2010** instaure plusieurs axes en rapport avec la TVB : Initiation du référencement des obstacles par l'ONEMA dans le cadre du **ROE** (Référentiel des Obstacles à l'Écoulement), développement d'un protocole de mesure normalisé, le protocole ICE (Information sur la Continuité Écologique), permettant d'évaluer rapidement avec le minimum de moyens l'état de franchissabilité d'un obstacle, détermination des priorités d'intervention, précision du rôle de financement des Agences de l'Eau. De même, les **Schémas Régionaux de Cohérence Écologique** sont initiés par la **Loi Grenelle II du 12 Juillet 2010**. Mis en place par les DREAL, ils ont pour objectif de renforcer la TVB.

En 2015, la **Loi pour la Reconquête de la Biodiversité** porté par Madame Royal est adoptée. L'un des axes de cette nouvelle loi est le renforcement de la politique actuelle pour la continuité écologique. Cette loi prévoit également de définir des **zones de conservation halieutiques**. Il s'agit des « zones dans lesquelles les ressources halieutiques accomplissent leurs fonctions de reproduction, d'alimentation ou de croissance jusqu'à leur maturité ». Sont ici concernés tous les cours d'eau potentiellement fréquentés par des espèces migrantes lors de la période de reproduction. On peut donc attendre de cette loi qu'elle renforce encore les dispositions actuelles relatives à la TVB. Enfin, une nouvelle cartographie de tous les cours d'eau de France est prévue dans le cadre de cette loi. Le linéaire de cours d'eau concernés par des obligations réglementaires pourrait se voir modifié.

Ainsi, on constate que la politique nationale de restauration de la continuité écologique s'est fortement accélérée à partir du début des années 2000 et qu'elle continue de subir des amendements et des modifications.

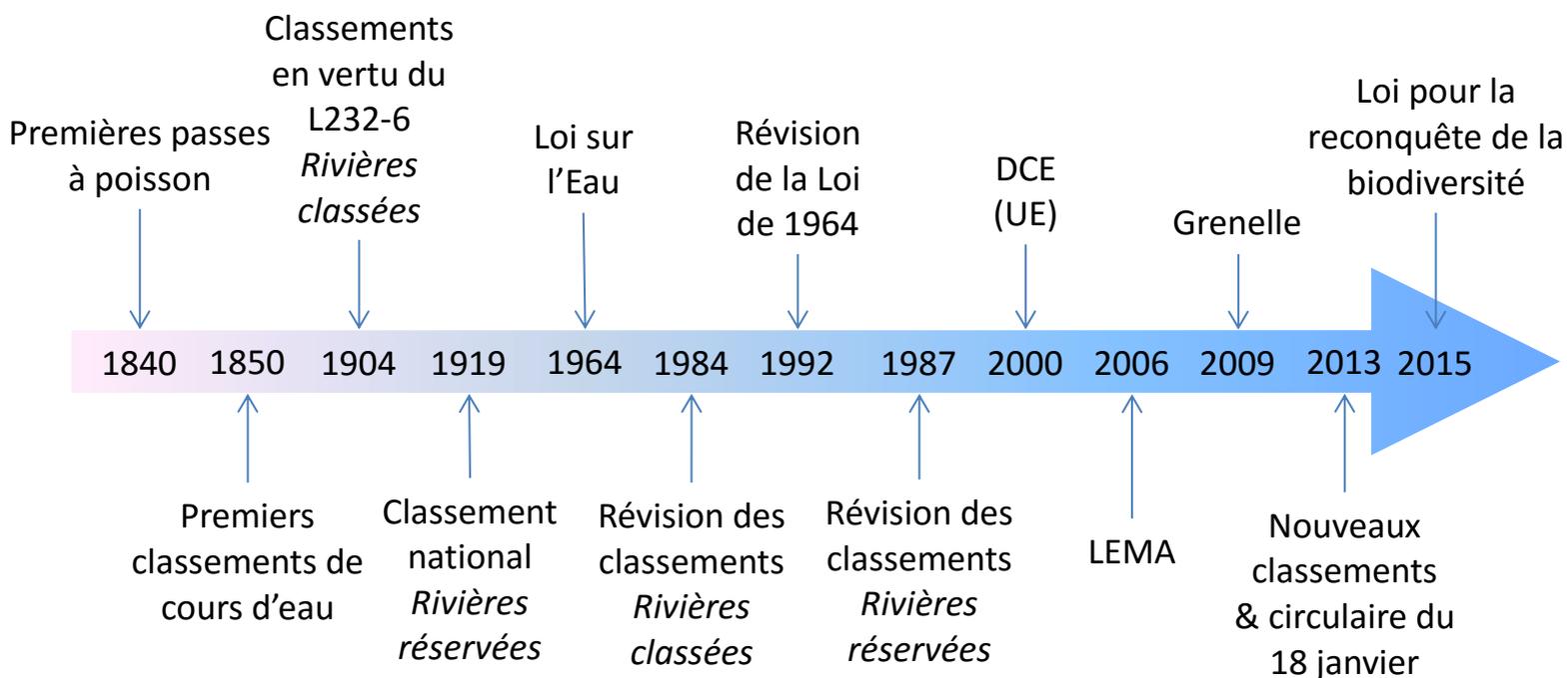


Figure 1 : Bilan chronologique de l'évolution de la législation et des classements de cours d'eau relatifs à la continuité écologique

## 2) Contexte physique : Historique et causes de la modification morphologique des cours d'eau

### a) Des moulins à eau à l'âge d'or du tissage

A l'origine, une force utilisée pour la meunerie et l'artisanat de base :

L'utilisation la plus ancienne de la force hydraulique était celle de meunerie faite par les moulins à eau. Les premières traces de moulins dans les Vosges remontent au **XII<sup>e</sup> ou XIII<sup>e</sup> siècle**. On retrouve les premières traces du moulin de Nomexy (Vosges) dans les archives d'Épinal à l'année **1263**. On estime qu'à cette époque, il existait au moins un moulin à eau dans le centre de chaque village des Hautes-Vosges (Henry, 2013). Ces moulins étaient généralement équipés, en plus des meules, de divers pilons à chanvre ou à écorce.



Figure 3 : Flottage du bois de Charpente dans la région de St-Dié. In *Forestiers et Bûcherons*, album de Victor Franck présenté par Marc Brignon (1983). D'après Henry (2013).

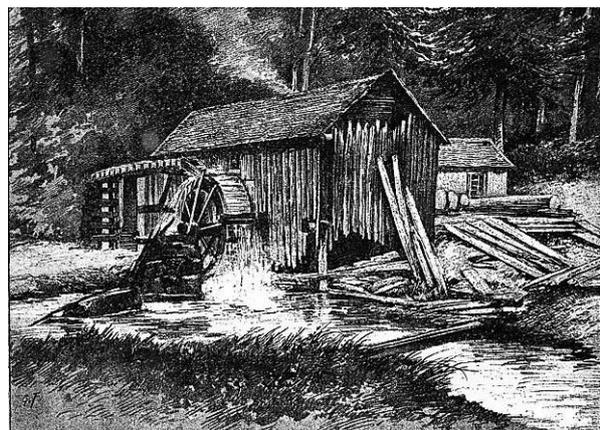


Figure 2 : La scierie de Malfosse, à proximité de Senones (Vosges) au XIX<sup>e</sup> siècle. Reproduction d'Alain Georges (1999).

Dans les Vosges, les cours d'eau devaient assurer trois fonctions : l'alimentation des usines hydrauliques, telles les scieries, verreries, féculeries ou moulins, l'irrigation des prés ainsi que le flottage du bois (Henry, 2013). Afin de remplir le rôle de flottage du bois, les cours d'eau ont été largement remodelés. Des vannes relevables avec seuils inclinés ont été construites sur de nombreux cours d'eau afin de rehausser la lame d'eau. Cette technique de flottage a perduré jusqu'au **début du XX<sup>e</sup> siècle**.

Les premières scieries hydrauliques vosgiennes sont attestées dès le **XVII<sup>e</sup> siècle**. Généralement implantées à l'emplacement d'anciens moulins, elles sont nombreuses et parfois distantes l'une de l'autre de moins de 100 m, disposées en cascade le long des forêts domaniales (Henry, 2013). On note dans les Archives Départementales des Vosges sous la cote 525 une liste établie en **1799** des scieries hydrauliques du département. **164 scieries hydrauliques sont inventoriées**, dont 115 ayant été repérées sur le terrain en 2007 dans le cadre de l'Inventaire Général du Patrimoine Culturel établi par la Région Lorraine. On peut estimer que ce nombre était en réalité plus élevé encore, car, 50 ans auparavant, les données disponibles dans les Archives Départementales de Meurthe et Moselle sous la cote 4F23 recensaient des scieries supplémentaires. Enfin, la carte de Cassini (2<sup>e</sup> moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle) référence **580 points hydrauliques** sur le territoire du département des Vosges (Jansen, 1990), qui correspondent à tout type d'ouvrage utilisant la force hydraulique.

Dans plusieurs cas, le Département des Vosges a **hérité de seuils abandonnés** construits aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles dans le cadre de l'aménagement de scieries ou moulins. C'est par exemple le cas à la **scierie des Huttes**, au lieu-dit Berchigranges sur la commune de Granges-Sur-Vologne. La route D31 passe au milieu des ruines de la scierie, datée du XIX<sup>e</sup> siècle. Un radier engendrant une chute de 50 cm est présent sous le pont, très certainement **réalisé conjointement** aux aménagements permettant **l'alimentation hydraulique** de la scierie. Deux turbines sont d'ailleurs toujours visibles sur les ruines de cette scierie, **abandonnée** depuis plusieurs décennies.



Figure 4 : Le radier du pont de la RD31 (2015)



Figure 5 : La scierie des Huttes au début du XX<sup>e</sup> siècle.

#### b) L'évolution des sites hydrauliques et leur rôle majeur dans l'économie :

A l'origine, la majorité des moulins servait uniquement à moudre le grain ou à d'autres activités connexes. La plupart des sites hydrauliques a évolué au cours du temps et leurs activités se sont diversifiées.

A partir du XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreux sites exclusivement dédiés à la meunerie sont reconvertis dans des activités de **sciage ou de petite manufacture**. De nombreux exemples illustrent cette évolution. C'est le cas du moulin de Vaxoncourt, reconverti en boutonnerie en 1900 (Mairie Vaxoncourt, 2015). De même, le moulin de Charmes, foulon pour les drapiers dès 1580, est reconverti en tannerie en 1765, puis en scierie en 1873 (Site web de la ville de Charmes, 2015). Le moulin de Xamontarupt est également un bon exemple de la **polyactivité** des sites hydrauliques, puisqu'il cumule dès 1804 les activités d'huilerie, scierie, de la meunerie et saboterie (Henry, 2013). On note également la présence de plusieurs moulins fournissant énergie pour la fabrication du verre.

Les **tissages et filatures** se développent massivement à partir de 1765, faisant des Vosges le premier département français pour le tissage au XIX<sup>e</sup> siècle. Là encore, les besoins en eau et en force hydraulique font des sites d'anciens moulins des emplacements privilégiés pour l'installation des usines. De nombreuses filatures s'implantent, utilisant la force hydraulique, notamment dans la vallée de la Moselle, de la Vologne et de la Moselotte. On peut citer les plus connues : Golbey, Saulxures-Sur-Moselotte, Vagney, Igney, la Blanchisserie de Thaon-Les-Vosges en 1872, la filature Peters de Nomexy en 1880. L'âge d'or du tissage dans les Vosges commence vers 1880 et s'achève après la seconde guerre mondiale (Drupt, 1988). A partir de cette période, l'accroissement de la concurrence européenne et mondiale entraîne un déclin constant du nombre d'usines textiles ainsi que du nombre d'employés.

Les **féculeries**, qui se développent à partir de 1833 dans les Vosges, connaissent un essor rapide, conjoint à celui des tissages puisque l'amidon qu'elles produisent est utilisé pour « apprêter » les tissus. Les féculeries utilisent l'énergie hydraulique de même que l'eau des rivières pour le « lavage », perpétuant ainsi la tradition d'utilisation de la force hydraulique dans les Vosges. Ainsi, on compte 250 sites en 1858 et 300 en 1878. Le nombre de féculeries tombera à 75 en 1901 jusqu'à la fermeture de la dernière féculerie des Vosges, au lieu-dit des « Vieux Moulins » sur la commune de Hadol, en 1973. Ce **déclin** est étroitement corrélé à celui de l'industrie textile (Edelblutte, 2008).

Ces exemples illustrent bien le **rôle majeur** qu'a joué l'énergie hydraulique dans le développement économique des Vosges. De nombreux « points hydrauliques » ont été **utilisés sans interruption** à partir du XIII<sup>e</sup> siècle, d'abord par de simples moulins, puis à partir des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles pour le sciage du bois ou diverses activités de manufacture, jusqu'à la révolution textile vosgienne ainsi que le développement de l'industrie lourde au XIX<sup>e</sup> siècle qui a perpétué cette utilisation jusque dans les années 1940. Ce n'est qu'à partir de cette période que de nombreux seuils se sont trouvés abandonnés, du fait du déclin de l'industrie et du développement d'autres sources d'énergie. Ainsi, de nombreux seuils et vannes **autrefois entretenus** ou ouverts régulièrement se sont retrouvés abandonnés à partir des années 1940-1950, pouvant parfois poser problème pour la « continuité écologique ».

### c) Les obstacles à la continuité liées aux voies de franchissement :

La présence d'ouvrages permettant le passage sur les cours d'eau vosgiens est attestée dès le XV<sup>e</sup> siècle. Par la suite, la carte des Naudin en 1729 ainsi que les cartes de Cassini au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle font état de nombreux aménagements sur les cours d'eau : passages à gué, ponts (Jansen, 1990). Certains ponts de pierre très anciens sont toujours debout de nos jours. On peut notamment citer :

- Le pont des Fées à Gérardmer sur la Vologne (1763)
- Le pont de Vaxoncourt sur le Durbion (1804)
- Le pont de Jarménil sur la Vologne
- Le pont de Domèvre-sur-Durbion



Figure 7 : Le Pont de Domèvre-Sur-Durbion – A. Taccoen, 2015.



Figure 6 : Le Pont des Fées à Gérardmer – Photo Vincent Ganaye, 2008.

Ces ponts sont tous de type « voûte élargie », c'est-à-dire qu'il n'y a pas de modifications du lit du cours d'eau, hormis lorsqu'il y a plusieurs voûtes et donc des piliers. Toutefois, il n'y a jamais de modification totale du lit du cours d'eau comme cela peut être le cas lorsque des fondations avec radier sont construites. Avant la construction des ponts à voûte élargie, la plupart des ponts était en bois, et ne modifiait pas non plus le lit des cours d'eau. C'était par exemple le cas du pont celtique d'Étival-Clairefontaine, datant du 1<sup>er</sup> siècle avant JC.

D'après les données du service Routes du Conseil départemental des Vosges, les premiers ponts où les fondations sont maçonnées ou en radiers sont apparus vers la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. On relève notamment le pont de La Goule, sur la Vologne à Corcieux, construit en 1890. Cet ouvrage a été construit conjointement avec une scierie, ce qui pourrait expliquer la présence de ce radier, comme c'est le cas pour le pont de la RD31 à Granges-Sur-Vologne.

