

Rapport de stage :

**Inventaire des ouvrages
hydrauliques et caractérisation de
leur impact sur la continuité
écologique dans le cadre du
SAGE Cher aval**

D'avril à août 2011

Andries BIGOT

**Master 1 Gestion des Habitats et des Bassins Versants
Université de Rennes 1**

**Correspondante universitaire :
Emilie LANCE**

**Maître de Stage :
Adrien LAUNAY**

**3, avenue Claude Guillemin - BP 6125
45061 ORLEANS CEDEX 2**

<http://www.sage-cher-aval.com>



REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier Jean-Claude EUDE, directeur de l'Etablissement public Loire (EPL) et Jean-Luc ROY, directeur de l'eau et de l'exploitation de l'EPL, de m'avoir accueilli dans leur structure pour ce stage de 5 mois.

Plus particulièrement, je remercie Adrien LAUNAY, mon maître de stage qui m'a suivi tout au long de ce stage, pour son aide, sa disponibilité et pour m'avoir fait partager son expérience.

J'adresse également toute ma reconnaissance à l'équipe du premier étage, avec qui j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler et pour m'avoir fait une place rapidement parmi eux, ce qui m'a permis d'avoir un stage enrichissant

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	4
2.	CONTEXTE DE L'ETUDE	6
	2.1 ZONE D'ETUDE	6
	2.2 LA CONTINUITÉ ECOLOGIQUE.....	7
	2.2.1 Définition.....	7
	2.2.2 Les ouvrages hydrauliques.....	7
	2.3 REGLEMENTATION.....	9
	2.3.1 Classement des cours d'eau	9
	2.3.2 Ouvrages prioritaires « Grenelle »	10
3.	MATERIEL ET METHODES.....	11
	3.1 BASE DE DONNEES	11
	3.1.1 Récupération des données déjà existantes	11
	3.1.2 Champs d'informations sur les ouvrages	12
	3.2 TAUX D'ETAGEMENT	13
	3.2.1 Méthode de calcul du taux d'étagement.....	13
	3.2.2 Intérêt de cette mesure.....	13
	3.3 PROSPECTIONS TERRAIN	14
	3.3.1 Fiche terrain « ouvrages »	14
	3.3.2 Priorisation.....	14
	3.3.3 Mode de prospection	15
4.	RESULTATS	17
	4.1 ANALYSE PAR MASSE D'EAU PROSPECTEE	18
	4.1.1 Fiches par bassin versant de masse d'eau.....	18
	4.2 ANALYSE GLOBALE	31
	4.2.1 Mesure du taux d'étagement.....	31
	4.2.2 Densité des ouvrages.....	32
	4.2.3 Caractéristiques des ouvrages repertoriés.....	33
5.	DISCUSSION.....	35
6.	CONCLUSION	36
7.	BIBLIOGRAPHIE.....	37
8.	ANNEXES.....	38

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Situation géographique du SAGE Cher aval et du périmètre d'étude.....	6
Figure 2 : Exemples d'éléments fixes ; un déversoir, un radier et un enrochement sur le bassin.....	8
Figure 3 : Exemples d'éléments mobiles ; un clapet, une vanne levante et un batardeau sur le bassin.....	8
Figure 4 : Clapet basculant aménagé avec une passe à anguilles type plot sur le Fouzon....	9
Figure 5 : Carte des ouvrages répertoriés	11
Figure 6 : Schéma récapitulatif du calcul du taux d'étagement	13
Figure 7 : Carte des axes prioritaires de prospection.....	15
Figure 8 : Répartition des ouvrages sur les cours d'eau du bassin versant du Cher aval.....	17
Figure 9 : Carte des ouvrages prospectés lors de l'étude	18
Figure 10 : Carte du taux d'étagement des masses d'eau prospectées du bassin du Cher aval	31
Figure 11: Carte de la densité d'ouvrages par cours d'eau	32
Figure 12 : Etat d'entretien des ouvrages prospectés.....	33
Figure 13 : Franchissabilité globale des ouvrages prospectés.....	33
Figure 14 : Franchissabilité pour les anguilles des ouvrages prospectés.....	34
Tableau I : Liste des ouvrages "Grenelle".....	10
Tableau II : Les résultats du calcul de taux d'étagement	31
Tableau III : La densité d'ouvrages pour les rivières prospectées.....	32

GLOSSAIRE

CLE : Commission Locale de l'Eau

DCE : Directive Cadre sur l'Eau européenne

ICE : Information sur la Continuité Ecologique

IGN : Institut Géographique National français

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

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

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

ROE : Référentiel des Obstacles à l'Écoulement

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SYRAH : SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau

1. INTRODUCTION

Pour assurer différents usages, l'homme a, au cours de l'histoire, aménagé les cours d'eau en mettant en place des barrages, moulins et écluses. A ce jour, ce sont plus de 60 000 ouvrages hydrauliques qui sont recensés sur le territoire français (Référentiel des Obstacles à l'Écoulement, 2011). Depuis la Loi sur l'Eau de 1992, il est admis que la préservation des milieux aquatiques est un préalable nécessaire à la satisfaction durable des usages, listés dans l'article L.211-1 du code de l'environnement (prévention des inondations, lutte contre la pollution, agriculture, pêche, industrie, production d'énergie, tourisme, loisirs et sports nautiques).

Ces nombreux ouvrages peuvent perturber notamment les flux de sédiment (Kondolf, 1997), homogénéiser les hydrosystèmes en termes de régime hydrologique et de diversité d'habitats (Amoros & Petts, 1993 ; Graf, 2006) et peuvent également constituer des obstacles à la continuité écologique. Cette dernière notion, introduite par la Directive Cadre sur l'Eau européenne (DCE) en 2000, se définit pour les milieux aquatiques comme « la libre circulation des espèces biologiques et le bon déroulement du transport naturel des sédiments ».¹

L'état des lieux de la ressource en eau, des milieux aquatiques et des usages établi dans le cadre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin versant du Cher aval a montré une insuffisance au niveau de la connaissance des caractéristiques des ouvrages hydrauliques présents sur les cours d'eau du bassin (SAGE Cher aval, 2011).

Le bureau d'études chargé de l'élaboration de l'état des lieux et du diagnostic a ainsi proposé une étude complémentaire, qui a fait l'objet du présent stage, consistant en l'inventaire des différents ouvrages hydrauliques du bassin et la caractérisation de leur impact hydromorphologique global, à partir d'un indicateur simple et intégrateur : la valeur du taux d'étagement.

¹ Circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état »

2. CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 ZONE D'ETUDE

L'inventaire des ouvrages hydrauliques étant mené dans le cadre de l'élaboration du SAGE Cher aval, la zone d'étude a donc été le périmètre du SAGE, défini par un arrêté interpréfectoral de 2005.

Le Cher se situe dans le bassin Loire-Bretagne et est un affluent rive gauche de la Loire. Il prend sa source à Mérinchal dans la Creuse pour confluer avec la Loire un peu en aval de Tours, après un parcours de 367 km. Son bassin versant s'étend sur près de 14 000 km², mais le périmètre du SAGE Cher aval ne couvre que 2 370 km² (Figure 1). Ce dernier commence à partir de la commune de Vierzon jusqu'à la confluence avec la Loire, en couvrant tous les affluents entre ces deux points à part la Sauldre, qui fait l'objet d'un SAGE particulier.

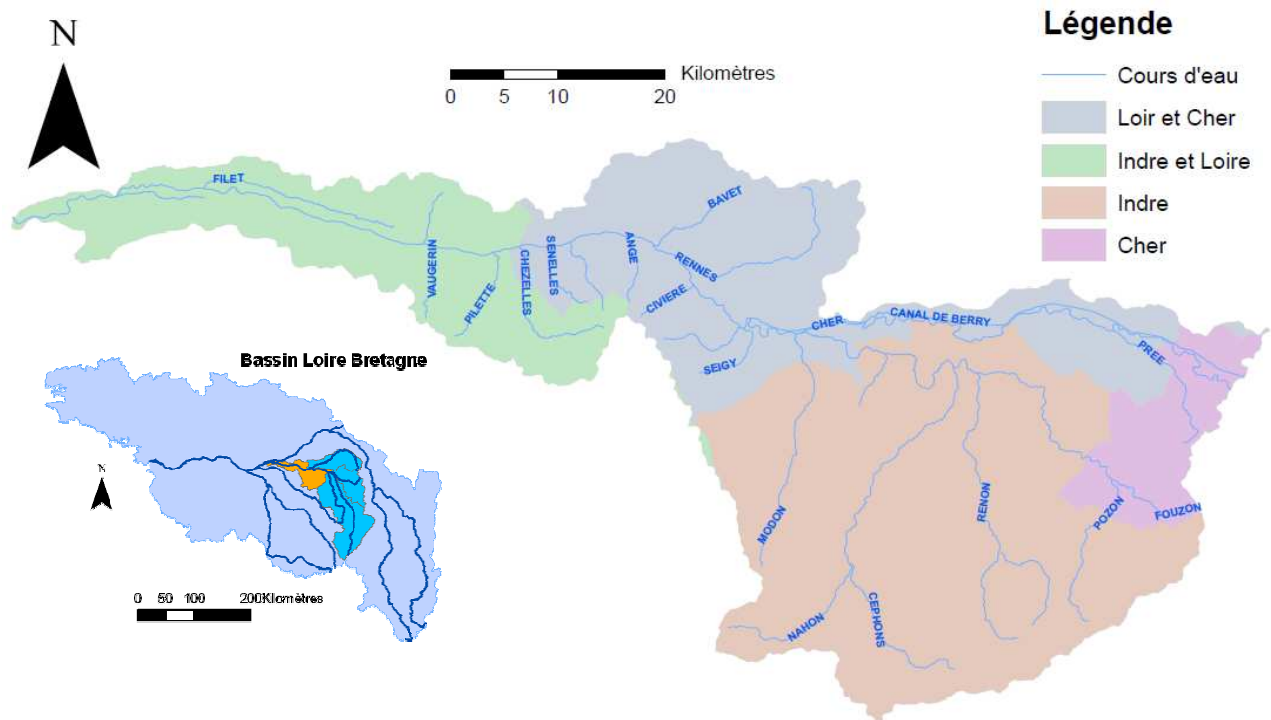


Figure 1 : Situation géographique du SAGE Cher aval et du périmètre d'étude

(Source : Etat des lieux du SAGE Cher aval)

Au niveau du réseau hydrographique, le périmètre du SAGE Cher aval a été divisé en trois entités géographiques. L'axe du Cher a été divisé en deux bassins versants avec la partie amont dite « sauvage » et en aval, la partie « canalisée ». Cette séparation est due aux travaux menés au cours du XIX^e siècle pour permettre la navigation par la construction de « barrages à aiguilles ». La dernière entité est celle du « Fozon » située au sud, c'est le principal affluent sur le territoire du SAGE. L'axe Cher a déjà été très étudié et documenté, c'est donc au niveau des affluents que les connaissances sont les plus faibles.

2.2 LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

2.2.1 DEFINITION

La notion de continuité écologique a été introduite à partir de 2000 dans le cadre de la DCE¹. Elle est un des facteurs important pour l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau demandée par cette directive. Elle est déterminée par la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions, notamment latérales, et conditions hydrologiques favorables).²

La construction d'ouvrages hydrauliques sur les cours d'eau a, au fil du temps, entraîné de profondes transformations de la morphologie et de l'hydrologie de ces derniers.

2.2.2 LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les ouvrages hydrauliques recensés comme obstacles à l'écoulement peuvent se définir comme les ouvrages étant à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface. Seuls les obstacles artificiels, provenant de l'activité humaine sont pris en compte (SANDRE, 2008).

2.2.2.1 Types d'ouvrages

Il existe deux principaux types d'ouvrages anthropiques transversaux (SANDRE, 2008) :

- le **barrage**, qui est un ouvrage qui barre plus que le lit mineur d'un cours d'eau. Sa hauteur est presque toujours supérieure à 5 m ;
- le **seuil**, qui est un ouvrage qui barre totalement ou une partie du lit mineur d'un cours d'eau. Sa hauteur est presque toujours inférieure à 5 m. Les seuils constituent l'essentiel des ouvrages présents sur le bassin du Cher aval.

Pour ces derniers, l'ouvrage peut être en béton, en maçonnerie, en gabions, en enrochement, en bois ou en métal et peut être constitué d'une seule partie fixe, mobile ou d'une association des deux.

Les parties fixes d'un seuil peuvent être de 3 sortes différentes (Figure 2) qui sont :

- *le déversoir* : structure le plus souvent verticale augmentant le niveau d'eau de la rivière qui s'écoule par surverse sur sa crête ;
- *le radier* : dalle en béton ou en maçonnerie stabilisant le lit d'un cours d'eau et qui peut servir de fondation à un ouvrage (ex. : pont ou gué) ;
- *l'enrochement* : seuil construit par l'accumulation de blocs rocheux directement dans le lit du cours d'eau.

¹ La Directive Cadre sur l'Eau dans son Annexe V la désigne sous le nom de « continuité de la rivière »

² Article R.214-109 du code de l'environnement



Figure 2 : Exemples d'éléments fixes ; un déversoir, un radier et un enrochement sur le bassin

Pour les parties mobiles, le dictionnaire SANDRE définit huit différents organes mobiles possibles. On retrouve sur les affluents du Cher majoritairement trois types (Figure 3). Les autres sont utilisés dans des situations différentes telles que les marées littorales (porte à flots et clapets à marée) ou comme sur le Cher, les aiguilles. Pour le bassin, on a :

- *le clapet basculant* : ouvrages constitué d'un clapet permettant de réguler le débit par un système de bascule ;
- *la vanne levante* : ouvrages doté d'un système de vannes coulissantes pouvant être soulevées afin de réguler le débit ;
- *le batardeau* : construction étanche souvent provisoire et souvent constituée de madriers horizontaux empilés verticalement.



Figure 3 : Exemples d'éléments mobiles ; un clapet, une vanne levante et un batardeau sur le bassin

Un grand nombre des ouvrages présent sur le bassin du Cher sont des anciens moulins. Ces aménagements sont dans la majorité des cas situés sur des dérivations du cours d'eau appelé « biefs » mais ils sont toujours constitués de plusieurs ouvrages.

2.2.2.2 Impact des ouvrages

Les ouvrages hydrauliques peuvent avoir divers impacts sur les cours d'eau. Leur effet peut être plus ou moins important suivant leur situation (proches de la source ou bien de l'embouchure) ou bien également par leur succession, qui va alors créer un effet de cumul.

Les principaux impacts des ouvrages peuvent se caractériser en trois groupes (Malavoi, 2003) : l'effet « flux » (modification des flux liquides, solides et biologiques), l'effet « retenue » (modification des faciès, érosion, réchauffement, etc.) et l'effet « point dur » (blocage de la dynamique fluviale). Les principaux impacts à retenir sont :

- la modification des écoulements et du régime hydrologique ;
- l'immobilisation des sédiments à l'amont de l'ouvrage (colmatage et érosion régressive) ;

- la mobilité des espèces et l'accès à leurs habitats restreints, voir condamnés ;
- l'eutrophisation ;
- la modification des habitats et des biocénoses aquatiques.

2.3 REGLEMENTATION

Suite à la DCE, la notion de continuité écologique a été introduite dans le code de l'environnement français par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de décembre 2006. Elle est également fondamentale dans la mise en œuvre du plan national pour l'anguille et des deux lois « Grenelle », notamment avec la notion de « trame verte et bleue ».

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne 2010-2015 a également inscrit dans ses orientations fondamentales l'intérêt de « restaurer la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau » (Orientation 1B) et d'« assurer la continuité écologique des cours d'eau » (Orientation 9B).

2.3.1 CLASSEMENT DES COURS D'EAU

Avant la promulgation de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006, les rivières pouvaient être classées soit en rivière « réservée » au titre de l'article 2 de la loi de 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, soit en rivière « classée » au titre de l'article L.432-6 du code de l'environnement.

La LEMA a réformé ces deux dispositifs de classement en les adaptant aux exigences du droit communautaire, pour donner une nouvelle dimension à ces outils réglementaires en lien avec les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau et principalement l'atteinte ou le respect du bon état des eaux. Ainsi l'article L. 214-17 du code de l'environnement précise que le préfet coordonnateur de bassin doit établir deux listes.

La liste 1 est établie parmi les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux qui répondent au moins à l'un de ces trois critères : cours d'eau en très bon état écologique, cours d'eau qui jouent un rôle de réservoir biologique identifié par les SDAGE et cours d'eau qui nécessitent une protection complète des poissons migrateurs amphihalins.

Sur ces cours d'eau classés, aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique. Le renouvellement des autorisations des ouvrages déjà existant sera soumis à des prescriptions pour maintenir un très bon état écologique, et assurer la protection des poissons migrateurs amphihalins.

La liste 2 est une liste de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et d'assurer la circulation des poissons migrateurs.

Tout ouvrage présent sur ces cours d'eau doit être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par



Figure 4 : Clapet basculant aménagé avec une passe à anguilles type plot sur le Fouzon

le préfet, en concertation avec le propriétaire, pour assurer ces deux fonctions dans un délai de 5 ans après la publication des listes. Ces règles peuvent concerner tant des mesures structurelles que de gestion, et doivent conduire à des résultats réels d'amélioration du transport des sédiments ou de la circulation des migrateurs (Figure 4).

2.3.2 OUVRAGES PRIORITAIRES « GRENELLE »

Dans le cadre de cet objectif, de celui de l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau en 2015 et des lois « Grenelle », une liste d'ouvrages identifiés comme obstacles à la continuité écologique a été arrêtée. Cette liste permet aux services de l'Etat de disposer d'une liste d'ouvrages (environ 1 400 actuellement) prioritaires à traiter (effacement, réduction des impacts, etc.). Ces ouvrages sont éligibles à des aides majorées de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, pour leur aménagement. A l'horizon 2012, un objectif de 400 ouvrages traités est prévu.

Sur le bassin du Cher aval, il y a 23 ouvrages prioritaires « Grenelle ». La majorité de ces ouvrages (19) se trouvent sur l'axe Cher tandis que les autres se trouvent sur le Fouzon avant sa confluence avec le Renon (Tableau I).

Tableau I : Liste des ouvrages "Grenelle"

Cours d'eau	Obstacle	Dpt	Communes
le Cher	barrage de Savonnières	37	Savonnières
	barrage de Grand Moulin	37	Ballan-Miré, St-Genouph
	barrage de Rochepinard	37	Tours
	barrage de Larçay	37	Larçay
	barrage de Roujoux	37	Véretz
	barrage de Nitray	37	Athée-sur-Cher, St-Martin-le-Beau
	barrage de Vallet	37	Athée-sur-Cher, Dierre
	barrage de Bléré	37	Bléré, La Croix-en-Touraine
	barrage de Thoré	37	Civray-de-Touraine
	barrage de Chisseaux	37	Chisseaux, Francueil
	barrage de St-Georges-sur-Cher	41	Chissay-en-Touraine, St-Georges-sur-Cher
	barrage de Montrichard	41	Faverolles-sur-Cher, Montrichard
	barrage de Vallagon	41	Bourré, St-Julien-de-Chedon
	barrage d'Angé	41	Angé, Monthou-sur-Cher
	barrage de Mazelles	41	Pouillé, Thésée
	barrage de Talufiau	41	Mareuil-sur-Cher, Thésée
	barrage de Bray	41	Mareuil-sur-Cher, St-Romain-sur-Cher
	barrage de St-Aignan-sur-Cher	41	Noyers-sur-Cher, St-Aignan-sur-Cher
	barrage de Châtres-sur-Cher	41	Châtres-sur-Cher
le Fouzon	moulin de Meusnes	41	Meusnes
	moulin de La Vernelle	36	La Vernelle
	moulin de Dalhuet	36	Varennes-sur-Fouzon
	moulin de la Grange	36	Chabris, Parpeçay

3. MATERIEL ET METHODES

3.1 BASE DE DONNEES

3.1.1 RECUPERATION DES DONNEES DEJA EXISTANTES

De nombreuses bases de données qui recensent les ouvrages hydrauliques existent déjà sur le bassin, sous diverses formes. L'une d'elles est le Référentiel national des Obstacles à l'Écoulement (ROE) qui m'a servi de base pour mettre en place celle du SAGE sous format Access (Léonard & Zegel, 2010). Cette dernière a été mise en place par l'ONEMA pour compiler en un référentiel commun les principales bases de données qui existaient déjà sur le territoire français. Le principal intérêt de cette base réside dans le fait qu'elle permet la mise en place d'un identifiant unique pour chaque ouvrage lors de sa validation par les services de l'État (notamment les services départementaux de l'ONEMA). Il n'était répertorié qu'une trentaine d'ouvrages pour le bassin versant du Cher aval dans cette base de données.