Les premières buses posées en France datent des années 1960. Dans les Vosges, la première trace avérée de pose d'une buse béton est en 1981, avec une buse posée sur la Moselotte sur la commune de St-Amé. Cependant, des buses semblent avoir été installées précédemment, dès les années 1970 voire 1960. Ces buses ont largement été posées jusque dans les années 2000, notamment sur les petits cours d'eau, avant d'être progressivement remplacées par les ouvrages dits PICF (Passage Inférieur à Cadre Fermé) à partir de l'année 2000. Aujourd'hui, c'est ce type d'ouvrage ou bien des PIPO (Passages Inférieurs en Portique Ouvert) qui sont systématiquement installés.

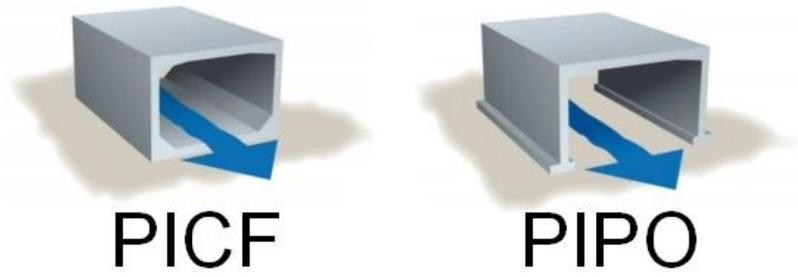


Figure 8 : Différence entre les ouvrages de type PICF et PIPO – Onema, 2014.



couche de cours d'eau. Le nombre d'ouvrage brut obtenu est de **1792**, ce qui laisse présager un impact non négligeable sur la continuité écologique.

### b) Analyse photographique des ouvrages et visite sur le terrain

Le Service des Routes du Conseil départemental des Vosges dispose d'une base de données précise contenant photographies, plans, comptes-rendus de visites pour tous les ouvrages de largeur supérieure à 2m. Cela représente 67% des 649 ouvrages, soit 368 ouvrages. Pour ces ouvrages, une **analyse photographique** est possible. Plusieurs critères simples sont évalués :

- Présence ou absence d'une chute
- Présence de fond naturel
- Présence ou absence de radier aval
- Nature de l'ouvrage (buse, PICF, PIPO, pont...)
- Tirant d'eau

De manière générale, dès qu'il y a le moindre doute sur la franchissabilité, l'ouvrage est considéré comme « à vérifier sur le terrain ». Les résultats de cette analyse préliminaire sont les suivants :

Pour 368 ouvrages étudiés :

- 247 diagnostiqués franchissables
- 44 a priori infranchissables (à mesurer selon le protocole ICE)
- 77 pour lesquels un doute subsiste (à visiter sur le terrain)



Figure 11 : Intersection du Grand Rupt et de la D43D à Cleurie : le type d'ouvrage pour lesquels un diagnostic sur le terrain est nécessaire.



Figure 10 : Intersection du Ruisseau des Aulnées et de la D25 à Sérécourt (88) : un exemple d'ouvrage parfaitement franchissable d'après les photos.

Ainsi, la visite sur le terrain de 247 ouvrages que l'on sait franchissables n'est plus nécessaire. Elle l'est en revanche pour les  $44 + 77 = 121$  ouvrages pour lesquels il existe des présomptions d'infranchissabilité, dont 44 nécessitant une mesure selon le protocole ICE.

En revanche, pour les ouvrages de largeur inférieure à 2 m, au nombre de 281, aucune information n'est disponible. Ces ouvrages ne sont pas intégrés dans la base de données et sont gérés localement par les différentes unités territoriales, par des visites de contrôle. Or, ce sont souvent les petits ouvrages, de type buse ou dalots, qui posent des problèmes pour la continuité écologique. Une visite de terrain est donc requise pour ces 281 ouvrages, permettant de définir si une mesure selon le protocole ICE est nécessaire ou bien s'ils sont franchissables.

Ainsi, le nombre d'ouvrages pour lesquels une visite de terrain est nécessaire est de  $a + b$  avec :

$a =$  Nombre d'ouvrages pour lesquels il existe un doute après l'analyse photographique

$b =$  Nombre d'ouvrages de largeur < 2m n'étant pas inclus dans la base de données du service des routes.

Et  $a = 77 ; b = 281$

Soit  $total = 358$  ouvrages pour lesquels il existe une incertitude, à contrôler sur le terrain.

Au cours de ce stage, 216 de ces 358 ouvrages ont pu être visités sur le terrain, avec pour résultats :

- 100 diagnostiqués franchissables
- 36 infranchissables naturels
- 80 infranchissables mesurés selon le protocole ICE.

Par ailleurs, parmi les 44 ouvrages identifiés infranchissables par l'analyse photographique, 24 ont été effectivement mesurés selon le protocole ICE. On peut résumer cette première phase d'analyse par le **schéma bilan** ci-dessous :

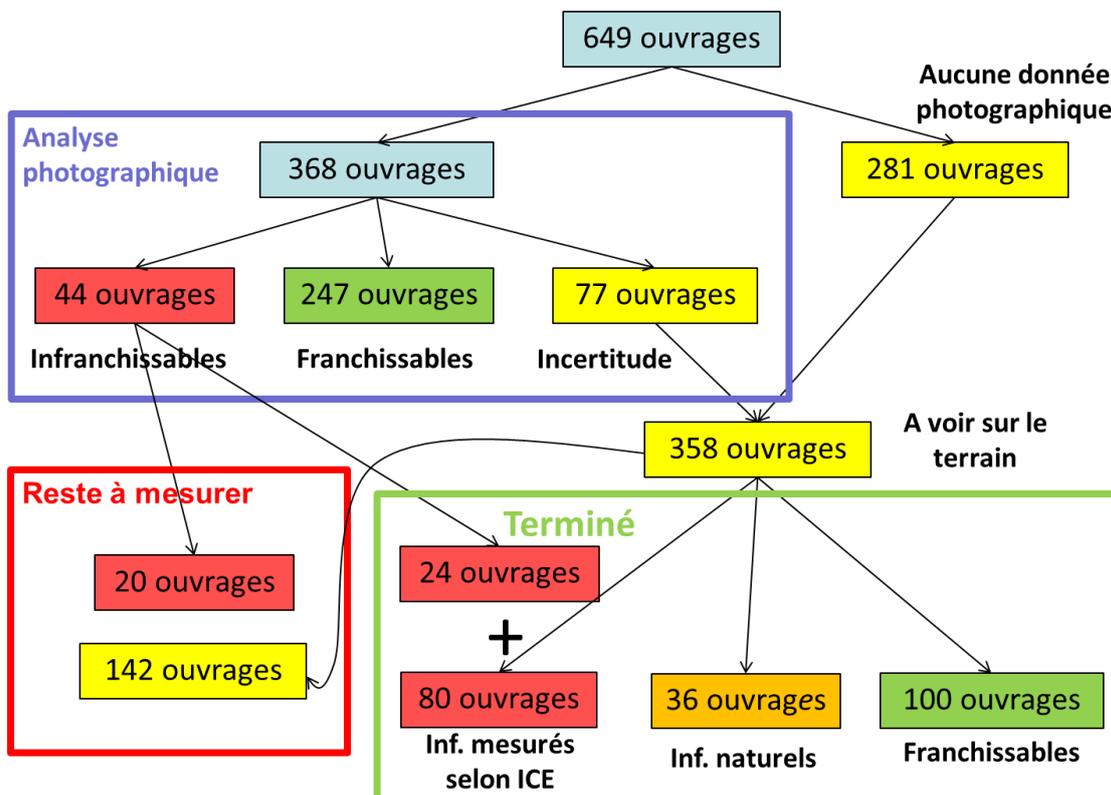


Figure 12 : Schéma récapitulatif des différentes phases d'analyse préliminaire des ouvrages

### c) Les ouvrages naturellement infranchissables ou non mesurables

Parmi les 358 ouvrages prospectés sur le terrain, pour 36 d'entre eux présentant de fortes présomptions d'infranchissabilité, il a été décidé de ne pas appliquer le protocole ICE. Pour 18 de ces ouvrages, il était impossible de réaliser les mesures en raison du passage sous des constructions, ou du passage en souterrain sur plusieurs centaines de mètres (notamment sur les communes de Plombières-les-Bains, Xertigny ou Fontenoy-Le-Château). Pour les 18 autres cas, il s'agissait de cas d'infranchissabilité naturelle avérés (ruisseaux à sec, nombreuses cascades, pente très importante).



Figure 15 : Exemple d'infranchissabilité naturelle du fait d'une très forte pente. Vologne sous D34C



Figure 14 : Exemple d'ouvrage non mesurable car passant sous plusieurs propriétés privées en lien avec la route départementale. Ruisseau des Arsondieux à Fontenoy-Le-Château.



Figure 13 : Exemple d'infranchissabilité naturelle du fait de la présence de cascades. Cours d'eau temporaire sous D34D, Xonrupt-Longemer

Pour les 18 cas où l'ouvrage n'est pas mesurable, on ne peut pas se prononcer sur son état de franchissabilité. D'après l'aspect de certains ouvrages, il semblerait toutefois que la majorité de ces ouvrages soit au moins partiellement franchissable. Les 18 ouvrages considérés comme infranchissables naturels ne sont pas pris en compte dans les propositions d'aménagements car le bénéfice écologique serait nul. Par ailleurs, les moyens techniques actuels ne permettent pas de mettre ces ouvrages aux normes d'une façon économiquement raisonnable.

## 2) Zone d'étude

La stratégie de mise aux normes des ouvrages d'art du Conseil Départemental concerne **tout le département des Vosges**. Cependant, étant donné la fenêtre temporelle réduite pour effectuer les relevés, il n'était pas envisageable de couvrir l'ensemble du département au cours de ce stage. En effet, afin d'avoir des niveaux d'eau suffisants pour être comparables à ceux de la période de

montaison du poisson (octobre), il était raisonnable de réaliser les mesures de mars à mai. Au-delà, les niveaux d'eau ne sont plus représentatifs (voir partie 2.4). Pour cela, il a été choisi de travailler sur deux zones différentes, afin de disposer d'une méthode adaptée au plus grand nombre de situations :

- Une zone de plaine, correspondant aux bassins de la Saône et du Coney
- Une zone plus montagneuse, correspondant au bassin de la Moselle et de ses affluents (Vologne, Moselotte...).

Le bassin de la Meurthe a uniquement pu être diagnostiqué en partie, et uniquement visuellement. Les mesures ICE devront être réalisées d'une façon semblable à ce qui a été fait sur le bassin de la Moselle.

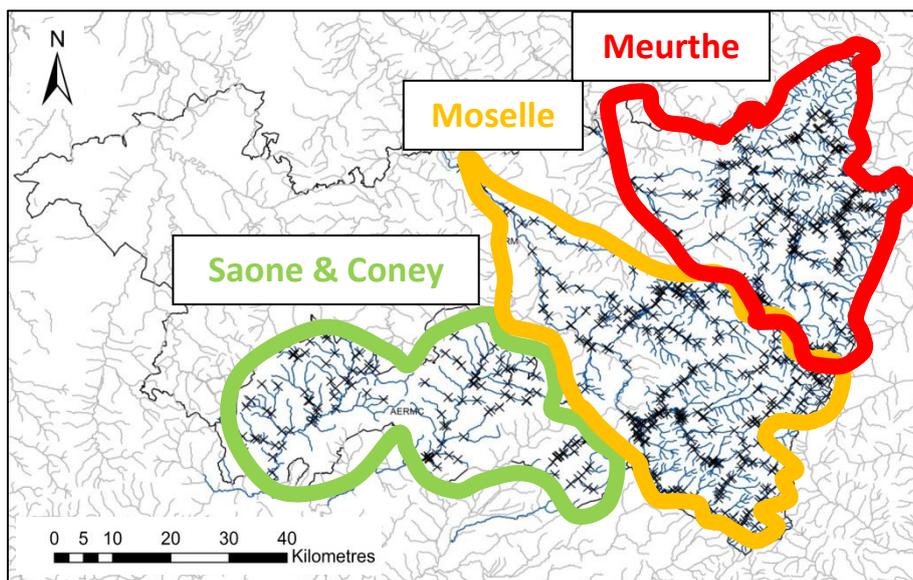


Figure 16 : localisation des trois grandes zones d'études. Croix noires : obstacles à l'écoulement induits par la présence d'une route départementale.

Le département des Vosges présente par ailleurs la particularité d'être régi par deux Agences de l'Eau différentes. Les bassins de la Saône et du Coney, en vert sur la carte, dépendent du bassin Rhône-Méditerranée-Corse tandis que tout le reste du département dépend du bassin Rhin-Meuse.

### 3) Application du protocole ICE de l'ONEMA

#### a) Description du protocole

Le protocole ICE (Information sur la Continuité Écologique) de l'ONEMA a été développé en réponse à une exigence légale nationale, la mise aux normes des ouvrages au regard de la continuité écologique sur les cours d'eau classés liste II (Baudoin, et al., 2014). Il permet à tout gestionnaire ou propriétaire d'un ouvrage hydraulique d'évaluer son impact sur la continuité écologique sans avoir recours à une expertise, d'une façon rapide, systématique et requérant peu de matériel. Il présente l'avantage d'être reproductible par un grand nombre d'utilisateurs et de fournir des résultats normalisés, indépendants de toute interprétation. Ce protocole est basé sur des relevés

topographiques ainsi qu'hydrologiques (vitesse de courant, tirant d'eau). Une fiche de relevé simplifiée a été produite puis validée par l'ONEMA, basée sur le protocole ICE mais ne prenant en compte que les critères nécessaires pour les ouvrages routiers (Table 4, annexe)

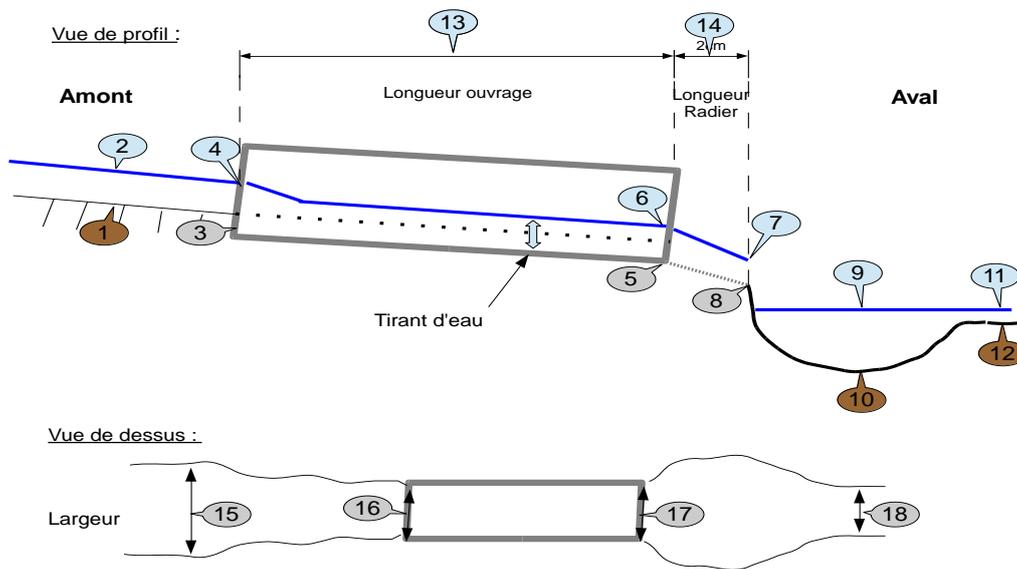


Figure 17 : Bulles bleues et grises = différentes cotes topographique mesurées lors de l'application du protocole ICE sur un ouvrage routier et différentes longueurs mesurées. Prise en compte de la lame d'eau.

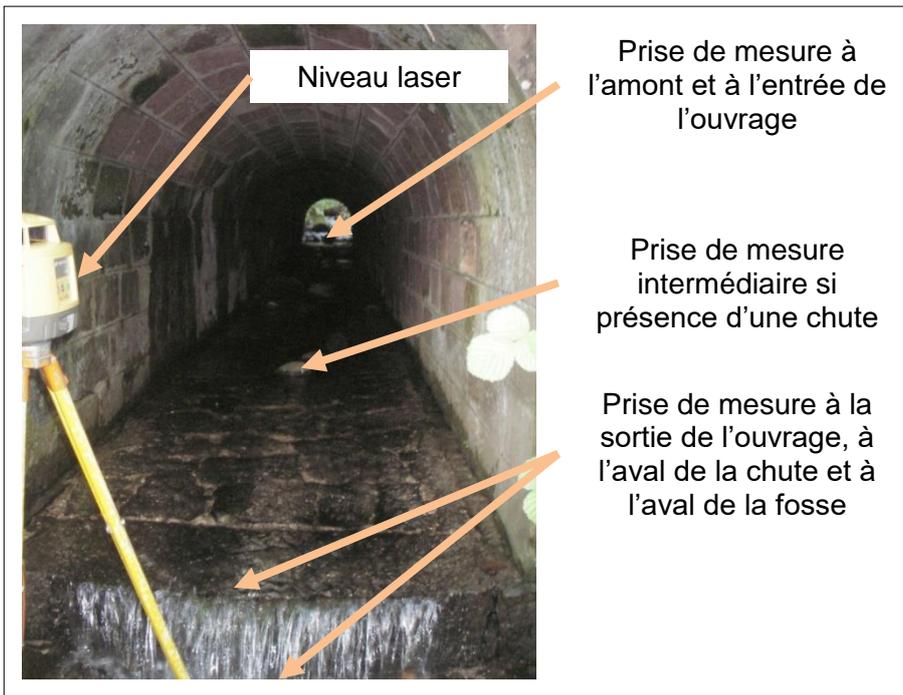


Figure 18 : Prise de mesures topographiques à l'aide d'un niveau laser Topconn RL-H3C. Contrairement au niveau optique, le niveau laser rotatif permet de prendre les mesures topographiques à un seul opérateur, ce qui est un gain de temps considérable.

Le protocole ICE permet de calculer, pour 11 groupes d'espèces distincts, une note intégrant les principaux critères susceptibles de générer de l'infranchissabilité. La note ICE varie de 0 à 1 selon la règle suivante :

Barrière totale (Classe ICE = 0) :

« La barrière est infranchissable pour les espèces-cibles du groupe considéré et constitue un **obstacle total** à leur migration. Il est toutefois possible que dans des conditions **exceptionnelles**, l'obstacle se révèle momentanément franchissable pour une fraction de la population. »

Barrière partielle à impact majeur (Classe ICE = 0.33) :

« La barrière représente un **obstacle majeur** à la migration des espèces-cibles du groupe considéré. L'obstacle est **infranchissable une grande partie du temps** et/ou pour une partie très significative de la population. Le franchissement de l'obstacle à la montaison n'est possible que durant une partie limitée de la période de migration et pour une fraction limitée de la population du groupe considéré. L'obstacle provoque des **retards de migration préjudiciables** au bon déroulement du cycle biologique des espèces. »

Barrière partielle à impact significatif (Classe ICE = 0.66) :

« La barrière représente un **obstacle significatif** à la migration des espèces-cibles du groupe considéré. Le franchissement de l'obstacle à la montaison est **possible une grande partie du temps** et pour la **majeure partie de la population**. L'obstacle est néanmoins susceptible de provoquer des retards de migration non négligeables. L'obstacle reste donc néanmoins infranchissable une partie de la période de migration pour une fraction significative de la population du groupe considéré ».

Barrière franchissable à impact limité (Classe ICE = 1) :

« La barrière ne **représente pas un obstacle significatif** à la migration des espèces-cibles du groupe considéré. La **plus grande partie de la population est capable de la franchir** dans un laps de temps court et sans dommage. Cela ne signifie pas que la barrière n'occasionne absolument aucun retard de migration ou que tous les individus du groupe considéré le franchissent sans dommage ».

Ainsi, le calcul de la note ICE pour chaque obstacle permet déjà de définir un premier critère de hiérarchisation. Seuls les ouvrages pour lesquels la note ICE est de 0 ou de 0.33 ont un impact réellement significatif sur la migration des poissons. Les critères pris en compte pour l'attribution de la note sont :

- **Hauteur de chute et profondeur** de la fosse d'appel associée
- **Pente** à l'intérieur de l'ouvrage
- **Vitesse** en entrée et en sortie de l'ouvrage
- **Tirant d'eau** sur tout le linéaire de l'ouvrage.

Par le biais d'une clé de décision (Fig. 1, annexe), la note ICE finale est calculée de façon à faire la synthèse de ces différents critères. Pour résumer, l'ordre d'importance des critères peut être résumé de la façon suivant : Chute > Tirant d'eau > Pente > Vitesse.

Dans le cas des ouvrages complexes/composés, chaque élément supplémentaire est évalué indépendamment et intégré dans le calcul de la note finale selon le principe suivant :

Classe ICE de l'obstacle amont	Classe ICE de l'obstacle aval			
	0	0,33	0,66	1
0	0	0	0	0
0,33	0	0	0,33	0,33
0,66	0	0,33	0,33	0,66
1	0	0,33	0,66	1

Ainsi, on constate que le protocole ICE est conçu de manière à ce que les ouvrages composés soient généralement considérés comme infranchissables, par principe de précaution.

### b) Choix des espèces prises en compte dans le calcul de la note

La truite fario (*Salmo trutta*) est généralement considérée comme l'espèce repère pour le rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau (Baudoin, et al., 2014). Cependant, les espèces cibles (définies par le classement des cours d'eau des arrêtés préfectoraux du 28 Décembre 2012 et du 19 Juillet 2013) définissent un certain nombre d'espèces potentiellement présentes pour chaque tronçon de cours d'eau. Ainsi, pour les 649 ouvrages du département, sont susceptibles d'être présents le chabot, le brochet ou encore l'ombre. Les résultats suivants sont présentés pour la truite qui constitue l'espèce prioritaire. Cependant, la méthode de calcul de la note ICE a été entièrement automatisée et permet de calculer la franchissabilité pour tout autre groupe d'espèces piscicoles par une simple modification des paramètres d'entrée. Le chabot est l'espèce la plus exigeante écologiquement, et est de fait le signe d'un bon état écologique.

### c) Période de réalisation des relevés

La période de frai de la truite démarre généralement en novembre et se termine fin janvier (Baglinière et al., 1991 ; Euzenat et al., 1976). De ce fait, les niveaux d'eau relevés sur le terrain à d'autres périodes selon le protocole ICE ne sont pas forcément représentatifs des niveaux d'eau en période de frai. Il faut donc s'assurer que la période à laquelle les relevés sont effectués sont comparables à celles-ci. Dans le cadre de la stratégie d'action du Département des Vosges, les relevés ont été effectués du 10 mars au 1<sup>er</sup> Juin 2015 pour des raisons pratiques, avec une majorité de relevés effectués en mars et avril, et un nombre plus limité courant mai. Les données hydrologiques des 4 cours d'eau dans lesquels se jettent la plupart des affluents étudiées ont été consultées et comparées avec celles de la période novembre-janvier. En effet, le comportement d'un cours d'eau principal est représentatif de ce qui se passe sur ses affluents.

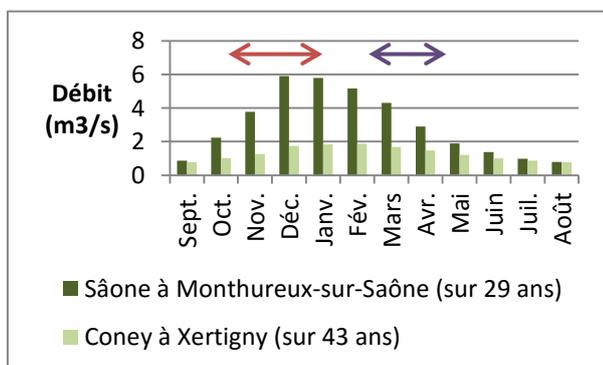


Figure 20 : Valeurs moyennes de débit pour la Saône et le Coney. Source : Banque Hydro, EauFrance. Valeurs calculées sur un intervalle de confiance de 95%.

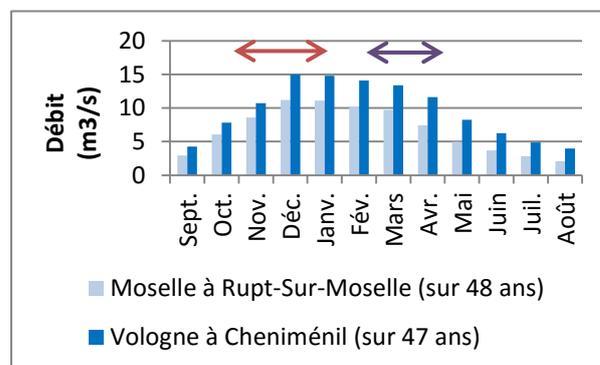


Figure 19 : Valeurs moyennes de débit pour la Moselle et la Vologne.

↔ : Période théorique de frai de la truite

↔ : Période de relevés terrain

L'étude plus poussée de ces valeurs de débit montre que durant la période mars-avril, le débit de ces quatre cours d'eau est légèrement inférieur au débit moyen durant la période de frai. Le débit est inférieur de :

- 2 % pour le Coney
- 7 % pour la Vologne
- 17 % pour la Moselle
- 29 % pour la Saône

Ainsi, pour le Coney ou la Vologne, les débits moyens sont très proches pour ces deux périodes. Pour la Moselle et la Saône, la différence est plus importante. Toutefois, dans tous les cas, le débit moyen mesuré au mois de mars (période pour laquelle une part importante de relevés a été effectuée) est supérieur à celui du mois de Novembre. Ainsi, les débits moyens de ces cours d'eau semblent être comparables pour la période de frai et la période où les relevés ont été effectués. L'incertitude qui existe (niveau légèrement inférieur à celui de la période de frai) peut entraîner une légère surestimation du nombre d'infranchissable, mais, en aucun cas, une sous-estimation. Il est donc peu probable que des obstacles aient été manqués en raison de cette incertitude.

En 2015, la France est tout particulièrement la région Lorraine et le massif des Vosges ont été touchées par une importante sécheresse. Des baisses de précipitations de 67% ont été constatées en Lorraine (Meteo France, 2015) en Juillet, avec une reprise des précipitation début aout. Le niveau des cours d'eau a en conséquence été largement plus faible qu'à la normale. Cet évènement exceptionnel illustre bien l'impossibilité de continuer à effectuer des mesures pendant la période estivale. Toutefois, les mesures ont été réalisées en Mars, Avril et quelques jours en Mai, à une période où les précipitations étaient conformes aux moyennes habituelles.

### III) Résultats

#### 1) Résultats de la campagne de terrain

Nous avons vu dans la partie 2.1.b) que 402 ouvrages nécessitaient un passage sur le terrain. De même, la partie 2.2) présentait la zone d'étude et le choix de travailler sur le bassin de la Saône et du Coney (zone plutôt de plaine) puis sur le bassin de la Moselle et ses affluents (Zone mixte de plaine et montagneuse). Ainsi, les relevés terrain sur ces deux grands sous-bassins ont été effectués intégralement. La seule zone restant à couvrir est le bassin de la Meurthe, dans le Nord-Est du département.

#### a) Nombre et localisation des ouvrages infranchissables

Des résultats synthétiques ont été produits sous forme de tableau pour chacun des sous-bassins versants étudiés : Saône-Coney (voir ci-dessous) ; Moselle ; Moselotte ; Vologne. Le tableau du bassin Saône-Coney est présenté ici à titre d'exemple, les autres sont disponibles en annexe (tableau 1, 2 et 3).

Nombre total d'ouvrages								
121								
Ouvrages dans AREO (Analyse photographique)						Ouvrages non référencés dans AREO (terrain)		
83						38		
Franchissables	Pas franchissables	Pas d'information						
58	8	17						
	ICE	OK	ICE	NA	OK	ICE	NA	
	8	11	3	3	5	19	14	
58		11			5			Total
	8		3			19		74
					3		14	30
								17

Tableau 1 : Résultats des mesures effectuées sur le bassin de la Saône et du Coney.

- Nombre total d'ouvrages considérés comme franchissables
- Nombre total d'ouvrages mesurés selon le protocole ICE
- Nombre total d'ouvrages non mesurables ou infranchissables

Ce tableau résume :

- Les différentes phases d'analyse dans le cas spécifique du bassin de la Saône et du Coney.
- La première analyse photographique
- Le nombre d'ouvrages effectivement étudiés sur le terrain
- Le résultat de la prospection sur le terrain
- Le nombre d'ouvrages effectivement mesurés selon le protocole ICE.

Les résultats des mesures ICE effectuées sur chaque sous bassin versant sont disponibles ci-dessous.

	Saône + Coney	Vologne	Moselotte	Moselle	Total
Barrière totales	14	19	20	14	67
Barrières partielles à impact majeur	5	6	2	1	14
Barrière partielle à impact significatif	4	3	2	1	10
Barrières partielles à impact limité	7	3	2	1	13
Total	30	31	26	17	104
	<b>AE RMC</b>		<b>AE RM</b>		

Tableau 2 : Résultats de l'analyse ICE sur l'ensemble des sous-bassins étudiés

Environ 30% des obstacles mesurés se trouvent sur le bassin dépendant de l'Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, le reste se trouvant sur celui dépendant de l'Agence Rhin-Meuse. Ainsi, une **gestion des dossiers sur l'ensemble du département pilotée par l'Agence Rhin-Meuse** semble être une option intéressante à étudier. Le nombre total d'obstacles infranchissables sur la zone prospectée est de **91**. En effet, on considère que les « barrières partielles à impact limité » ne sont pas des obstacles à la continuité. Leur diagnostic selon la méthode ICE se révèle favorable au passage du poisson. De même, les 36 ouvrages infranchissables naturels ou bien non mesurables ne sont pas pris en compte dans ce total, car les possibilités d'intervention sont nulles. Ainsi, on voit se dégager un nombre d'ouvrage comparable pour chacun de ces 4 sous-bassins versants. La typologie des ouvrages (nature, matériaux, localisation, cause de l'infranchissabilité) peut également être étudiée afin de dégager une tendance et établir le **profil type** de l'ouvrage infranchissable.

#### b) Typologie des ouvrages infranchissables

L'infranchissabilité est **directement liée au type d'ouvrage**. En effet, les ouvrages modifiants fortement le lit du cours d'eau (buses, PICF et radier non enterrés ou érodés) ont une chance beaucoup plus élevée de présenter une **chute en sortie** d'ouvrage.