Une base de données avait été réalisée par le bureau d'études GEO-HYD lors de l'état des lieux du SAGE. Une consultation des différents acteurs de l'eau a également été réalisée, auprès :

- des syndicats intercommunaux ayant des compétences en aménagement et entretien des cours d'eau et/ou des ouvrages hydrauliques (16 sur le territoire) ;
- des fédérations de pêche et de protection du milieu aquatique ;
- des communes, en cas d'absence de syndicat de rivière sur le territoire.

Une analyse des cartes IGN a également été menée pour éventuellement repérer d'anciennes installations qui ne seraient plus en usage mais où un reliquat d'ouvrages existerait encore (exemple : les lieux-dits « moulin de ... »).

Cette première étape a permis de récupérer des informations sur un grand nombre de nouveaux ouvrages (Figure 5). Cependant, il a fallu rapidement uniformiser ces informations en une base de données unique. Un travail important a donc été réalisé, consistant en l'élimination des doublons qui apparaissent obligatoirement lors de la fusion de différentes bases de données.

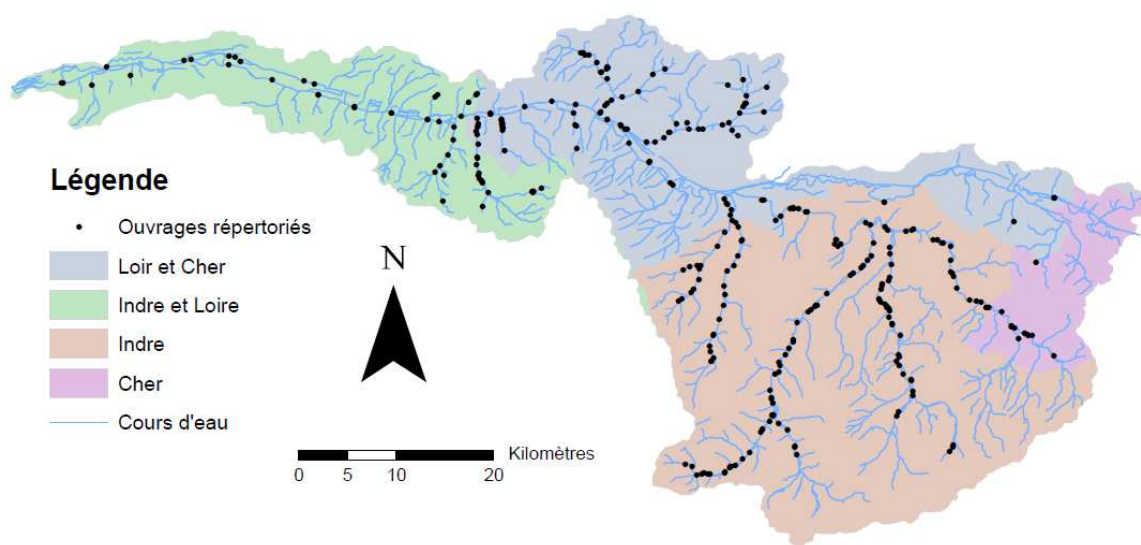


Figure 5 : Carte des ouvrages répertoriés

3.1.2 CHAMPS D'INFORMATIONS SUR LES OUVRAGES

Un des objectifs de la base de données « ouvrages hydrauliques » du SAGE est d'être compatible avec le référentiel national (ROE). Certaines données à relever sont susceptibles d'être utiles dans le cadre d'un protocole en cours d'élaboration par l'ONEMA, nommé l'Information sur la Continuité Ecologique (ICE), dont le but sera d'évaluer l'impact des ouvrages sur les cours d'eau. Pour déterminer les différents champs nécessaires à ma base de données je me suis appuyé sur le ROE ainsi que sur les attentes des agents de l'ONEMA pour l'ICE.

Une grande partie des champs d'informations de la base de données « ouvrages hydrauliques » du SAGE provient du ROE. Ces champs sont les informations à récolter à minima. Les agents de l'ONEMA ont été consultés pour connaître les informations « pré-ICE » utiles à relever. Au final, 71 champs ont été déterminés pour la base de données Cher aval (Annexe 1). Une liste restreinte des champs qui sont à compléter est présentée ci-dessous :

- caractéristiques générales : nom, nom alternatif, photos, identifiant ROE (si existant), identifiant SAGE ;
- situation géographique : coordonnées X et Y (Lambert 93), nom de la commune, code INSEE commune, nom du département, code département ;
- caractéristiques de l'ouvrage : type, sous-type, éléments mobiles, état, statut, usage ;
- usage : pour les anciens moulins : droit d'eau, pour l'hydroélectricité : puissance, débit ;
- caractéristiques du cours d'eau : nom, code de la masse d'eau, différents codes permettant de l'identifier sur diverses bases de données (BD Carthage, BD Topo), Ordre de Strahler ;
- franchissabilité : présence d'organes de franchissement piscicole et position, note de franchissabilité pour des espèces déterminées ;
- caractéristiques physiques : hauteur de chute à l'étiage, largeur totale, largeur débitante, largeur de la partie mobile, orientation par rapport au cours d'eau, participe ou non au taux d'étagement ;

La compilation de toutes les bases de données récupérées montre que de nombreux champs n'étaient pas complétés. Par exemple, pour 43 % des ouvrages, le champ « type » n'était pas renseigné ; le même constat pouvait être fait pour le champ « nom », qui n'était pas renseigné pour 39 % des ouvrages. Pour certains champs comme le « statut » de l'ouvrage, ce sont 87 % des ouvrages qui n'avaient pas été renseignés et 100 % pour « l'état ».

Pour compléter les champs de chaque ouvrage, deux méthodes sont mises en place. La première est effectuée à l'aide d'un logiciel SIG (ici ArcGIS 9.3) qui grâce à des requêtes spatiales récupère automatiquement des informations fournies sur les bases de données IGN (BD Topo, BD Carthage). Les champs concernés par cette méthode sont par exemple le code INSEE de chaque commune ou le code de la masse d'eau où se trouve l'ouvrage. La deuxième méthode est la récupération des données lors de prospections sur le terrain.

3.2 TAUX D'ETAGEMENT

3.2.1 METHODE DE CALCUL DU TAUX D'ETAGEMENT

Le taux d'étagement est une valeur physique calculable à partir de la somme des hauteurs de chute de chaque ouvrage divisée par la dénivellation naturelle du cours d'eau (Figure 6). Dans le cadre de la mise en œuvre du SDAGE et de la notion de compatibilité SDAGE/SAGE, il est nécessaire de calculer cette valeur en priorité sur le drain principal de chaque masse d'eau (Steinbach, 2011).

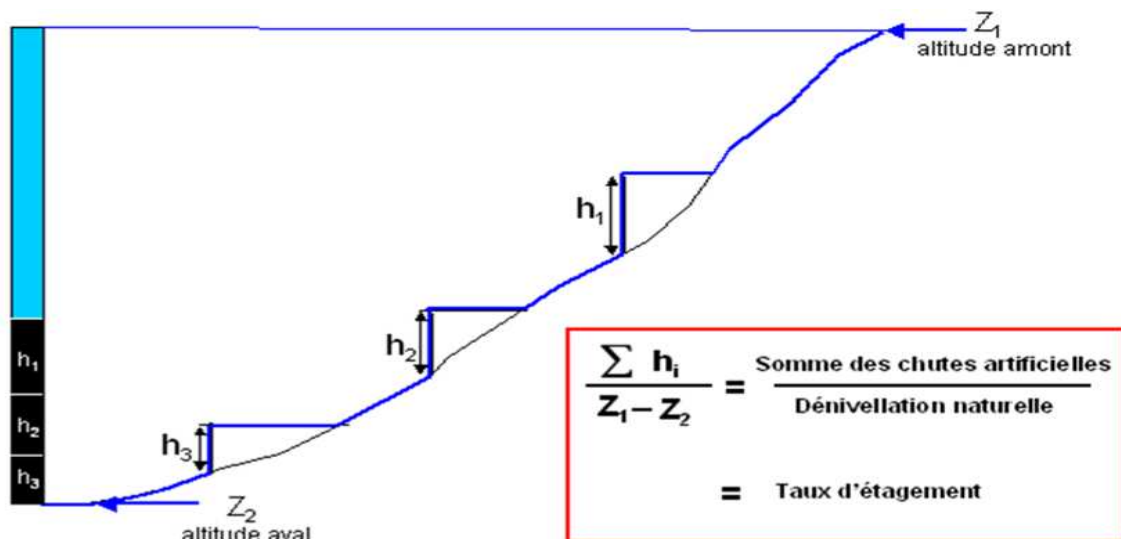


Figure 6 : Schéma récapitulatif du calcul du taux d'étagement

(Source : Projet de note de lecture « Taux d'étagement » du SDAGE)

Tous les ouvrages présents sur le bassin ne participent pas obligatoirement au calcul du taux d'étagement. Par exemple, pour les moulins, l'ouvrage de prise d'eau se situe souvent en parallèle du moulin lui-même. Dans cette configuration, un seul de ces deux ouvrages a donc été pris en compte (pour les moulins, c'est souvent la prise d'eau). Donc, lors de la prospection mais aussi de la cartographie, un champ de la base de données été rempli pour indiquer si l'ouvrage participait ou non au calcul du taux d'étagement.