	Nombre d'infranchissables	Nombre total d'ouvrages prospectés	Proportion
Buse	39	66	59%
Radier	36	79	46%
PICF	8	35	23%
PIPO	8	239	3%

Tableau 3 : Infranchissabilité en fonction de la nature de l'ouvrage, d'après les résultats de la campagne de terrain

Ainsi, bien que les **buses** soient les ouvrages **les plus récents** (posés à partir des années 1960-1970) et ne soient pas l'ouvrage le plus courant, il s'agit du **cas de figure où l'infranchissabilité est la plus fréquente**.

La cause de l'infranchissabilité est également variable d'un ouvrage à l'autre :

Cause Infranchissabilité	Effectif
Chute	17
Chute et Pente	42
Pente ou vitesse	32

Tableau 4 : Cause du blocage pour les 91 ouvrages infranchissables.

Le cas de figure le plus courant est une **conjonction de problèmes liés à la chute et de problèmes liés à la pente ou la vitesse du courant**. Les valeurs mesurées sont également très variables :

Paramètre cause du blocage	Moyenne	Ecart Type	Maximum	Minimum
Hauteur de chute	52cm	65cm	327cm	1cm
Vitesse	1,15 m/s	0,88 m/s	4,7 m/s	0 m/s
Pente	4,70 %	3,50 %	0,31 %	17,48 %

Tableau 5 : Récapitulatif des valeurs des différents paramètres sources d'infranchissabilité

L'ouvrage infranchissable typique :

Nature	Buse
Matériau	Béton
Longueur	Faible (10 m)
Largeur du lit	1 - 2m

Cause d'infranchissabilité	Chute + Pente	Valeur maximale tolérée par la truite
Hauteur de chute	52 cm	30 cm
Vitesse du courant	1,15 m/s	1,15 m/s
Pente	4,70%	1%



Figure 21 : L'ouvrage infranchissable typique d'après les relevés effectués sur le terrain

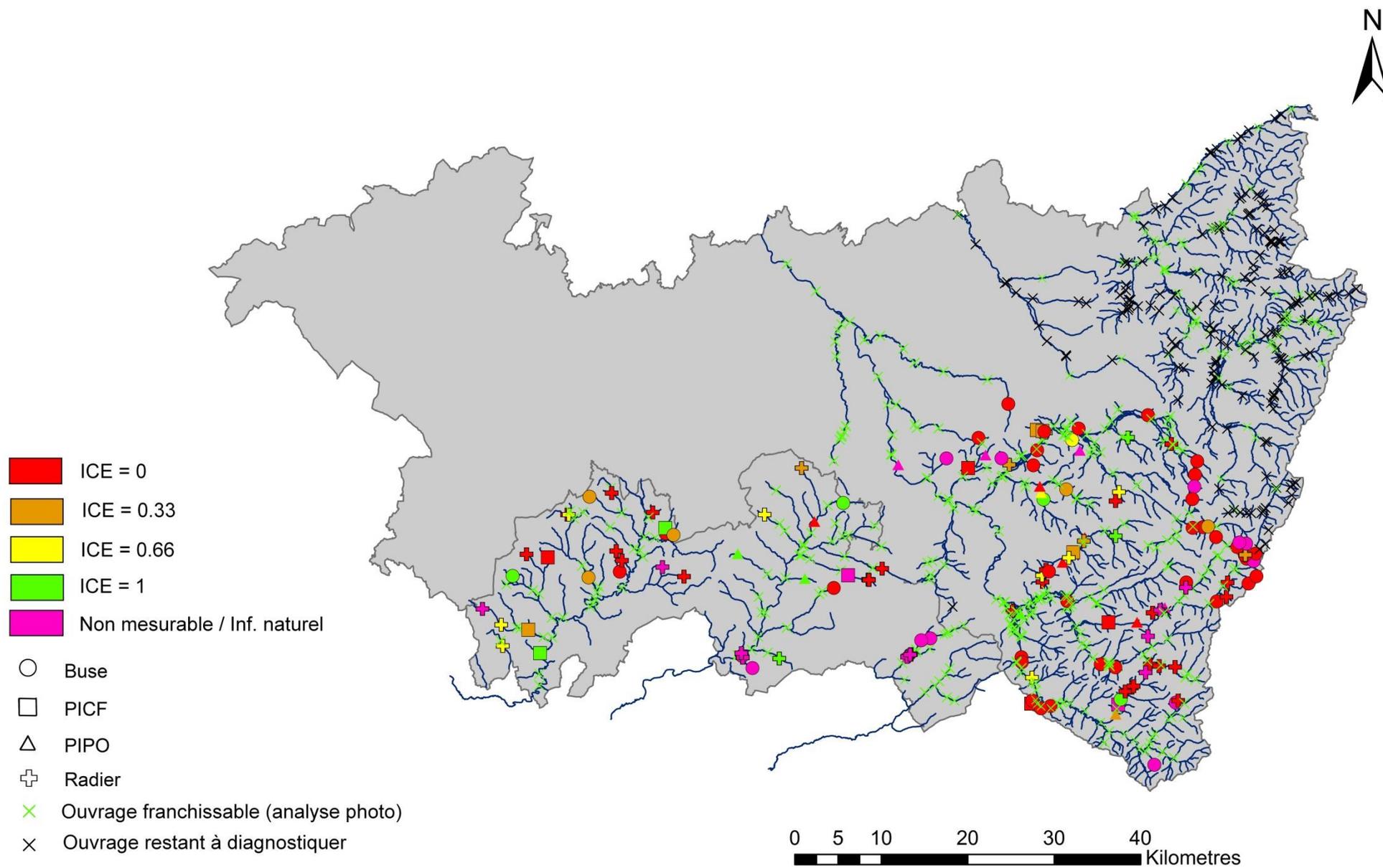


Figure 22 : Bilan de la campagne de terrain effectuée sur le département des Vosges du 09/03/2015 au 09/09/2015

## 2) Application d'une méthode de hiérarchisation

### a) Nécessité d'une hiérarchisation

Nous avons vu que lors de la campagne de terrain, 91 ouvrages ont été identifiés comme infranchissables sur la zone d'étude. Légalement, ces ouvrages doivent tous être mis en conformité sans distinction. Cependant, il apparaît rapidement que tous les cours d'eau ne présentent pas les mêmes intérêts écologiques (Fédération de Pêche des Vosges, 2015). On note dans les SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) concernant les cours d'eau vosgiens (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2014 et Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, 2014) que la qualité des eaux de surface peut être très variable, et ce pour des raisons diverses (chimie, quantité, morphologie, continuité écologique...). De même, il existe dans les Vosges de nombreux cours d'eau acidifiés, naturellement ou suite à des pollutions (Guérol, 2002) ainsi que des cours d'eau à écoulement torrentiel, pour lesquels le risque d'infranchissabilité naturelle est très élevé. Ces types de cours d'eau ont donc des potentialités piscicoles faibles, même en cas de rétablissement de la continuité écologique car ils sont naturellement non peuplés ou très faiblement.

Vu la variabilité des enjeux écologiques sur les cours d'eau vosgiens et les coûts importants nécessaires à la réalisation des travaux, il apparaît pertinent d'étaler les travaux de façon à prioriser le rétablissement de la continuité là où cela peut avoir un impact significatif.

### b) Critères retenus

Les critères permettant de réaliser une hiérarchisation sont nombreux et d'ordres différents. Il existe des critères scientifiques et pratiques. Les critères scientifiques retenus ont principalement rapport avec la qualité des masses d'eau, la nature du milieu et l'ampleur des bénéfices attendus. Les critères pratiques concernent la lourdeur des travaux et leur pertinence au vu de l'aspect général du cours d'eau.

L'une des difficultés constatée sur le département des Vosges est la dépendance à deux agences de l'eau différentes : Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse. Cette particularité peut être source de difficultés pour obtenir des données scientifiques homogènes sur tout le département. Il est donc nécessaire de sélectionner uniquement les critères homogènes sur l'ensemble du département.

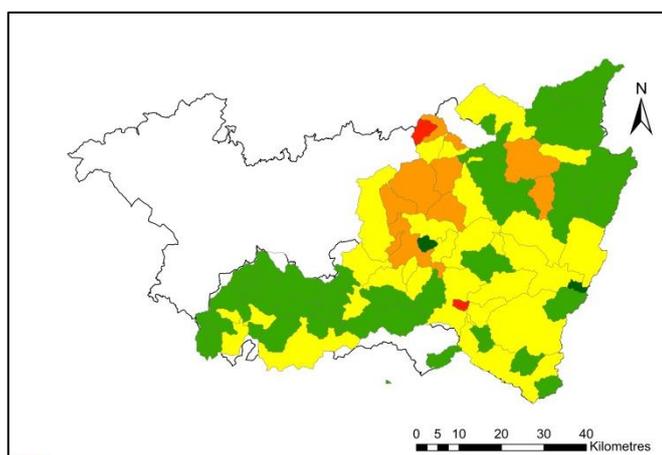
#### (i) Critères scientifiques retenus :

##### Critères issus des SDAGE :

Un état des lieux DCE est réalisé dans le cadre des SDAGE tous les quatre ans. Cet état des lieux permet de suivre l'évolution de la qualité des masses d'eau, bassin par bassin.

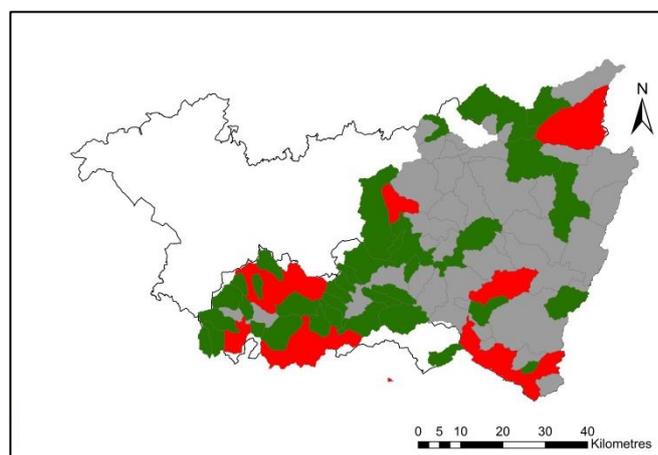
Etat des masses d'eau : c'est la donnée de base de l'état des lieux DCE réalisé pour chacun des deux SDAGE (Rhin-Meuse et Rhone-Méditerranée). Cette donnée se décline en deux parties : l'état écologique et l'état chimique. Sur le département des Vosges, les états *médiocre*, *moyen*, *bon* et *très bon* sont présents pour l'état écologique, et les états *bons* ou *mauvais* pour l'état chimique.

L'état est calculé par masse d'eau. Une masse d'eau est une « portion de cours d'eau, canal, aquifère, plan d'eau ou zone côtière homogène » (DCE, 2000). Les masses d'eau correspondent en général à des tronçons de cours d'eau principaux, la DCE considérant que le drain principal, qui est l'exutoire de l'ensemble du bassin versant, reflète l'image de tout ce qui se passe en amont. Or, les cours d'eau classés liste II sont bien souvent des petits affluents de ces tronçons principaux. Afin de rattacher chaque petit affluent à une masse d'eau DCE, il a été calculé sous SIG, avec l'aide des outils hydrographiques, les sous bassins versants correspondant à ces masses d'eau.



**Etat écologique masse d'eau**  
 ■ Très bon état  
 ■ Bon état  
 ■ Etat moyen  
 ■ Etat médiocre  
 ■ Mauvais état

**Figure 23 : Etat écologique des masses d'eau SDAGE (Etat des lieux DCE 2013)**



**Etat chimique des masses d'eau**  
 ■ Bon état  
 ■ Pas bon état  
 ■ Non déterminé

**Figure 24 : Etat chimique des masses d'eau SDAGE (Etat des lieux DCE 2013)**

état chimique \ état écologique	état chimique	
	Bon	Mauvais
Bon	+	-
Mauvais	++	--

**Tableau 6 : Priorité de l'ouvrage en fonction des facteurs chimiques et écologiques. ++ = Le plus favorable**

L'état chimique doit être utilisé avec précaution. En effet, cet état représente la synthèse de très nombreux seuils chimiques. La présence d'une seule substance en excès est discriminante et peut entraîner le classement en « mauvais état ». La présence d'une population de poissons n'est pas forcément incompatible avec un état chimique mauvais. Par ailleurs, pour de nombreuses masses d'eau, cet état n'est pas disponible. Le critère chimique doit donc être considéré comme moins prioritaire que le critère écologique.

Pression morphologique et pression continuité :

Bassin Rhin-Meuse :

A l'échelle de la masse d'eau, la pression morphologique est calculée à l'aide de l'outil SYRAH (*Système Relationnel d'Audit d'Hydromorphologie*). L'outil SYRAH, lancé en 2012 par l'ONEMA, a pour objectif de cartographier la pression hydromorphologique des masses d'eau en se basant sur des données nationales : BD Topo (IGN), Corine Land Cover, ouvrages transversaux (ROE)... La pression continuité est calculée de la même manière mais ne prend en compte que les ouvrages transversaux.

Contrairement aux indicateurs d'états écologique et chimique, l'outil SYRAH prend en compte les données des petits affluents des tronçons principaux. Les données par masse d'eau doivent donc être représentatives de ce qui se passe sur chaque sous bassin versant.

On choisit de retenir la valeur de « pression continuité » et de prioriser les ouvrages pour lesquels cette pression est forte, dans une optique d'atteinte du bon état DCE.

Bassin Rhône-Méditerranée :

Pour le bassin Rhone-Méditerranée, dans le cadre du programme de mesures du SDAGE 2016-2021 actuellement en cours d'adoption (Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, 2014), des objectifs de rétablissement de la continuité écologique ont été définis pour des masses d'eau précises. On peut donc définir une équivalence entre cette donnée et celle existant au niveau de la pression hydromorphologique pour le bassin Rhin-Meuse, et ainsi prioriser les actions sur les tronçons où ces objectifs sont présents.

	Fort	Faible
Pression continuité / Objectifs continuité	+	-

Tableau 7 : Priorité donnée à l'ouvrage en fonction des valeurs de « pression continuité » ou des « objectifs continuité ».

Bilan sur les critères issus des SDAGE :

Les critères issus des SDAGE sont à large échelle. Le fait d'extrapoler à l'ensemble du sous bassin les données du tronçon principal peut être source d'incertitude. Il convient donc de prendre cette donnée avec un certain recul. Néanmoins, la correspondance entre les travaux de restauration de la continuité écologique et les objectifs d'atteinte du bon état DCE des masses d'eau permet de justifier le financement par les Agences de l'Eau. Il convient donc de prendre en compte cette donnée, tout en gardant à l'esprit que sa précision est limitée.

(ii) Données de la Fédération de Pêche des Vosges :

La Fédération de Pêche des Vosges réalise le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG). Ce PDPG, issu d'un travail de terrain exhaustif, évalue l'état écologique des principaux cours d'eau du département avec une précision plus grande que les SDAGE. Basé principalement sur des critères morphologiques et de continuité, il est d'une aide considérable pour la hiérarchisation. Le PDPG distingue trois états de conservation : *dégradé*, *perturbé* ou *conforme*. Certains tronçons de cours d'eau ne sont pas évalués.

On peut considérer, étant donné l'exhaustivité du PDPG, que les tronçons non évalués sont de très petits affluents, à faible débit, souvent à forte pente, et donc à faible valeur écologique. Il semble donc judicieux de ne pas les considérer comme prioritaires. Ensuite, l'action peut être priorisée sur les milieux dégradés, puis perturbés, et en dernier sur les milieux conformes, afin de commencer sur des milieux où les bénéfices potentiels sont les plus grands.

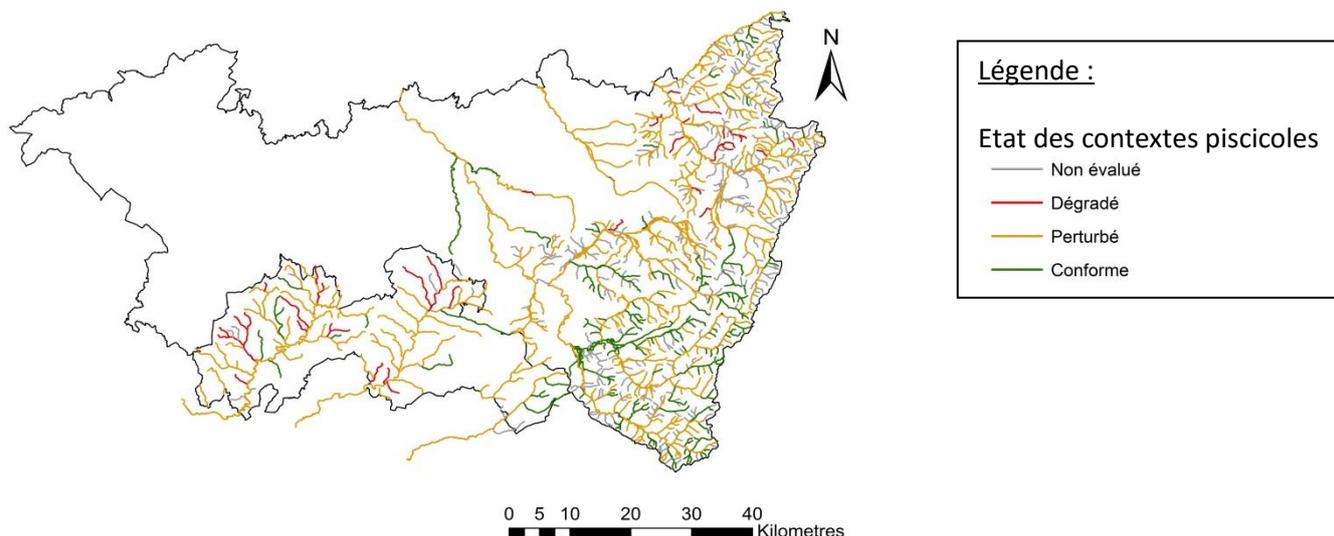


Figure 25 : Synthèse des PDPG de la Fédération de Pêche des Vosges

(iii) Critères obtenus par calculs SIG :

Distances amont et aval des ouvrages les plus proches :

Pour chaque ouvrage infranchissable, la distance débloquée le long du cours d'eau avant l'obstacle le plus proche est calculée. Afin d'avoir une vision la plus globale possible, plusieurs bases de données ont été croisées :

- ROE (Référentiel des Obstacles à l'écoulement)
- Base de données de la Fédération de Pêche des Vosges (PDPG)
- Croisement de la couche des routes/sentiers/chemins de la BD Topo (IGN) effectué sous SIG.

Au total, ce sont près de 4000 obstacles qui ont été pris en compte pour cette estimation (Carte 1 annexe). Il est important de prendre en compte le fait que ces ouvrages ne sont pas nécessairement infranchissables. Il s'agit d'obstacles recensés, dont l'existence est avérée, mais pour lesquels il n'y a la plupart du temps pas eu de mesures ICE. Une priorité plus forte est donnée aux ouvrages libérant le plus grand linéaire en amont. A l'inverse, les ouvrages pour lesquels il existe un obstacle à proximité directe à l'amont où à l'aval sont considérés comme moins prioritaires.

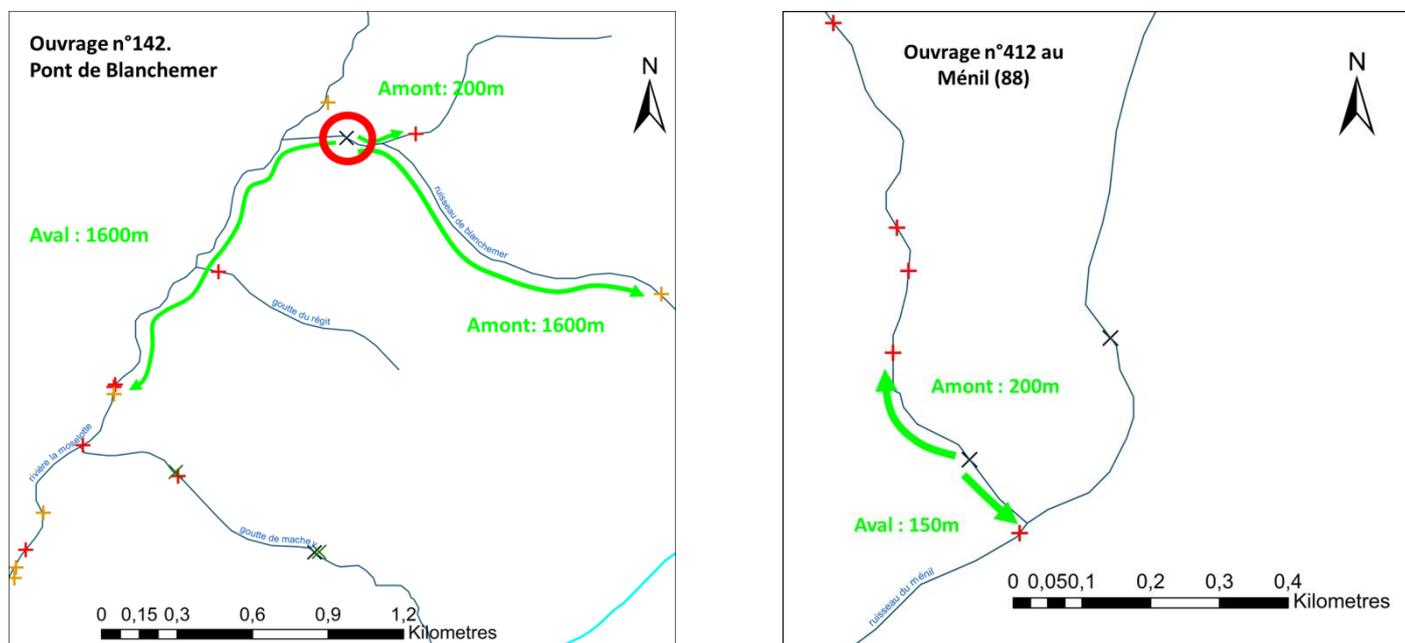


Figure 26 : Exemple de deux ouvrages libérant pour l'un au minimum 3200m de linéaire, 350m pour l'autre.

### Pente naturelle du cours d'eau :

La pente joue un rôle primordial dans la localisation des zones de reproduction de la truite (Champigneulle, 1978). Une valeur de 10% de pente constitue le seuil au-delà duquel on considère que la pente est très forte, à écoulement torrentiel (Rosgen, et al., 1996). On a pu noter la présence de frayères à truites dans des torrents à très forte pente (Champigneulle, et al., 2003), mais cela est une situation exceptionnelle. Dans la plupart des cas, une pente supérieure à 5% est trop élevée pour la circulation et la reproduction des espèces rencontrées dans les Vosges. Dans ce genre de cas, on parle de « haut risque d'infranchissabilité naturelle ». En effet, même si les enjeux écologiques sont moindres que pour les zones planes, ils ne sont pas nuls. Des truites ont été rencontrées sporadiquement sur ce type d'habitats dans les Vosges (Biselx, Fédération de Pêche des Vosges, communication personnelle). Pour prendre en compte ce critère, la pente a été estimée sous SIG à partir du MNT au pas de 25m. La valeur ponctuelle de pente est ensuite extraite pour chaque ouvrage. On privilégiera en conséquence les ouvrages pour lesquels cette valeur est inférieure à 10%.

### Critères pratiques :

La lourdeur technique et financière des travaux est également un facteur que l'on doit prendre en compte. Les travaux les plus simples, réalisables en régie et pour lesquels il existe un bénéfice écologique, doivent être réalisés en priorité.

Les travaux nécessaires pour chaque ouvrage ont été classifiés selon trois catégories : légers, moyens ou lourds. Les travaux légers sont ceux que l'on considère réalisable en régie (cf partie aménagements). Les travaux moyens nécessitent l'intervention d'une entreprise extérieure. Les travaux lourds nécessitent le remplacement total de l'ouvrage ou bien un aménagement complexe (de type passe à poissons). L'ampleur des travaux est calculée à partir des mesures effectuées sur l'ouvrage : hauteur de chute, profondeur de fosse, vitesse du courant, pente, ainsi que sur sa nature et son âge.

#### c) L'intégration des critères dans plusieurs systèmes de hiérarchisation

Les critères pris en compte dans la hiérarchisation sont de natures et de sources différentes. Certains proviennent de documents officiels (SDAGE, Fédération de Pêche, ONEMA), tandis que d'autres sont calculés sous SIG ou dérivés de mesures de terrain. Etant donné le nombre de critères disponibles, plusieurs scénarios de hiérarchisation sont possibles.

Deux méthodes de hiérarchisation ont été expérimentées :

- La hiérarchisation par un système de clé de hiérarchisation. Il Permet de répartir les ouvrages par « groupes de priorité » distincts.
- La hiérarchisation par un système de points attribués à chaque ouvrage en fonction de ses caractéristiques. Il est possible de pondérer les critères en fonction de l'importance que l'on souhaite leur donner.

#### (i) Priorisation par la méthode A : clés de hiérarchisation

6 scénarios de hiérarchisation ont été élaborés, selon les 9 critères détaillés précédemment. Ils s'échelonnent du plus « formel » (basé exclusivement sur les documents officiels) au plus « pragmatique » (basé exclusivement sur des critères de terrain ou sur des aspects pratiques).



	Scénario						
	1	2	3	4	5	6	
Note ICE	2	2	2	2	2	2	
Classement du cours d'eau	1	1	1	1	1	1	
SDAGE	Etat écologique	4	5	6			
		Etat chimique	3	3	3	4	5
		Etat continuité	5	6	7		
PDPG		4	4	5			
Ampleur des Travaux			5	3	3	3	
Proximités d'autres ouvrages			9	7	6		
Topographie du cours d'eau			8	6	4	4	

Tableau 8 : Scénarios 1 à 6 avec pour chaque scénario l'ordre des critères de hiérarchisation.

Tous les scénarios prennent en compte la note ICE obtenue sur le terrain ainsi que le classement des cours d'eau issu de la LEMA de 2006. Le scénario idéal serait celui faisant la synthèse de tous les critères : le n°3 ou le n°4.

#### Inconvénients de la méthode A :

Multiplicité des scénarios : Le nombre de critères pris en compte est de 9. Deux critères sont nécessairement situés en entrée de classement : la note ICE et le classement du cours d'eau. Les 7 autres critères restants peuvent être ordonnés de  $7! = 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 5040$  façons, ce qui est un nombre de possibilité très élevé. Or, les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas toujours de se prononcer clairement sur la priorité d'un critère par rapport à un autre.

Des choix inévitables : Etant donné le nombre très élevé de scénarios possibles, il est nécessaire de faire des choix dans l'ordre de hiérarchisation des critères, ayant une influence plus ou moins importante sur le classement final des ouvrages prioritaires. Ces choix ne pouvant pas toujours s'appuyer sur des bases scientifiques solides, ils peuvent être la source d'un certain biais. Par ailleurs, il est impossible de mettre sur le même plan d'égalité des critères dont on considère que l'importance est similaire.

#### Avantages de la méthode :

Permet de classer de façon rationnelle et normalisée tout ouvrage nouvellement mesuré par la suite.

#### Bilan sur la méthode A :

La méthode A présente un certain nombre d'inconvénients. En effet, le nombre de choix de scénarios possibles est très élevé et nécessite des choix parfois arbitraires. Par ailleurs, le fait de proposer un nombre élevé de scénarios risque de rendre la méthode de hiérarchisation illisible.

#### (ii) Priorisation par la méthode B : système de notation

La méthode de priorisation A présente un certain nombre d'inconvénients. Une méthode alternative de hiérarchisation a été élaborée, reposant sur un système de points. Pour chaque critère, et pour chaque valeur que peut prendre ce critère, un nombre de points est attribué. Ce nombre est élevé si l'on considère qu'il s'agit d'un critère prioritaire, faible autrement.

Les points sont attribués pour chaque critère en fonction des objectifs détaillés dans la partie 2]. L'ensemble des valeurs est résumé dans le tableau ci-dessous :

Note ICE	1	0,66	0,33	0
Points	-50	0	0	10
Ampleur Travaux	Lourds	Moyens	Légers	
Points	1	2	10	
Distance aval	<100m	100<x<500	500<x<1000	<1000
Points	1	2	3	4
Distance amont (si obstacle situé avant l'atteinte de la source)	<100m	100<x<500	500<x<1000	<1000
Points	0	1	3	6
Distance amont (si l'on peut remonter jusqu'à la source)	<100m	100<x<500	500<x<1000	<1000
Points	0	1	3	4
Etat écologique SDAGE	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon
Points	4	3	2	1
Etat chimique SDAGE	Bon	Mauvais	Non déterminé	
Points	5	0	0	
Etat PDPG Féd de Pêche	Conforme	Perturbé	Dégradé	Non déterminé
Points	0	1	2	-10
Pression continuité	Forte	Moyenne	Faible	
Points	2	1	0	
Pente naturelle du cours d'eau	<10%	>10%		
Points	5	-5		

**Tableau 9 : Barème de points utilisé pour la hiérarchisation**

Le classement des ouvrages prioritaires est ensuite simplement obtenu en faisant la somme des points pour chaque critère.

### Valeurs particulières notables :

Une note de -50 est attribuée à tous les ouvrages dont la note ICE est de 1. Cela permet d'exclure automatiquement du classement tout ouvrage diagnostiqué comme franchissable. De même, une note de -10 est attribuée aux ouvrages situés sur des tronçons de cours d'eau non évalués dans le PDPG de la Fédération de Pêche. En effet, on estime que ces tronçons sont de très faible débit et à très faible valeur écologique, et qu'il n'est donc pas pertinent d'en aménager les ouvrages en priorité.

### Inconvénients de la méthode par points :

- Nécessité d'attribuer des valeurs aux différents critères pouvant être source de variations importantes dans le classement final.

### Avantages de la méthode par points :

- Permet d'obtenir le classement complet des ouvrages du plus au moins prioritaire
- Basé sur une note faisant la synthèse de tous les critères pris en compte.
- Très facilement modifiable, grande adaptabilité en faisant varier le barème de points.