Pour le calcul de la dénivellation naturelle du cours d'eau, les tronçons SYRAH ont été utilisés (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau). Cet outil, mis en place par le CEMAGREF, sectorisant les cours d'eau en fonction de leur hydromorphologie, nous a permis d'avoir des données précises pour les altitudes amont/aval de chaque tronçon, mais également au niveau de leur longueur.

3.2.2 INTERET DE CETTE MESURE

Le taux d'étagement est une notion introduite par le SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015 ; il a pour but d'être un « indicateur physique de la perte de fonctionnalité induite par les ruptures artificielles de la continuité longitudinale sur les cours d'eau » (Steinbach, 2011).

Cette mesure est importante car elle permet de traduire à la fois :

- les impacts cumulés à la montaison (blocage et retard au pied des obstacles),
- les impacts cumulés à la dévalaison (retard migratoire dans les retenues et mortalités dans les prises d'eau),

- les impacts cumulés en termes d'ennoisement d'habitats naturels productifs (frayères).

3.3 PROSPECTIONS TERRAIN

Une prospection des ouvrages a été nécessaire pour compléter la base de données. A la suite d'une formation avec l'ONEMA, un protocole de visite des ouvrages a pu être mis en place.

3.3.1 FICHE TERRAIN « OUVRAGES »

En se basant sur les champs d'informations sélectionnés pour la base de données et le dictionnaire SANDRE, j'ai pu mettre en place une fiche de terrain (Annexe 2). Elle a pour but d'optimiser les visites sur le terrain en permettant la récupération des données rapidement (liste à cocher), sans pouvoir omettre de critères importants (énumération exhaustive des critères à mesurer). Elle permet également de garder une homogénéité dans l'analyse des ouvrages une fois sur le terrain (Meriaux *et al.*, 1997).

Le critère « franchissabilité de l'ouvrage » a été mesuré en y attribuant une note. Elle est égale à 0 si l'ouvrage est transparent au passage du poisson, jusqu'à 5 pour un ouvrage complètement infranchissable. Ce critère est le résultat d'un dire d'expert et donc soumis à la subjectivité de l'observateur. Il existe pour l'anguille une grille de notation (Steinbach, 2010) qui permet en tant que support indicatif de donner une note pour la franchissabilité des ouvrages (Annexe 2). Cette note se base sur 5 caractéristiques de l'ouvrage qui sont :

- la hauteur de chute ;
- la verticalité ou l'inclinaison des parements aval ;
- le lissage ou la rugosité des surfaces d'écoulement et d'appui ;
- la verticalité ou l'inclinaison latérale des zones de transition avec la berge ;
- la diversité des voies de franchissement possibles.

Comme on a pu le voir, la hauteur de chute est un des critères les plus importants dans la mesure de l'impact d'un ouvrage sur la rivière. Dans les bases de données, elle peut être mesurée de trois façons : à l'étiage, au module et par rapport au terrain naturel. Le plus intéressant aurait été d'avoir les deux mesures à l'étiage et au module pour comparaison, mais le contexte climatique de cette année ne m'a permis de mesurer que la hauteur de chute à l'étiage. Cette dernière est intéressante car c'est à ce moment que l'ouvrage est le plus impactant sur le cours d'eau. Cette mesure a été faite grâce à une mire de chantier munie d'une bulle qui permet, grâce à la ligne d'eau formée par l'ouvrage à l'amont, d'avoir une mesure précise à l'œil.

3.3.2 PRIORISATION

La récupération des différentes bases de données du bassin a montré près de 300 ouvrages géolocalisés. La visite de la totalité des ouvrages pendant le temps imparti au stage n'aurait pas été possible. Il a donc été décidé de mettre en place une priorisation des ouvrages à prospecter. Ces critères respectent une logique d'axe (cité du plus au moins prioritaire) :

- classement L.432-6 en vigueur ;
- classement L.214-17 Liste 2 proposé à la consultation des collectivités ;
- classement L.214-17 Liste 1 proposé à la consultation des collectivités ;

- dimension hydrographique (priorité au référentiel des drains principaux des masses d'eau, prise en compte du gabarit du cours d'eau, de la surface de bassin drainée).

Les très petits affluents ne sont donc pas prioritaires, sauf dans le cas d'enjeu fort de type « réservoir biologique » identifié dans le SDAGE.

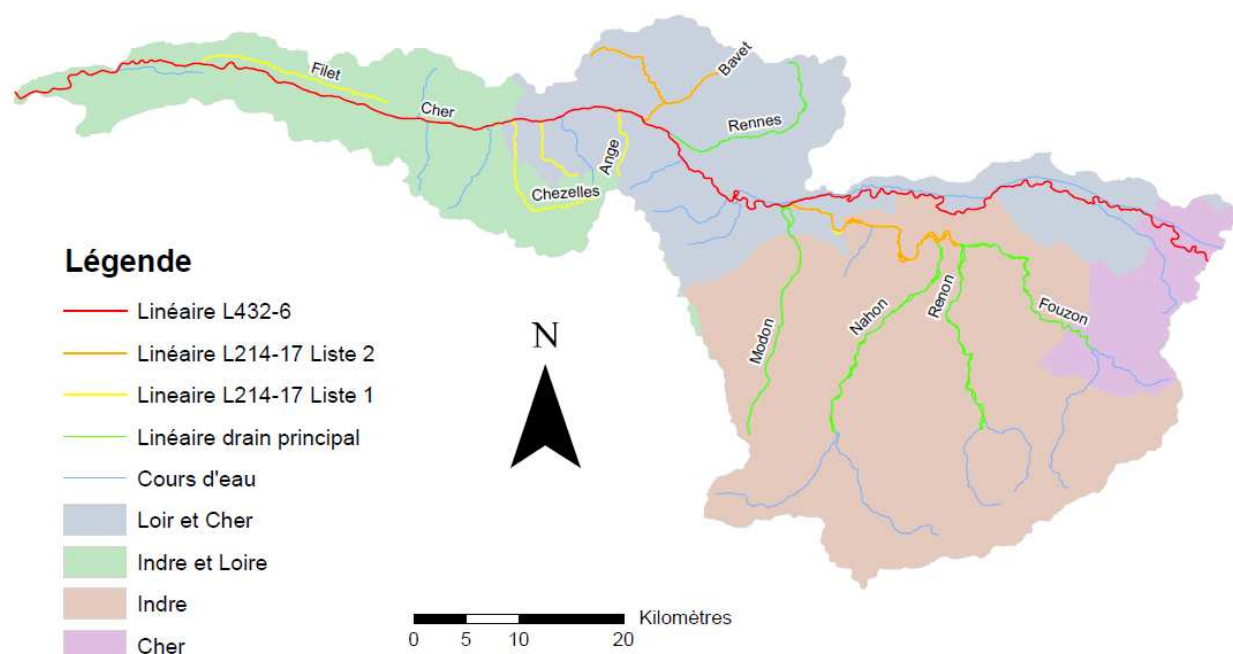


Figure 7 : Carte des axes prioritaires de prospection

Sur la Figure 7, on peut voir que 10 cours d'eau ainsi que le Cher ont été identifiés prioritaires pour une prospection terrain. Par contre, les ouvrages de l'axe Cher ne seront pas prospectés, car ils sont déjà bien connus (diagnostic ICE troisième version effectué par l'ONEMA en 2011).

Les cours d'eau à prospecter seront donc (cités dans l'ordre de l'ouest vers l'est) : le Filet, la Chezelles, la Senelles, l'Angé, le Bavet, la Rennes, le Modon et le Fouzon avec ses deux affluents que sont le Nahon et le Renon.

Cette première sélection a donc permis d'éliminer un certain nombre d'ouvrages n'ayant pas de critère priorisant. Suite à cette élimination, il reste encore 159 ouvrages à prospecter, dont 40 % se trouvent sur le Fouzon et près de 30 % sur le Nahon et le Renon.

3.3.3 MODE DE PROSPECTION

La méthode d'observation la plus efficace serait une prospection linéaire. Elle consisterait à suivre l'intégralité du cours d'eau à pied ou en bateau, sur tout le linéaire. Ce procédé permettrait d'avoir une représentation complète de tous les ouvrages, sans courir le risque d'en manquer un. Cette méthode a par contre un fort inconvénient, elle est extrêmement gourmande en temps. Il a donc été décidé de ne visiter que les ouvrages déjà géolocalisés dans la base de données du SAGE. Cette méthode plus rapide permet une couverture correcte du territoire dans une période déterminée comme les cinq mois de stage.

Cette méthode ne peut par contre pas assurer que tous les ouvrages du bassin ont été répertoriés. En effet, lors des prospections, de nouveaux ouvrages ont été découverts par hasard. On peut tout de même utiliser les données récoltées, tout en sachant que c'est le minimum de ce que l'on peut avoir.

4. RESULTATS

Dans la base de données fournie par le bureau d'études GEO-HYD au départ, 144 ouvrages étaient recensés sur tout le bassin. Suite à la récupération des différentes bases de données effectuée en début d'étude, 265 ouvrages étaient recensés. A la fin des prospections, ce sont **311 ouvrages** qui sont finalement répertoriés dans la base de données.

Un véritable travail a été effectué au niveau de l'élimination des doublons, qui étaient le résultat de l'addition des différentes bases de données.

Lors de la prospection terrain, 199 ouvrages ont été inventoriés, ce qui représente près de 64 % des ouvrages répertoriés au final. Sur la Figure 8, on peut voir que les ouvrages sont surtout concentrés sur les deux cours d'eau que sont le Nahon et le Fouzon, qui totalisent à eux seuls près de 50 % des ouvrages prospectés.