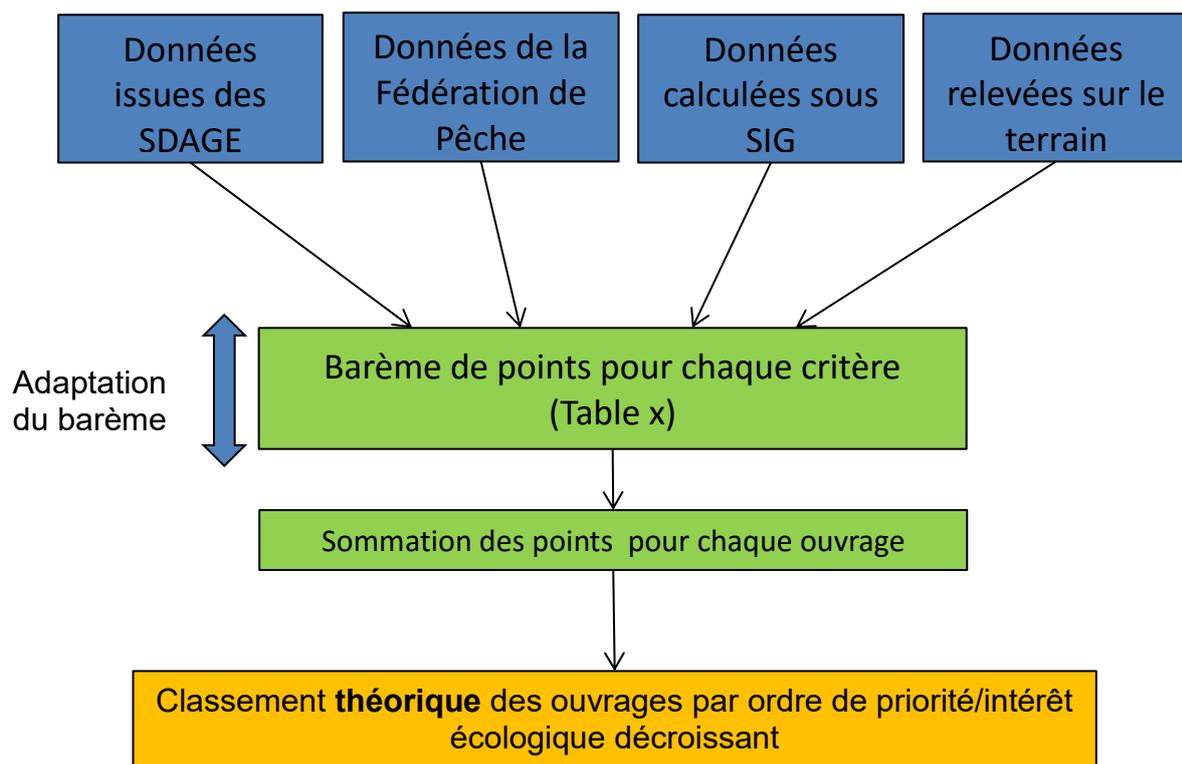


Figure 27 : Récapitulation du principe du classement par barème de points

### Bilan sur la hiérarchisation des ouvrages :

Les deux méthodes de hiérarchisation proposées présentent chacune des avantages et des inconvénients. Toutefois, celle qui semble être la plus objective et la plus simple d'utilisation est la méthode de classement par points. Les critères pris en compte dans la hiérarchisation ont été abordés et validés lors de deux comités de pilotage (25 Juin 2015 et 2 Septembre 2015) au Conseil

Départemental des Vosges, de même que l'ensemble de la démarche de hiérarchisation, en présence des acteurs suivants :

- Agence de l'Eau Rhin-Meuse
- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
- Fédération de Pêche des Vosges
- EPTB Meurthe-Madon
- EPTB Saône-Doubs
- EPAMA
- Région Lorraine
- ONEMA
- ONF
- DDT 88
- Service Routes du Conseil départemental des Vosges.

C'est donc la méthode par points qui sera retenue pour la suite de ce rapport. Toutefois, des propositions d'aménagements sont faites pour chacun des 91 ouvrages. Ainsi, une adaptation du barème de points en fonction des orientations politiques choisies permet d'établir automatiquement un nouveau classement, et il suffit d'organiser les « fiches aménagement » dans l'ordre que l'on souhaite.

### 3) L'aménagement des ouvrages

#### a) Biais liés à des imprécisions dans la méthode de classement : remise en question de la pertinence de l'aménagement

Le classement des ouvrages du plus au moins prioritaire, obtenu à l'étape précédente, est basé sur un certain nombre de critères scientifiques et pratiques. Toutefois, la **réalité du terrain** est parfois **différente de la théorie**, et l'analyse poussée des ouvrages au cas par cas montre que leur degré réel de priorité est beaucoup plus faible que ce qui a été calculé. Certains aspects ne peuvent pas être pris en compte dans la hiérarchisation et illustrent les limites de cette méthode. Une analyse au **cas par cas** est toujours nécessaire pour déterminer si l'aménagement d'un ouvrage est pertinent ou non.

Plusieurs raisons sont possibles pour expliquer la différence entre le classement théorique et la priorité réelle de l'aménagement. Du fait de certains critères à large échelle, tels l'état des lieux DCE ou les objectifs « continuité » des SDAGE, des scores très élevés peuvent être attribués à des petits ouvrages de tête de bassin, sans que la note liée à la **pente** soit suffisamment importante pour avoir un effet discriminant. En effet, le critère « pente », obtenu par dérivation du MNT (Modèle Numérique de Terrain) au pas de 25 m, a une précision limitée. Un critère « **Infranchissabilité naturelle manifeste** » ou bien « **travaux techniquement impossibles** » établi sur le terrain semble manquer au système de hiérarchisation. Un tel critère permettrait de discriminer automatiquement de tels ouvrages et de les faire apparaître en **fin de classement**.

L'analyse au cas par cas permet de justifier, pour chaque ouvrage, la pertinence ou non des travaux, par le biais de données précises. Des fiches aménagements sont produites pour chaque

ouvrage, dans lesquelles sont synthétisés tous les critères nécessaires au choix du type d'aménagement.

Plusieurs exemples permettent d'illustrer la nécessité de réaliser une analyse au cas par cas. C'est le cas de l'ouvrage n°405, situé sur la route D430 (*Route des Crêtes*), sur la commune de La Bresse. Les données obtenues théoriquement laissent supposer un ouvrage moyennement à hautement prioritaire, puisqu'il arrive en 30<sup>e</sup> position sur les 91 ouvrages considérés. Les états écologique et chimique sont bons, et le PDPG de la Fédération de Pêche définit ce tronçon de cours d'eau comme « conforme ». De plus, la pression « continuité écologique » est forte, ce qui suppose que la suppression des obstacles sur cette masse d'eau peut avoir des impacts très bénéfiques. L'aménagement a été considéré comme « lourd » étant donné la pente importante dans l'ouvrage (9%). Toutefois, si l'on se rend sur le terrain, la réalité semble différente :



Figure 28 : Entrée de l'ouvrage n°405



Figure 29 : Sortie de l'ouvrage n°405

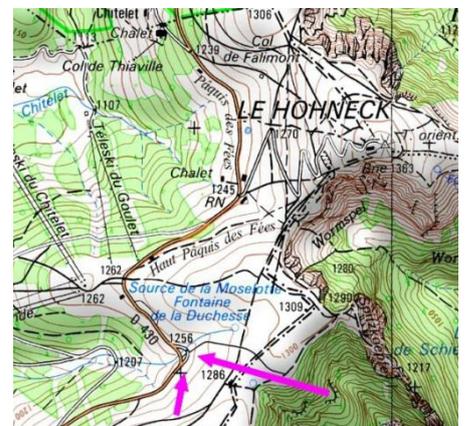


Figure 30 : Localisation de l'ouvrage – Lieu-dit « Fontaine de la Duchesse ».

En effet, l'ouvrage n°405 n'est autre que le monument de la « Fontaine de la Duchesse », situé sur la route des crêtes. Par ailleurs, le cours d'eau semble peu propice à la vie piscicole, étant donné sa pente naturelle importante et son faible débit. La source de la Moselotte est située à moins de 100 mètres de l'ouvrage, et la suppression de cet obstacle n'aurait que très peu d'impact en termes de linéaire débloqué. L'aménagement de l'ouvrage entraînerait la destruction de la fontaine, son remplacement par un PICF à faible inclinaison, et la construction de plusieurs bassins en enrochement en aval pour compenser la chute inévitablement créée par le redressement de l'ouvrage, pour un coût nécessairement très élevé. Un tel aménagement ne semble pas rationnel, et est probablement irréalisable techniquement. Ainsi, la solution la plus logique pour les ouvrages de ce type est de ne pas réaliser de travaux dans l'immédiat, du moins jusqu'au renouvellement standard de l'ouvrage (lié uniquement à la dégradation de sa structure).

Ainsi, sur les 91 ouvrages pris en compte dans la stratégie d'aménagement, il a été décidé, pour 24 d'entre eux, de ne pas réaliser de travaux dans l'immédiat et de privilégier les actions là où les bénéfices attendus sont les plus élevés. Les raisons ayant amené à ce choix sont disponibles dans chacune des 91 fiches aménagements produites (annexe).



Figure 33 : Amont de l'ouvrage 148, 26° prioritaire théoriquement



Figure 32 : Sortie de l'ouvrage 148



Figure 31 : Sortie de l'ouvrage 404, 25° prioritaire théoriquement.

Pour certains ouvrages, notamment ceux concernés par des fortes pentes, la seule solution réalisable techniquement et conforme aux exigences de franchissabilité de la truite d'après la méthode ICE, est le remplacement de l'ouvrage par un PICF ou PIPO à plus faible degré d'inclinaison, couplé à des bassins en enrochement à l'aval et à de nombreux seuils intermédiaires à l'intérieur de l'ouvrage. Cette solution, vu son coût relativement élevé, doit être réservée aux ouvrages les plus prioritaires, pour lesquels la probabilité d'amélioration écologique est élevée. Il n'est pas pertinent d'aménager des ouvrages pour les rendre franchissables alors que la partie du cours d'eau concernée est naturellement infranchissable. Un déclassement de certaines portions de cours d'eau, dont les cours d'eau temporaires, semble être une piste intéressante à explorer afin de rendre la législation cohérente avec la réalité du terrain.

La nouvelle cartographie des cours d'eau de France, prévue dans le cadre de la Loi Biodiversité de 2015 et devant être effectuée par l'ONEMA, pourrait fournir des éléments utiles pour préciser avec plus de précision quelles portions de cours d'eau présentent des intérêts élevés d'un point de vue écologique.

#### b) Méthodologie d'aménagement pour les ouvrages où les bénéfices attendus sont élevés

Une des notions majeures qui a été prise en compte pour la mise aux normes des ouvrages d'art du Conseil départemental des Vosges est le respect d'un certain rapport « **coût – bénéfices attendus** ». Ce principe a été mis en œuvre dans le processus de hiérarchisation des ouvrages, mais doit également l'être dans le cadre du **choix des travaux d'aménagements**. En effet, de nombreuses techniques de mise aux normes existent, pour des coûts très variables. Le remplacement complet de

l'ouvrage, opération la plus onéreuse, n'est pas toujours nécessaire. Il est parfois possible d'aménager les ouvrages pour des sommes modestes. Les coûts, techniques et efficacités de tels aménagements sont également variables, et il convient à chaque fois de choisir celui que l'on considère le plus adapté.

Ainsi, pour certains ouvrages, les bénéfices attendus et la difficulté technique ne permettent pas de justifier de grandes dépenses pour un aménagement. Dans ce cas, l'attente du renouvellement « normal » de l'ouvrage par le Service Routes peut être la solution la plus raisonnable, d'autant plus si l'ouvrage souffre de problèmes d'affaiblissement et d'usure de sa structure.

Le choix de la technique d'aménagement est directement lié au **type d'ouvrage** ainsi qu'aux **facteurs causant sont infranchissabilité**. En effet, on a vu dans la partie II que sur les 91 ouvrages diagnostiqués infranchissables, 17 le sont uniquement en raison de la présence d'une chute, 32 en raison de pentes ou vitesses trop importantes et 42 pour la conjonction de plusieurs facteurs. De même, sur ces 91 ouvrages, 39 sont des buses, 8 des PICF, 8 des PIPO et 36 des radiers de ponts. Cette variété de situation est source d'une importante variabilité de possibilités d'aménagements, dont les principales sont résumées dans la table x.

Cause infranchissabilité / Type d'ouvrage	Chute	Pente	Vitesse	Tirant d'eau
Buse	- Micro-seuil aval Ou remplacement	- Remplacement par PICF/PIPO - Pas d'aménagement	- Si $\varnothing > 1000\text{mm}$ , échancrures en aluminium - Remplacement	- Remplacement
Radier	- Micro-seuil aval - Rampe en enrochement - Echancrure	- Déflecteurs - Remplacement de l'ouvrage	- Déflecteurs - Micro-seuil aval	- Micro-seuil aval - Barrettes en fond d'ouvrage
PICF	- Micro-seuil aval - Rampe en enrochement	- Déflecteurs - Remplacement, recalibrage	- Déflecteurs - Micro-seuil aval	- Micro-seuil aval - Barrettes en fond d'ouvrage
PIPO	- Destruction d'un seuil	- Pas d'aménagement	- Micro-seuil aval	- Pas d'aménagement

Tableau 10 : Possibilités d'aménagements pour les ouvrages posant un problème pour la continuité.

	Aménagement coûteux, remplacement complet
	Aménagement sans remplacement
	Pas d'aménagement ou aménagement mineur

Cette table permet de donner les principales orientations de gestion pour l'aménagement des ouvrages, bien que de nombreuses adaptations et combinaisons de méthodes soient possibles et qu'il faille étudier chaque aménagement au **cas par cas**. La spécificité du terrain doit également être prise en compte. En effet, il est plus simple d'aménager des micro-seuils à l'aval d'un ouvrage si le

cours d'eau est étroit et encaissé, et plus délicat dans le cas d'un cours d'eau large et peu encaissé. De même, il existe une grande variété de matériaux et de techniques de construction possibles pour un même type d'aménagement. Ainsi, un micro-seuil construit à l'aval d'un ouvrage peut être réalisé en béton, en enrochements ou encore en bois (rondins ou planches...), bien que la méthode en blocs/rochers semble être la plus courante pour le Service Routes du Conseil Départemental. Les aménagements proposés le sont de façon à privilégier autant que possible les actions en régie, directement par le Service Routes, sans faire appel à une société extérieure par le biais d'un marché public. L'aménagement est également préféré au remplacement de l'ouvrage.

En se basant sur ces considérations et cette méthodologie, des fiches d'aménagement ont été produites pour chaque ouvrage prioritaire. Ces fiches reprennent les critères justifiant l'intérêt écologique de l'aménagement, les principales informations de localisation, les données mesurées sur le terrain et les points problématiques. En considération de ces paramètres, des propositions d'aménagements sont faites.