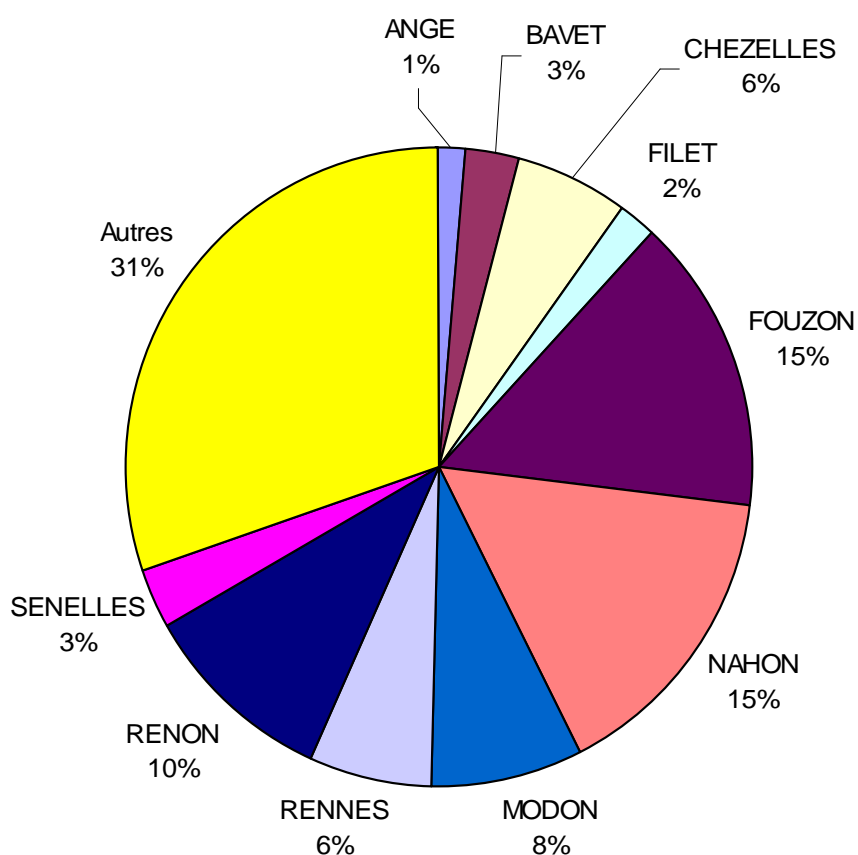


Figure 8 : Répartition des ouvrages sur les cours d'eau du bassin versant du Cher aval

Pour chacun des ouvrages répertoriés dans la base de données, une fiche type (Annexe 3) a été réalisée. Cette fiche standardisée regroupe les principales informations, en les rendant ainsi facilement consultables. A l'heure actuelle, le SAGE Cher aval possède donc 311 « fiches ouvrage ».

Sur la Figure 9, on peut voir tous les ouvrages qui ont été visités lors de l'inventaire. Les quelques ouvrages indiqués comme non-prospectés alors qu'ils se situent sur les axes prioritaires sont tous des moulins. Il n'a pas été possible de visiter ces ouvrages ; cependant dans tous les cas, l'ouvrage de prise d'eau situé en amont du moulin a été inventorié. Ces

données manquantes n'ont donc pas été un problème pour effectuer les différents calculs, notamment celui du taux d'étagement.

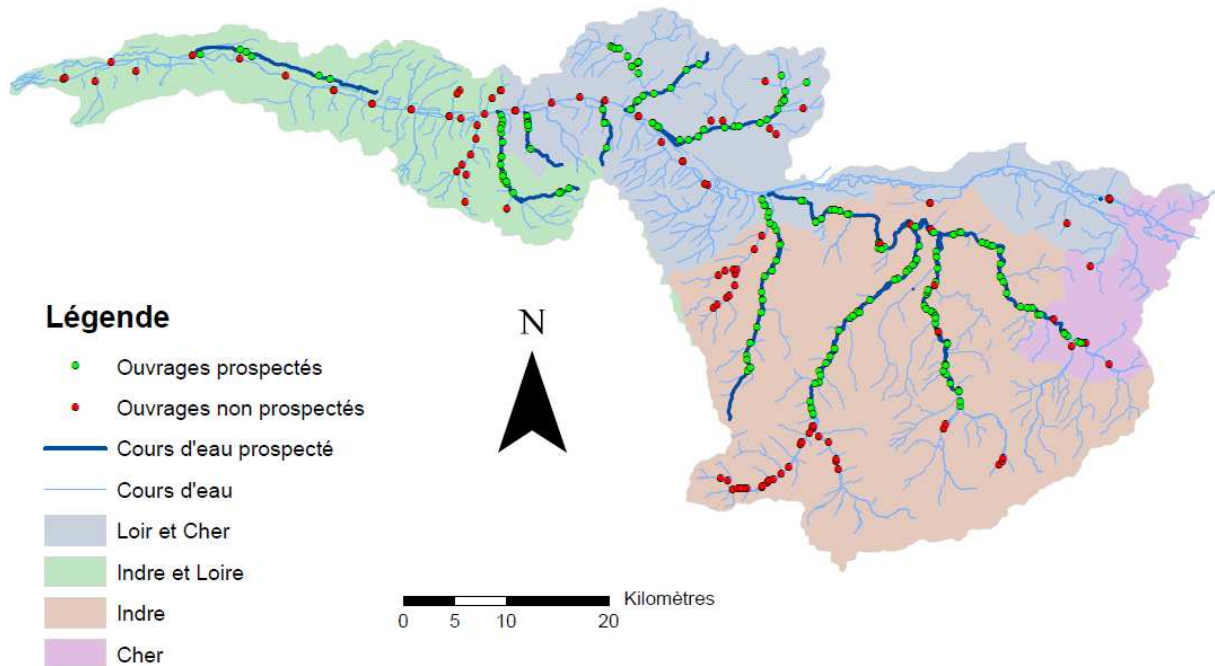


Figure 9 : Carte des ouvrages prospectés lors de l'étude

4.1 ANALYSE PAR MASSE D'EAU PROSPECTEE

Chaque cours d'eau possède ses propres caractéristiques, ce qui rend difficile la comparaison entre eux. Une étude par masse d'eau a donc été réalisée. Pour cela, une fiche récapitulative des données de l'inventaire a été réalisée pour chaque bassin prospecté.

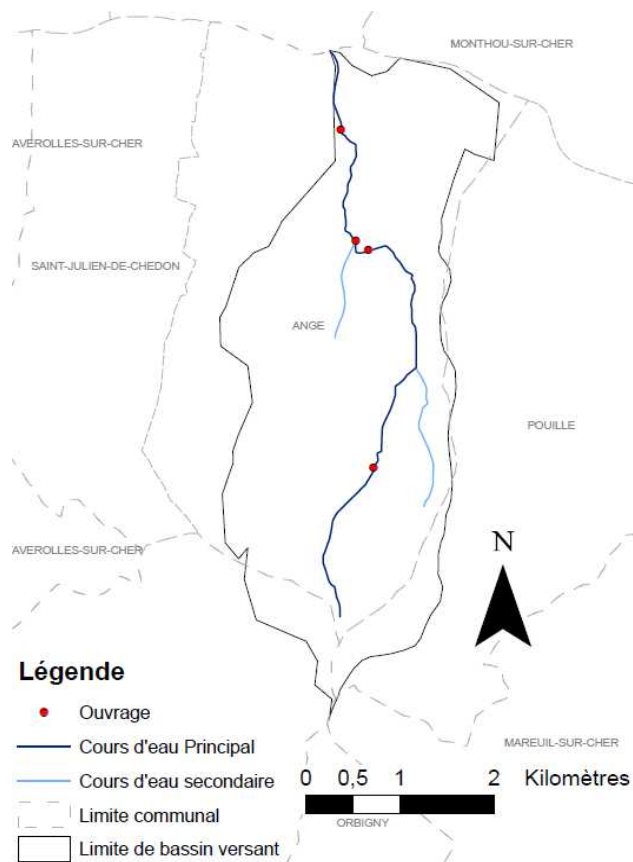
4.1.1 FICHES PAR BASSIN VERSANT DE MASSE D'EAU

Nom de la masse d'eau :

L'Angé et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2166**

Carte :



Nom du drain principal : Angé

Affluent(s) : -

Département(s) : Loir-et-Cher / Indre-et-Loire

Syndicat(s) : Aucun

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 7 332

Dénivelé (m) : 95

Altitude amont (m) : 155

Altitude aval (m) : 60

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 4

Nb. d'ouvrages qui participent au
taux d'étagement : 4

Hauteur de chute moyenne (m) :
0.36

Hauteur de chute totale (m) : 1.43

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 3

Densité (ouvrages/km): 0.55

Observations :

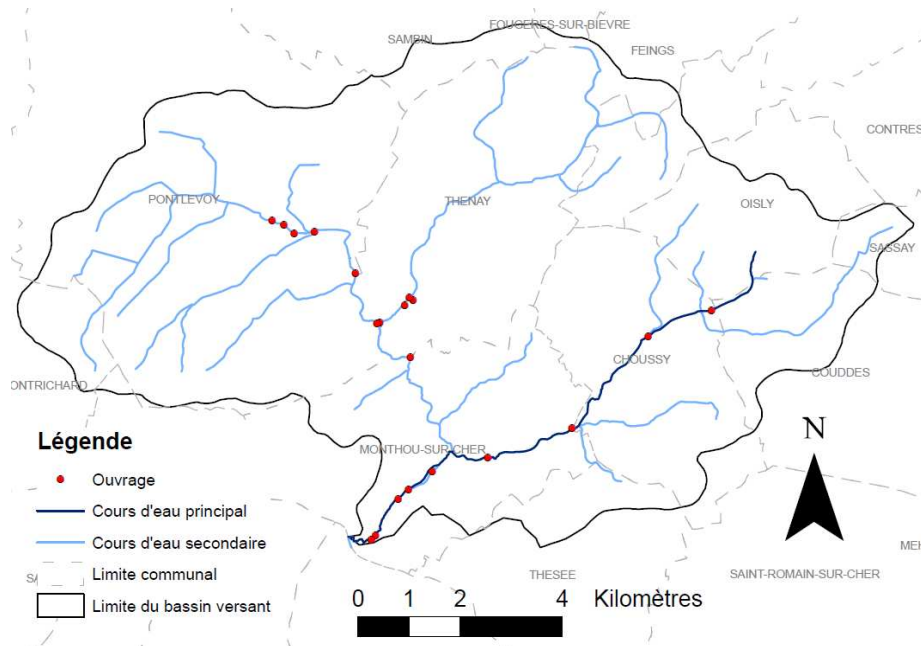
Ce cours d'eau n'a pas subi de fort aménagement. Sur les quatre ouvrages présents, seuls deux ont un véritable impact (l'étang et le château de l'Angé), avec une franchissabilité faible. Les deux autres sont un enrochement à l'aval, facilement aménageable, et une buse en amont.