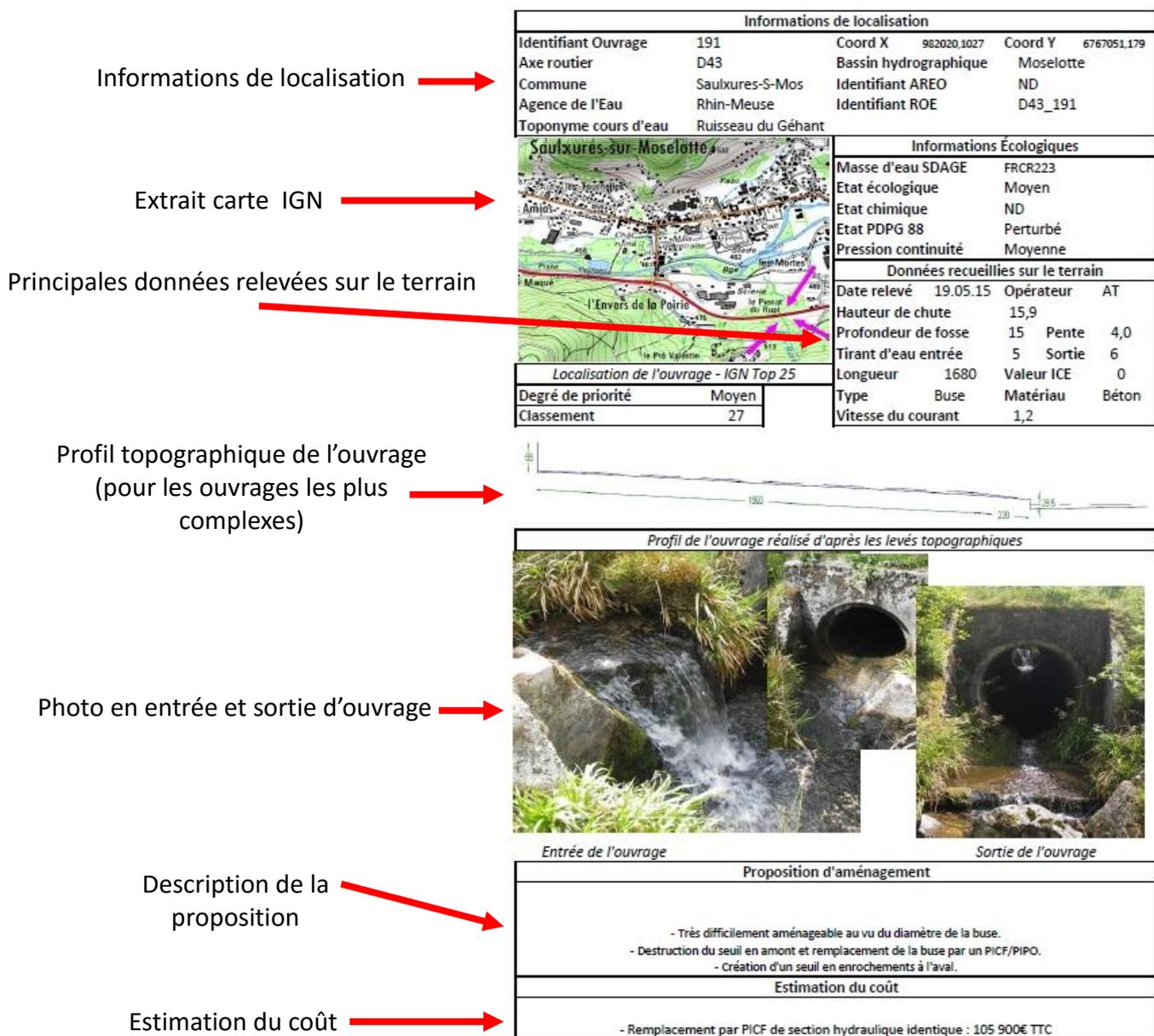


Figure 34 : Exemple de fiche aménagement : l'ouvrage n°191

#### 4) Bilan et estimation financière de l'aménagement des ouvrages

##### a) Méthodologie pour l'estimation du coût des travaux et synthèse de retours d'expérience

###### (i) Remplacement des ouvrages

Le remplacement d'un ouvrage par un pont cadre en béton (PICF) est parfois nécessaire. Il s'agit de la solution la plus coûteuse. Dans le cadre d'une construction de ce type, des bassins en enrochement sont systématiquement conçus dès le départ, afin d'éviter tout risque de creusement

de fosse à l'aval. Le coût d'un aménagement de ce type a été calculé selon la méthodologie utilisée par le service route du Conseil départemental des Vosges.

Le remplacement par un PIPO est théoriquement préférable car ne modifiant pas du tout le lit naturel du cours d'eau. Cependant, étant donné l'incertitude liée à la nature du sol pour le choix des fondations, les estimations de coût sont plus délicates que pour un PICF. Dans ce contexte, toutes les estimations de coût de remplacement ont été faites pour des PICF. Il est à noter que le coût d'un PICF est en général inférieur à celui d'un PIPO pour les ouvrages inférieurs à 8 m d'ouverture (Poirot, communication personnelle ; ONF, 2008)



Figure 35 : Pose de PIPO sur le Cartelier à Rontalon (69) (SMAGGA, 2013). 96 000€ HT



Figure 36 : Pose de PICF à St-Renan (35). (AAPPMA St-Renan, 2012).

Les PICF sont dimensionnés de façon à conserver une section hydraulique identique à celle de l'ouvrage remplacé. Ils sont enterrés de 30cm sous le niveau du sol afin de conserver un fond naturel dans l'ouvrage. Le coût pour un remplacement complet, intégrant le coût du ruban de route, les rambardes de sécurité ainsi que tous les équipements indispensables est calculé selon le taux de 1200 € TTC/m<sup>2</sup> de béton (taux moyen utilisé par le service route du Conseil Départemental)

Exemple : remplacement d'une buse béton obsolète.

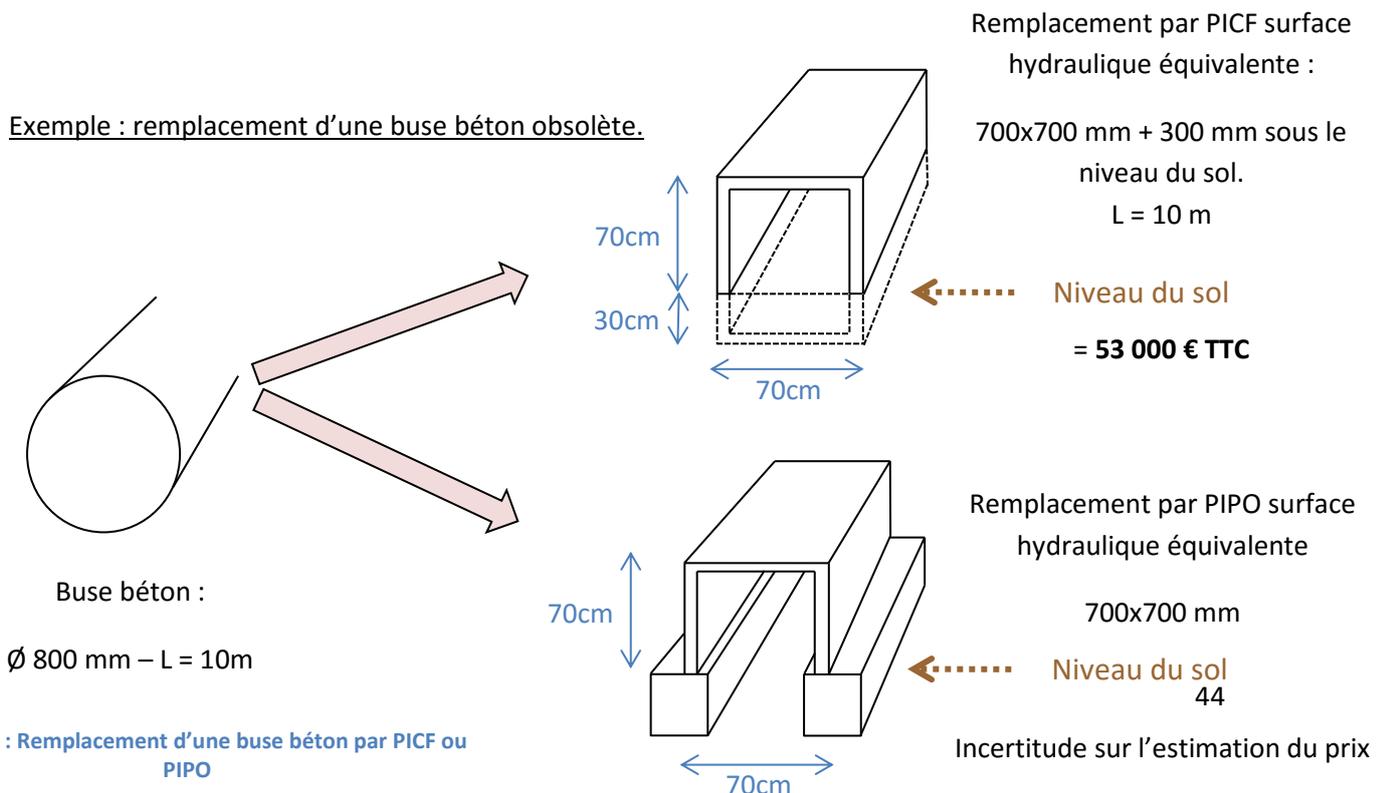


Figure 37 : Remplacement d'une buse béton par PICF ou PIPO

## (ii) Aménagements sans remplacement

L'estimation du coût des travaux de remplacement sans aménagement est basée sur les différents retours d'expérience disponibles dans la littérature. Les seuils construits à l'aval d'un ouvrage pour réduire la hauteur de chute peuvent être de matériaux différents : **bois** (Caudron, et al., 2002 ; Syndicat de Rivière Brevénne-Turdine, 2008), **roche** (Département des Vosges, EPTB Vilaine, Communauté de communes du Pays Mornantais, Fédération de pêche de l'Orne, Fédération de pêche des Vosges) ou encore **béton** (Fédération de pêche des Vosges).



Figure 39 : Aménagement de radier avec seuils en bois en Rhône-Alpes (SYRIBT, 2009)



Figure 38 : Aménagement en sortie de buse sur Le Véise à Gruffy (74) - Syndicat Mixte Interdépartemental d'aménagement du Chéran.



Figure 41 : Aménagement en sortie de PICF sur affluent de la Plaine à Celles-Sur-Plaine (88). Conseil Départemental des Vosges (2013)



Figure 40 : Aménagement de radier sur le Cartelier à Rontalon (69). Communauté de communes du Pays Mornantais (69).

Les coûts de construction sont comparables d'un matériau à l'autre, étant principalement liés à la main d'œuvre et aux moyens techniques mis en œuvre. Les seuils en roche sont légèrement plus coûteux. Pour des seuils en enrochement, les coûts moyens constatés vont de 1150 € HT/seuil (ONF, 2008) à 2000 € HT/seuil. Le Conseil Départemental des Vosges estime également ces coûts entre 1000 et 2000 € HT/seuil (Communauté de communes du Pays Mornantais). Pour des seuils en bois, les prix constatés vont de 600 € HT/seuil (FDPMA88, 2015) à 1200 € HT/seuil (AAPPMA 74, 2013) où 2400 € HT/seuil (Syndicat de Rivière Brevénne-Turdine, 2008) en fonction du bois utilisé et de la dimension des seuils. La hauteur des chutes est en général comprise entre 15 et 30 cm et ne doit en aucun cas dépasser 30cm.

Durant le comité de pilotage du 02.09.2015, il a été décidé de privilégier les aménagements en roche pour des questions de durabilité et de facilité de réalisation. Un coût moyen de 1500 € HT/seuil a été retenu pour estimer les coûts de réalisation des travaux dans la partie 3.3.3.2).

Un autre type d'aménagement parfois nécessaire lorsque les vitesses de courant sont trop importante est la pose de déflecteurs ou barrettes en chevron en fond d'ouvrage. Ici également, la nature du matériau peut être variable : bois (Communauté de communes du Pays Monantais) ou béton (FDPMA88, CD 88). Les aménagements en béton ont été privilégiés car déjà réalisés précédemment dans le département et réputés plus durables (COPIL du 02.09.2015).



Figure 43 : Aménagement en sortie de PICF sur affluent de la Plaine à Celles-Sur-Plaine (88). Conseil Départemental des Vosges (2013)



Figure 42 : Aménagement de radier sur le Cartelier à Rontalon (69). Communauté de communes du Pays Mornantais

## b) Résultats de l'estimation financière

D'après la méthodologie décrite précédemment, et après une étude au cas par cas des 91 ouvrages infranchissables décrits dans la partie 3.1) selon la méthodologie de la partie 3.3.2), une estimation financière des travaux a été réalisée.

	Nombre d'ouvrage	Estimation cout TTC
Aménagement	37	227 000 €
Remplacement	28	3 210 000 €
Pas de travaux	24	0 €
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>3 437 000 €</b>

**Tableau 11 : Estimation du coût total de travaux pour les 91 ouvrages infranchissables présentés dans la partie 3.1).**

Le remplacement des ouvrages se révèle être l'unique solution possible pour 28/91 cas, pour un total estimé de 3 210 000€ TTC. Les aménagements de radiers à l'aide de déflecteurs ou de seuils en enrochement sont suffisants pour 37/91 cas. Enfin, pour 24/91 cas, il n'a pas été jugé pertinent de prévoir des travaux (infranchissabilité naturelle manifeste, aménagement impossible techniquement, aménagement optimal déjà réalisé). Les raisons ayant permis de justifier chacun de ces 91 choix sont disponibles dans les 91 fiches aménagements réalisées (annexe).

Lien avec le renouvellement « standard » des ouvrages lié à l'affaiblissement de leur structure :

Nous avons vu dans la partie 2.1.b) que certains des 91 ouvrages mesurés étaient référencés dans la base de données du service route du Conseil Départemental. Cela représente 22 ouvrages sur 91, pour lesquels des informations sur l'état d'usure structurel sont disponibles.

Travaux liés à la continuité / Travaux liés à la structure	Aménagement	Remplacement	Rien	Total
Urgence immédiate, sécurité de l'utilisateur	1			1
Travaux à réaliser en priorité (1 an)	6		1	7
Travaux à réaliser à moyen terme (3 ans)	5	2	2	9
Pas de travaux à prévoir	5			5

**Tableau 12 : Bilan des travaux prévus sur les ouvrages problématiques par les service routes**

Pour certains ouvrages, des travaux de réparation/remplacement de la structure sont prévus dans un délai de quelques mois, 1 an ou bien 3 ans. Dans ce cas, les aménagements liés à la continuité écologique pourront être réalisés conjointement à ces travaux structurels. Dans le cas où il n'y a pas de travaux prévus, les aménagements liés à la continuité écologique devront être réalisés dans le cadre de chantiers spécifiques. Dans le cas des ouvrages <2m d'ouverture, il est impossible actuellement de faire le lien avec d'éventuels travaux déjà programmés, étant donné l'absence de base de donnée centrale et la gestion propre à chaque unité territoriale.

## IV) Discussion

### 1) Pistes de financement pour les travaux

Lors du COPIL du 02.09.2015, la question du financement des travaux a été abordée. Etant donné la lourdeur financière des travaux, il a été décidé d'étaler les travaux selon l'ordre de hiérarchisation calculé dans la partie 3.2). Les Agences de l'Eau Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée-Corse peuvent financer les travaux selon un taux variant de 60 % à 80 % en fonction de leur nature. En cas d'effacement total de l'ouvrage, le financement peut être de 80 %. En cas de réduction de l'impact d'un ouvrage, comme dans le cas de la création de bassins en enrochement ou de la pose de déflecteurs, ce financement est de l'ordre de 60% du coût total.

Seuls les éléments permettant le passage du poisson peuvent être financés par l'Agence de l'Eau à hauteur de 80 % : cadre en béton, déflecteurs, enrochement ; et qu'il est nécessaire de justifier d'un intérêt écologique (ce qui est possible grâce à la technique de hiérarchisation). Néanmoins, les Agences de l'Eau Rhin-Meuse et Rhône-Méditerranée sont prêtes à soutenir financièrement les travaux de remplacement, sous réserve que le CD réalise des travaux d'aménagements exclusivement liés à la continuité écologique, en plus des travaux d'entretien classique des ouvrages.