Nom de la masse d'eau :

Le Bavet et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2205**

Carte :



Nom du drain principal : Bavet

Affluent(s) : l'Anguilleuse et le Beugnon

Département(s) : Loir-et-Cher

Syndicat(s) : SI pour l'aménagement du Bavet et ses affluents

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 11 403

Altitude amont (m) : 110

Dénivelé (m) : 48

Altitude aval (m) : 62

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 9

Hauteur de chute moyenne (m) : 1.05

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 8

Hauteur de chute totale (m) : 8.37

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 17

Densité (ouvrages/km): 0.79

Observations :

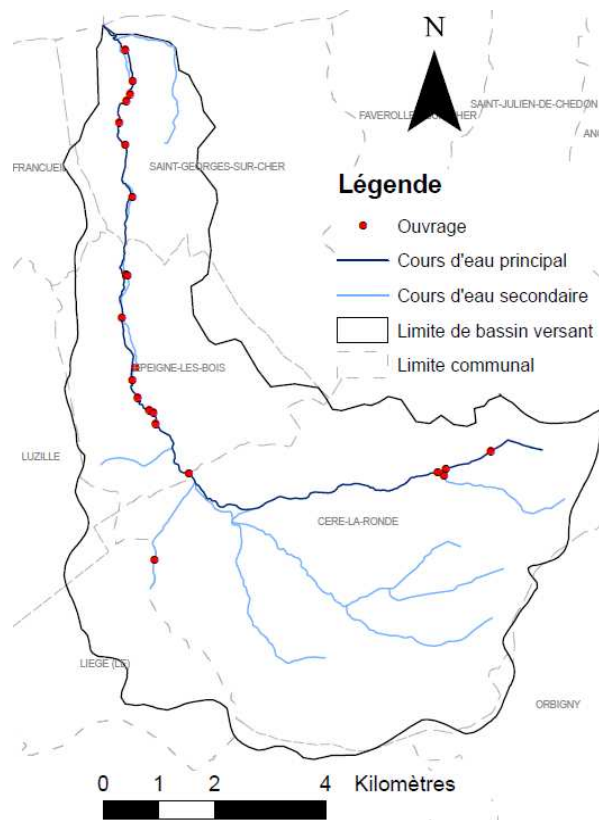
Dans cette masse d'eau, deux axes ont été prospectés, le Bavet et l'Anguilleuse. Le calcul du taux d'étagement a été effectué uniquement sur le Bavet, où les principaux ouvrages sont les moulins (6) de la commune de Monthou-sur-Cher. Pour l'Anguilleuse, le taux d'étagement est de 24 %.

Nom de la masse d'eau :

La Chezelles et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2169**

Carte :



Nom du drain principal : Chezelles

Affluent(s) : l'Aigremont

Département(s) : Loir-et-Cher / Indre-et-Loire

Syndicat(s) : SI d'aménagement et entretien du ruisseau d'Epeigné et de ses affluents (Indre-et-Loire)

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 16 760

Altitude amont (m) : 86

Dénivelé (m) : 29

Altitude aval (m) : 57

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 21

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.52

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 17

Hauteur de chute totale (m) : 8.82

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 30

Densité (ouvrages/km): 1.25

Observations :

La Chezelles, située sur deux départements, comporte un syndicat uniquement sur sa partie Indre-et-Loire. Ce cours d'eau a surtout été aménagé autrefois pour la mise en place de moulins.

Nom de la masse d'eau :

Le Filet et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2201**

Nom du drain principal : Filet

Affluent(s) : -

Département(s) : Indre et Loire

Syndicat(s) : SI entretien du ruisseau le Filet

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 20 006

Altitude amont (m) : 57

Dénivelé (m) : 9

Altitude aval (m) : 48

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 6

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.15

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 6

Hauteur de chute totale (m) : 0.92

Résultats :

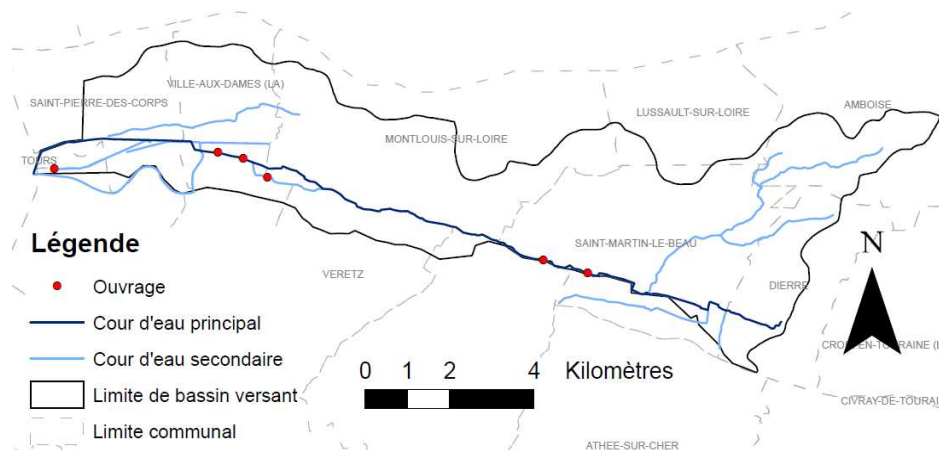
Taux d'étagement (%) : 10

Densité (ouvrages/km): 0.3

Observations :

Sur ce cours d'eau, on peut surtout noter la présence d'un clapet, à sa confluence avec le Cher dans le « bassin d'aviron ». Ce clapet est utilisé pour éviter des remontées d'eau dans le Filet et peut donc être complètement fermé. L'eau s'écoule dans une canalisation jusqu'à l'aval de Rochepinard. Lors de la prospection, le clapet était baissé, et donc n'a pas modifié le taux d'étagement.

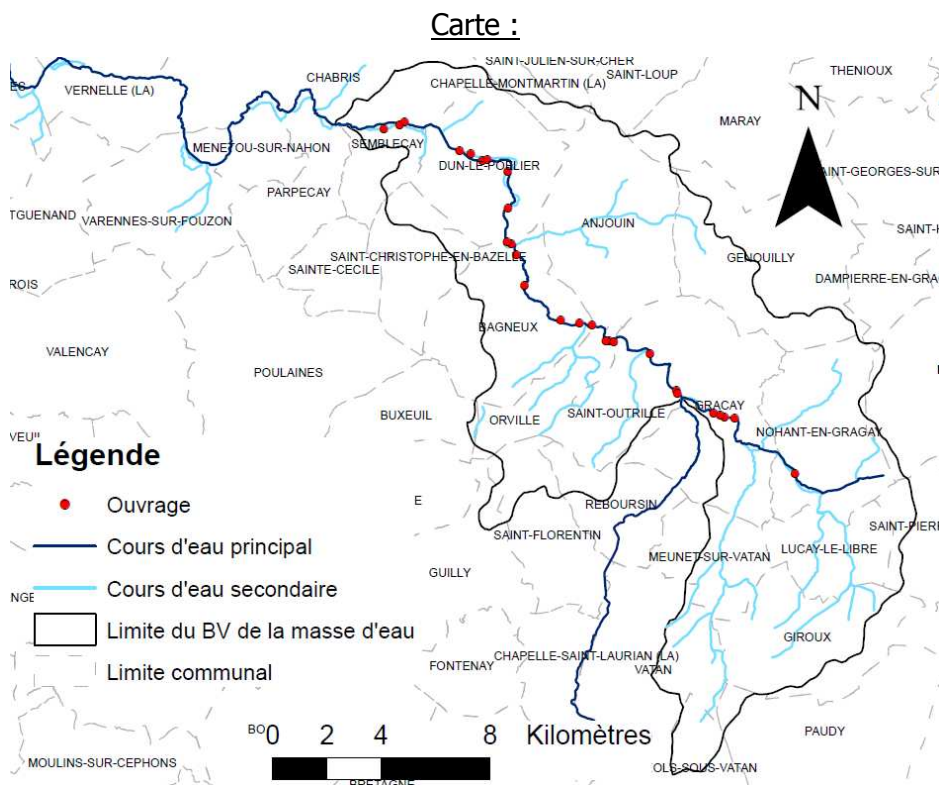
Carte :



Nom de la masse d'eau :

Le Fouzon et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Renon

Code de la masse d'eau : **FRGR0344**



Nom du drain principal : Fouzon

Affluent(s) : Pozon

Département(s) : Indre / Cher

Syndicat(s) : SI TAH du Fouzon et ses affluents (Cher) / SI d'assainissement de la vallée du Fouzon (Indre)

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 27 149

Altitude amont (m) : 103

Dénivelé (m) : 20

Altitude aval (m) : 83

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 27

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.68

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 16

Hauteur de chute totale (m) : 10.93

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 55

Densité (ouvrages/km) : 0.99

Observations :

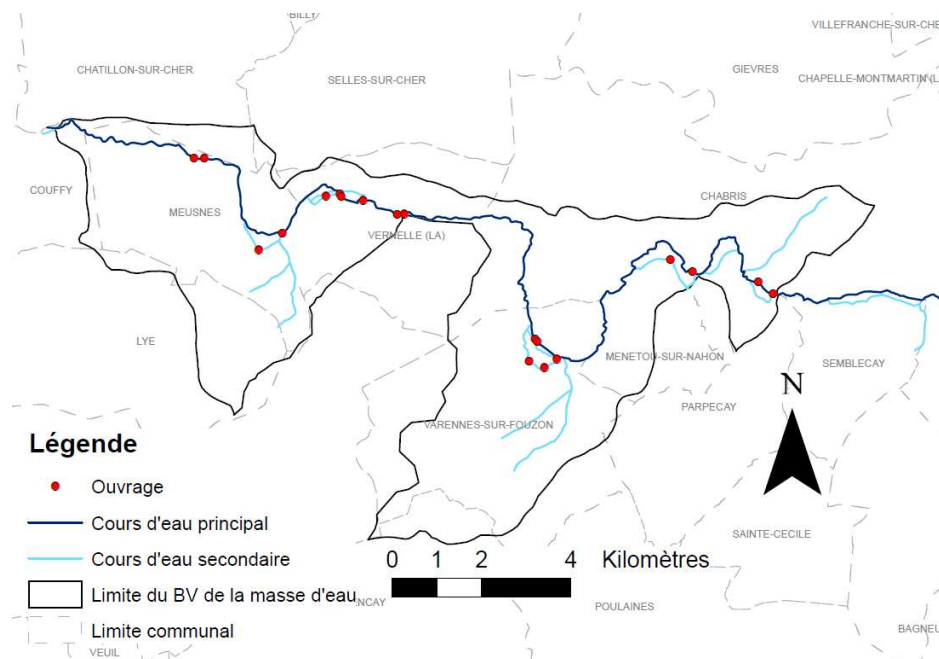
Cette masse d'eau est la plus importante en linéaire prospecté. Par contre, le taux d'étagement n'y a été calculé que de sa confluence avec le Pozon à celle avec le Renon. Le cours d'eau a été fortement aménagé avec des clapets basculants sur tout son linéaire. Ces derniers sont semi-automatiques et ont été installés autrefois pour permettre de maintenir une ligne d'eau ainsi que de réguler les crues.

Nom de la masse d'eau :

Le Fouzon depuis la confluence avec le Renon jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR0345**

Carte :



Nom du drain principal : Fouzon

Affluent(s) : Renon, Nahon, Petit-Rhone

Département(s) : Indre / Loir-et-Cher

Syndicat(s) : SI d'aménagement du Fouzon (Loir-et-Cher) / SI d'assainissement de la vallée du Fouzon (Indre)

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 22 428

Altitude amont (m) : 83

Dénivelé (m) : 13

Altitude aval (m) : 70

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 19

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.82

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 9

Hauteur de chute totale (m) : 7.39

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 57

Densité (ouvrages/km): 0.85

Observations :

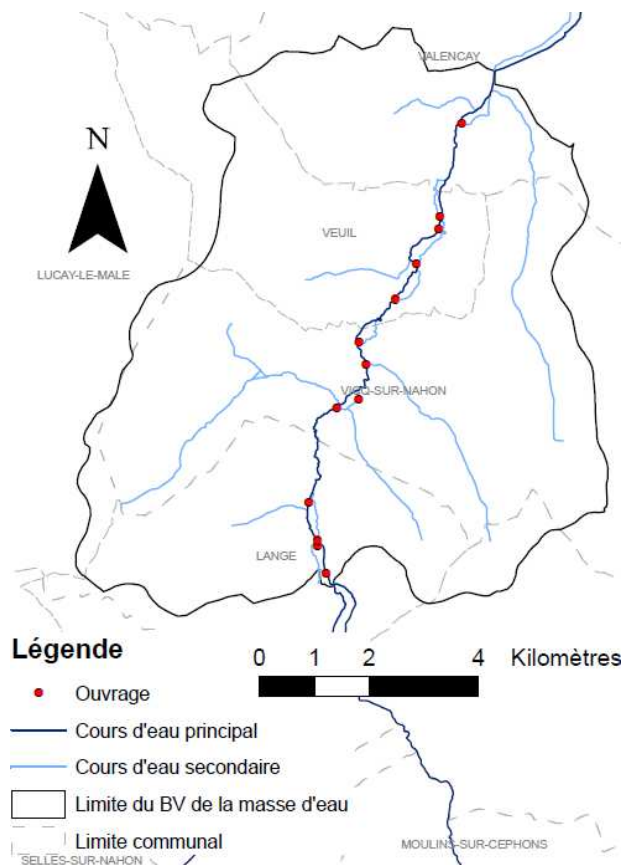
Cette partie du Fouzon a été proposée au classement en liste 2 et compte sur son linéaire quatre ouvrages « Grenelle ». Par rapport à sa partie amont, ce sont ici surtout les moulins qui sont présents. Certains des ouvrages ont déjà fait l'objet d'aménagement (prises d'eau des moulins de Parigny et Dalhuet).

Nom de la masse d'eau :

Le Nahon et ses affluents depuis Lange jusqu'à Valençay

Code de la masse d'eau : **FRGR0347a**

Carte :



Nom du drain principal : Nahon

Affluent(s) : Céphons

Département(s) : Indre

Syndicat(s) : Syndicat d'assainissement des vallées du Nahon et de la Céphons

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 9 823

Altitude amont (m) : 109

Dénivelé (m) : 9

Altitude aval (m) : 100

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 13

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.89

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 10

Hauteur de chute totale (m) : 8.86

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 98

Densité (ouvrages/km): 1.32

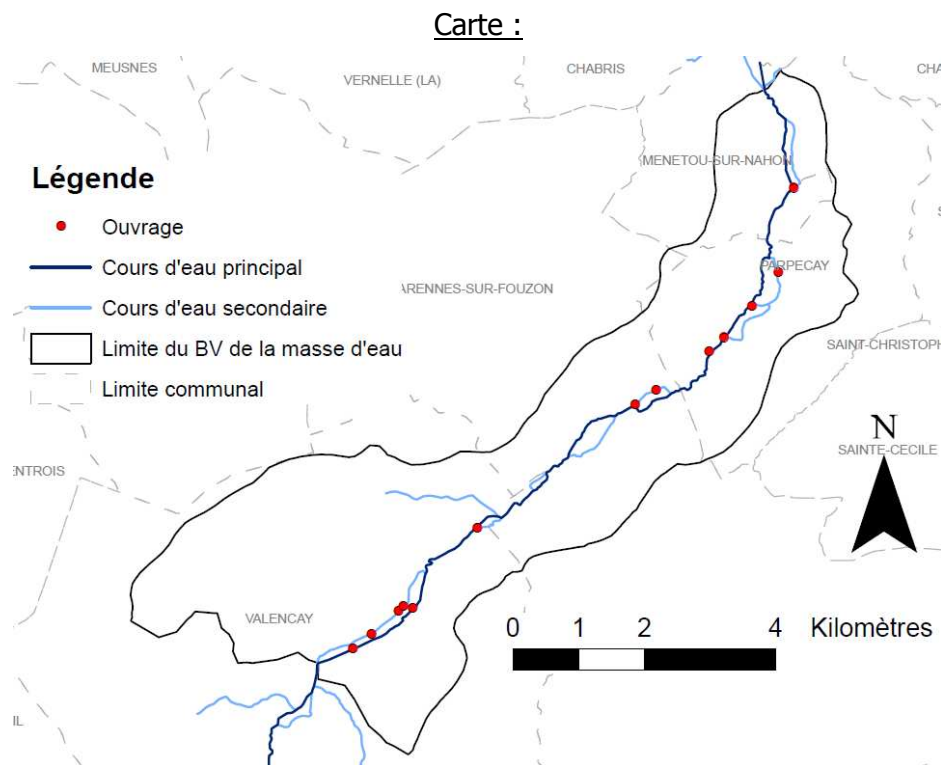
Observations :

Cette masse d'eau présente le plus fort taux d'étagement du bassin. Ce fort taux est dû à la présence d'un alignement de neuf moulins qui se suivent sur l'axe. On peut remarquer que les ouvrages de ce tronçon présentent souvent un défaut d'entretien.

Nom de la masse d'eau :

Le Nahon et ses affluents depuis Valençay jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR0347b**



Nom du drain principal : Nahon

Affluent(s) :

Département(s) : Indre

Syndicat(s) : Syndicat d'assainissement des vallées du Nahon et de la Céphons

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 22 152

Dénivelé (m) : 17

Altitude amont (m) : 100

Altitude aval (m) : 83

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 13

Nb. d'ouvrages qui participent au
taux d'étagement : 8

Hauteur de chute moyenne (m) :
1.08

Hauteur de chute totale (m) : 8.61

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 51

Densité (ouvrages/km): 0.59

Observations :

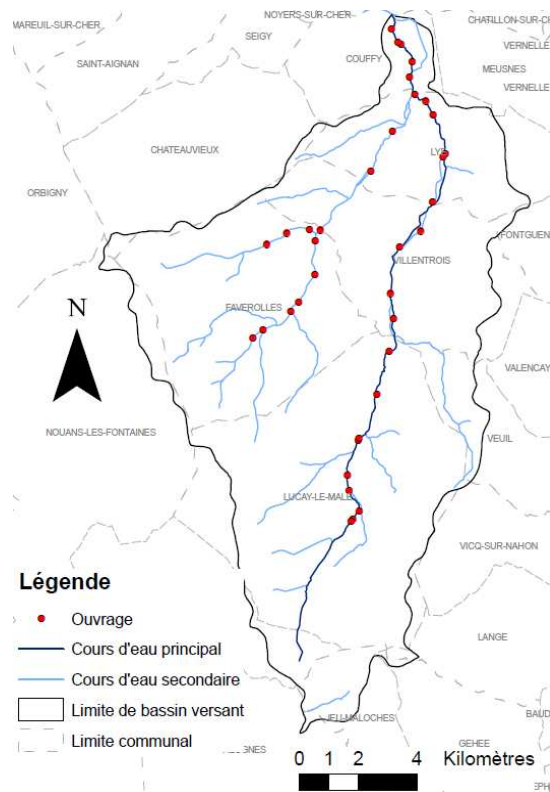
Sur ce cours d'eau, on retrouve majoritairement un aménagement dû à la présence de moulins (6).