La Région Lorraine indique que la nouvelle programmation FEDER 2014-2020 permet désormais le financement de projets opérationnels de restauration de continuités écologiques. Le financement des dossiers sera étudié au cas par cas et dépendra notamment de l'ambition du projet, et des bénéfices de celui-ci vis-à-vis d'autres espèces.

Enfin, il pourrait être possible de déléguer la réalisation des aménagements à la Fédération de Pêche des Vosges qui est éligible, grâce à son statut d'association, à des financements à hauteur de 100% par l'Agence de l'Eau.

### 2) Limites de la méthode développée

Un des principaux problèmes rencontré lors de l'élaboration de cette stratégie est la confrontation récurrente à des ouvrages pour lesquels l'aménagement semble peu pertinent en raison de forts risques d'infranchissabilité naturelle. En effet, le classement actuel des cours d'eau ne fait pas de distinction en fonction du rang du cours d'eau. Un cours d'eau majeur, tel la Moselle ou la Meurthe, y a le même statut que ses plus petits affluents, tels la Vologne ou la Cleurie, ou encore que des petits ruisseaux annexes ou même des cours d'eau temporaires, très faibles filets d'eau. Du fait de ce classement homogène, tous les ouvrages situés sur ces cours d'eau doivent être légalement aménagés. Or, nous avons vu dans la partie 3) que les bénéfices écologiques pouvaient être très variables d'un cours d'eau à l'autre, et qu'ils étaient parfois proches de zéro. Dans ce contexte, un système de hiérarchisation a été développé afin de prioriser les ouvrages prioritaires. Cependant, d'un point de vue légal, tous les aménagements devraient être réalisés. Une solution permettant de lever cette ambiguïté serait de proposer au déclassement les portions de cours d'eau situés en extrême tête de bassin.

Par ailleurs, le fait que les différentes bases de données d'obstacles existantes (dont le ROE) ne soient pas suffisamment complètes pour être prise avec suffisamment de certitude dans la

stratégie de hiérarchisation. Dans la version VI du ROE (2013), seuls 12 ouvrages sur les 649 des routes départementales étaient pris en compte.

### 3) Bilan sur l'utilisation du protocole ICE

Du fait de son application sur plus de 100 ouvrages routiers, il est possible de dresser les inconvénients et les avantages du protocole ICE développé par l'ONEMA.

Avantages :

- Applicable **seul** sur le terrain (si disponibilité d'un niveau laser)
- Ne nécessite pas de matériel très coûteux :
  - Niveau laser
  - Courantomètre
  - Outils de mesure classiques
- Ne nécessite pas de connaissances poussées en écologie des poissons
- Utilisable par un grand nombre d'acteurs
- Propose un diagnostic **objectif** basé sur des critères factuels.

Inconvénients :

- Assez coûteux en temps : 30 minutes (+/- 15 minutes)
  - Possible de réaliser 15 (+/- 5) mesures par jour
- Parfois impossible à appliquer (pente trop forte ou obstacles à la visée)
- Pas de prise en compte de l'imprécision des mesures dans les tables du protocole ICE
- Protocole assez « discriminant » :
  - Beaucoup de barrières totales (67/91) et peu de barrières partielles (24/91)
  - La présence d'une chute est en général source d'infranchissabilité totale (52 cas sur 67).

### 4) Perspectives

La stratégie d'action développée au cours de ce rapport peut facilement être applicable à d'autres types de situations. On peut par exemple imaginer réaliser une telle démarche pour tous les ouvrages communaux, ferroviaires, forestiers ou privés, afin d'avoir une vision globale de la question de continuité écologique sur l'ensemble du territoire, en complément de l'actuel ROE. Une analyse a d'ailleurs été réalisée pour les routes communales des Vosges. La mise aux normes des ouvrages routiers de routes communales situées sur les cours d'eau classés liste II est à la charge des différentes communes du département. Cependant, une partie de ces aménagements pourraient être réalisés dans le cadre de l'Agence Technique Départementale et de la coopération technique proposée à certaines communes. Ainsi, une estimation du nombre d'ouvrages communaux a été réalisée selon la même méthodologie de croisement de couches :

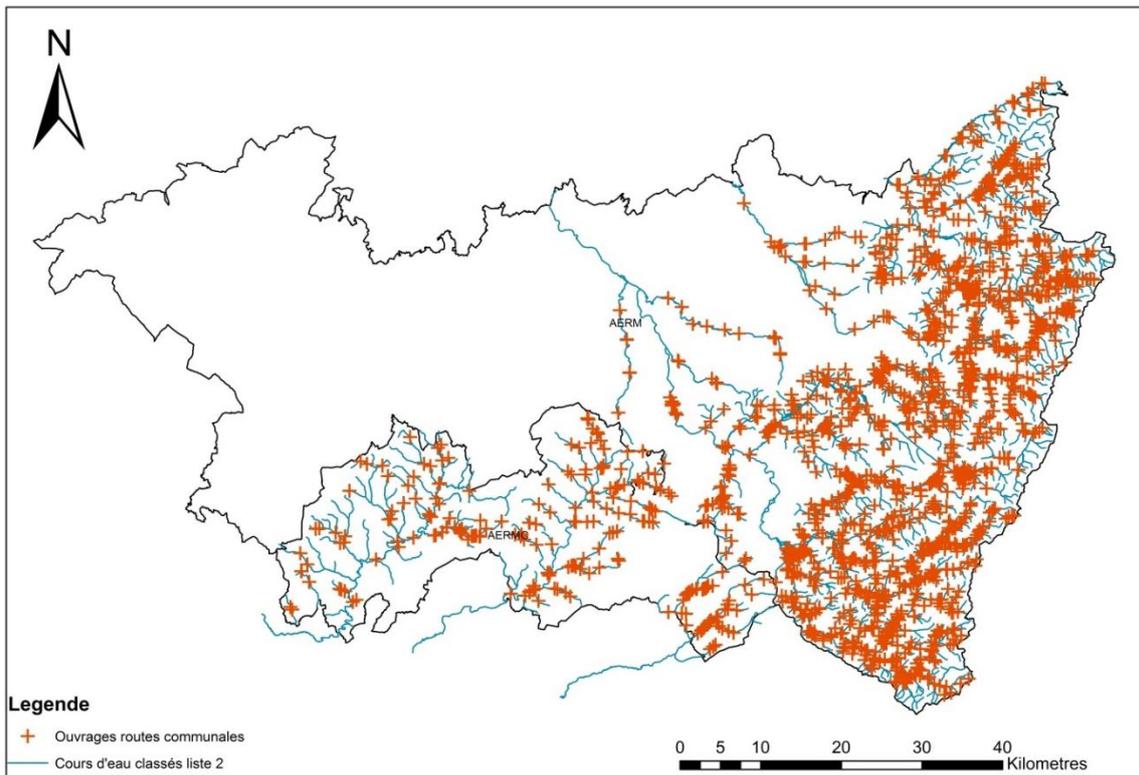


Figure 44 : Localisation des ouvrages communaux obtenus d'après croisement entre la couche du Référentiel Grande Echelle (RGE) de l'IGN et la couche des cours d'eau en liste II.

1792 ouvrages ont ainsi été identifiés. Par analogie avec l'analyse des routes départementales et le nombre final d'ouvrage après suppression des doublons et des erreurs liées à la simulation, on peut estimer qu'il y a environ **1600 ouvrages communaux** à traiter, soit plus du double du nombre d'ouvrages départementaux. A ce nombre déjà très élevé s'ajoutent les ouvrages privés, agricoles et forestiers, dont le nombre est incertain mais probablement encore plus élevé que pour les ouvrages communaux, notamment pour les pistes forestières (Jean-Baptiste Rouillon, communication personnelle). Il serait possible d'appliquer la même méthode, y compris de hiérarchisation, à ces catégories d'ouvrages. De même, cette stratégie est adaptable à d'autres territoires. En Lorraine, seul le département des Vosges a établi une stratégie de grande envergure sur l'ensemble de son territoire, comprenant une hiérarchisation des ouvrages. Cette méthode peut facilement être adaptée à d'autres départements, les données ayant servi à son élaboration étant disponibles sur tout le territoire national (Agences de l'Eau, IGN, ONEMA et Fédérations de Pêche).

## Conclusion

Les cours d'eau vosgiens ont depuis de nombreux siècles été remodelés, rectifiés et aménagés pour des utilisations aussi diverses qu'essentielles au développement de l'industrie, de l'agriculture et des populations. Moulins, filatures, tissages, féculeries, scieries, voies de franchissement... Les perturbations à l'écoulement et au passage du poisson sont nombreuses. Les premières notions de « passes à poisson » remontent au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Cependant, ce n'est qu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle que sont apparus les premiers textes de loi imposant la restauration de la « continuité écologique », une notion alors nouvelle.

Cette question s'impose alors dans le Département des Vosges et dans le reste de la France et Europe comme l'un des axes majeurs pour l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau requis par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau de 2000, traduit dans la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006 en France. Suite à cette loi, de nouveaux classements de cours d'eau ont été promulgués en 2012 (bassin Rhône-Méditerranée) et 2013 (bassin Rhin-Meuse), imposant le rétablissement de la continuité écologique pour la liste II d'ici 2018.

Afin de répondre à cette obligation réglementaire, une stratégie d'action a été mise en place au sein du Conseil départemental des Vosges, propriétaire de nombreux ouvrages de franchissement de cours d'eau sur les routes départementales. 649 ouvrages ont été identifiés informatiquement. Une première analyse photographique a été réalisée en étudiant les informations disponibles dans la base de données du service des routes. Cette première analyse a été complétée par une campagne de terrain au cours de laquelle les ouvrages ont été visités, photographiés, et, en cas de nécessité, mesurés et diagnostiqués selon le protocole ICE de l'ONEMA. Ainsi, les bassins de la Saône, du Coney, de la Moselle et de ses affluents ont été traités. Le bassin de la Meurthe a pu être visité partiellement mais les mesures n'ont pas pu être effectuées pour des raisons de niveau d'eau trop faibles.

Il est ressorti de cette analyse une liste de 91 ouvrages routiers nécessitant des travaux de rétablissement de la continuité écologique, principalement pour des problèmes de chute d'eau en sortie d'ouvrage mais également de pente ou de vitesses du courant trop élevées. Une analyse des différents types d'ouvrages a permis de montrer que les buses en béton et les radiers étaient les types d'ouvrages les plus problématiques, ce qui est utile pour les choix de construction futurs.

Afin d'étaler les travaux dans la durée et de prioriser les actions sur les points les plus stratégiques, où le rétablissement de la continuité peut avoir un impact élevé, un système de hiérarchisation a été mis en place, basé sur de nombreux critères scientifiques. Ce système de hiérarchisation est valide pour l'ensemble du département et permet de définir pour chaque point l'intérêt d'une restauration de la continuité écologique. Il serait ainsi utilisable pour n'importe quel autre programme de suppression d'obstacles sur le département, notamment les routes communales et forestières.

Après une étude bibliographique des différentes techniques d'aménagement classiquement utilisées pour le rétablissement de la continuité écologique, des propositions d'aménagements avec une estimation financière ont été réalisées pour chacun des 91 ouvrages, au préalable classés selon le système de hiérarchisation. Un programme d'action a ainsi été réalisé pour l'ensemble des bassins de la Saône et de la Moselle, pour un total estimé à 3 437 000 €. Par ailleurs, le classement des

ouvrages proposés n'est pas définitif, et il peut être très simplement actualisé par modification du système de hiérarchisation.

La méthode décrite dans ce rapport est complète. A partir de données SIG, une stratégie d'action, basée sur des relevés de terrain et allant jusqu'aux propositions d'aménagements a été établie, reproductible pour toute autre catégorie d'ouvrages dans le département. Il s'agit également d'une méthode reproductible pour d'autres départements ou territoires, avec une adaptation liée à la disponibilité des données au sein de chaque Agence de l'Eau.

## Bibliographie

**Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse. 2014.** *Projet de programme de mesures 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée ayant reçu un avis favorable du comité de bassin le 19 septembre 2014.* Lyon : Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée-Corse, 2014.

**ANR REPPAVAL. 2013.** *Gestion physique des cours d'eau et restauration de la continuité écologique : rétrospective et contexte actuel.* Rennes : ANR REPPAVAL, 2013.

**Barraud, Régis. 2011.** « Rivières du futur, wild rivers ? ». *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement.* 2011. Hors-Série 10.

**Baudoin, Jean-Marc, et al. 2014.** *Informations sur la Continuité Ecologie - ICE : Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes.* Paris : ONEMA, 2014. 979-10-91047-29-6.

**Caudron, A et Dufaux, E. 2002.** *Réalisation d'un dispositif de franchissement d'une buse sur le Veïse (commune de Gruffy). Rapport de présentation et de suivi des travaux.* Saint-Martin Bellevue : FDAAPPMA 74, 2002.

**Champigneulle, A, Largiader, C.R. et Caudron, A. 2003.** Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute Savoie. Un fonctionnement original ? *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 2003, 369.

**Champigneulle, A. 1978.** *Caractéristiques de l'habitat piscicole et de la population de juvéniles sauvages de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur le cours principal du Scorff (Morbihan).* Rennes : Université Rennes 1, 1978.

Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

**Durupt, Pierre. 1988.** *Hommes et femmes du textile dans les Hautes-Vosges, préface de François-Yves Le Moigne.* Remiremont : Société d'Histoire de Remiremont, 1988. p. 192.

**Edelblutte, Simon. 2008.** Que reste-t-il du textile vosgien ? [éd.] Armand Collin. *L'information Géographique.* 2008, 72.

**Fédération de Pêche des Vosges. 2015.** *Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles.* Nomexy : Fédération de Pêche des Vosges, 2015.

**Guéroid, François. 2002.** L'acidification des eaux de surface et la perte de biodiversité : mythe, problème du passé ou d'actualité ? *Lettre PIGB-PMRC.* Service central de la communication et de la commercialisation de Météo-France, 2002, 13.

**Henry, Jean-Yves. 2013.** Le moulin-saboterie-scieirie de Xamontarup. *Le Monde des Moulins.* 2013, Vol. 51.

—. 2013. Les usines hydrauliques et les moulins vosgiens. *Le Monde des Moulins.* 2013, 47.

**Jansen, Jean-Marc. 1990.** *Les passages de cours d'eau lorrains.* Nancy : Université Nancy 2, 1990. p. 96.

**Marquis, Pierre. 2013.** *Les ouvrages du Conseil Général au regard du nouveau classement des cours d'eau.* Épinal : Conseil Général des Vosges, 2013.

**ONEMA. 2011.** *La révision des classements de protection des cours d'eau : Un outil en faveur du bon état écologique et de la biodiversité.* Vincennes : ONEMA, 2011.

**ONF. 2008.** *Interreg IIIA 2c11 "Optimisation du rôle de la forêt dans la protection des petits cours d'eau et des zones humides".* Paris : ONF, 2008.

**Ouvrage collectif sous la direction de Bernard Drobenko. 2015.** *La loi sur l'eau de 1964 : bilans et perspectives.* Paris : Editions Johanet, 2015. ISBN : 979-10-91089-20-3.

**Rosgen, D.L et Silvey, H.L. 1996.** *Applied River Morphology. Wildland Hydrology Books.* Fort Collins : s.n., 1996.

**Syndicat de Rivière Brevénne-Turdine. 2008.** *Aménagement d'un radier sur le Hameau de la Rivière (Commune de Joux).* s.l. : SYRIBT, 2008.