Nom de la masse d'eau :

Le Modon et ses affluents depuis sa source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR0348**

Carte :



Nom du drain principal : Modon

Affluent(s) : Trainefeuelles et ruisseau des caves

Département(s) : Indre / Loir-et-Cher

Syndicat(s) : Syndicat d'aménagement des rivières du Modon et du Trainefeuelles

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 25 560

Altitude amont (m) : 158

Dénivelé (m) : 88

Altitude aval (m) : 70

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 24

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.79

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 23

Hauteur de chute totale (m) : 18.08

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 21

Densité (ouvrages/km): 0.94

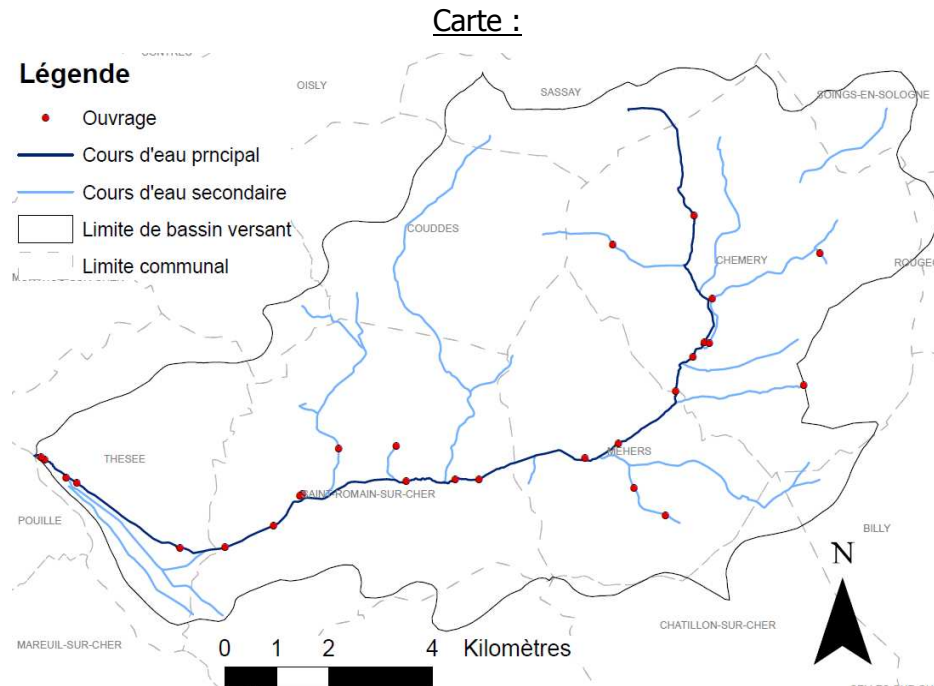
Observations :

Dans les années 70, le syndicat a mis en place 32 ouvrages de type clapet basculant sur tout le cours de la rivière. Un des arguments pour la construction de ces ouvrages a été la lutte contre les inondations, mais également le maintien d'une ligne d'eau pour l'élevage présent dans les prairies mitoyennes.

Nom de la masse d'eau :

La Rennes et ses affluents depuis sa source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2192**



Nom du drain principal : Rennes

Affluent(s) :

Département(s) : Loir-et-Cher

Syndicat(s) : SI d'aménagement de la Rennes

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 15 570

Altitude amont (m) : 97

Dénivelé (m) : 35

Altitude aval (m) : 62

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 20

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.75

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 18

Hauteur de chute totale (m) : 13.44

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 38

Densité (ouvrages/km) : 1.28

Observations :

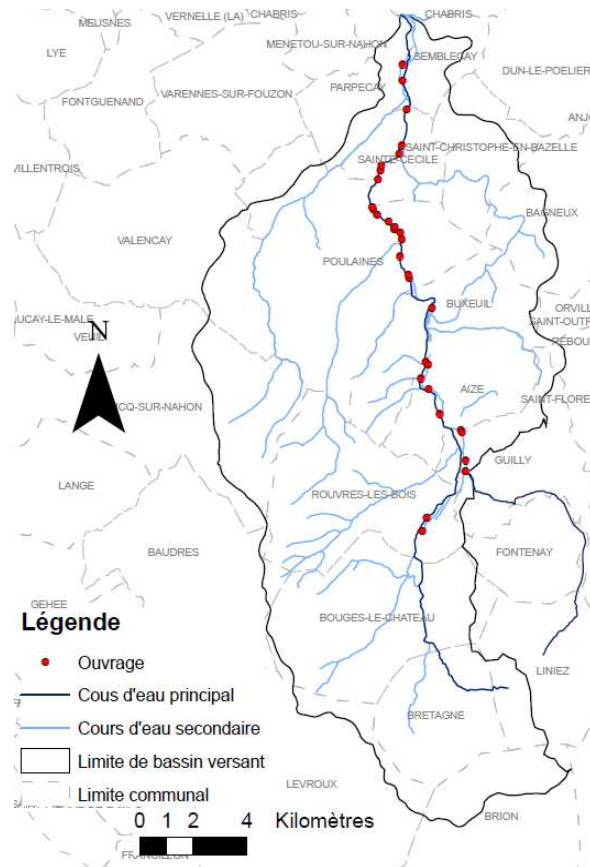
La majorité des ouvrages présents sur le linéaire de la Rennes sont d'anciens batardeaux. Leur état est très variable, du remplacement récent des batardeaux à l'arrachage d'une partie des fondations dans certains cas. Deux petits ouvrages ont été installés à sa confluence avec le Cher. Il s'agit d'enrochements, probablement installés pour permettre la pratique de la pêche sur ce tronçon sans être influencé par l'évolution du niveau du Cher.

Nom de la masse d'eau :

Le Renon et ses affluents depuis sa source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR0346**

Carte :



Nom du drain principal : Renon

Affluent(s) : Saint-Martin

Département(s) : Indre

Syndicat(s) : SI d'assainissement de la vallée du Renon

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 19 000

Altitude amont (m) : 107

Dénivelé (m) : 24

Altitude aval (m) : 83

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 31

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.67

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 20

Hauteur de chute totale (m) : 13.45

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 56

Densité (ouvrages/km) : 1.63

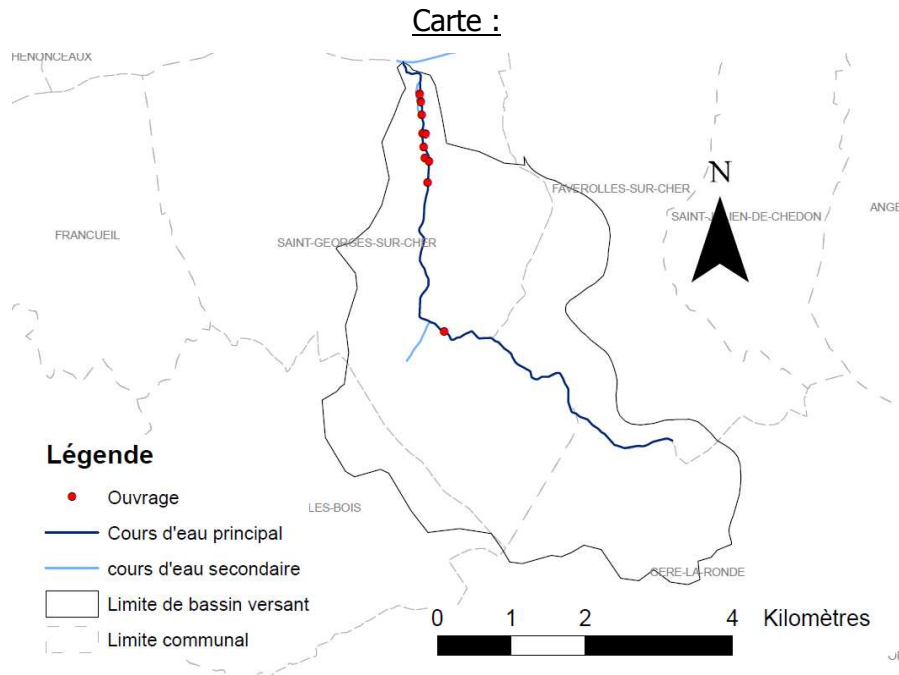
Observations :

Pour cette masse d'eau, le calcul du taux d'étagement a été effectué entre sa confluence avec le Fouzon et celle avec le Saint-Martin. Une série d'aménagements a été réalisée sur ce cours d'eau. Elle a consisté en l'installation de batardeaux (7) à intervalle régulier sur le linéaire. Mais ces derniers, souvent en mauvais état, ne sont pas les ouvrages les plus impactants en terme de hauteur de chute par rapport aux différents moulins (10).

Nom de la masse d'eau :

La Senelles et ses affluents depuis sa source jusqu'à sa confluence avec le Cher

Code de la masse d'eau : **FRGR2175**



Nom du drain principal : Senelles

Affluent(s) : -

Département(s) : Loir-et-Cher

Syndicat(s) : Aucun

Description physique du drain principal :

Longueur (m) : 8 269

Altitude amont (m) : 128

Dénivelé (m) : 69

Altitude aval (m) : 59

Inventaire des ouvrages :

Nb. d'ouvrages dans le BV : 10

Hauteur de chute moyenne (m) : 0.7

Nb. d'ouvrages qui participent au taux d'étagement : 9

Hauteur de chute totale (m) : 6.29

Résultats :

Taux d'étagement (%) : 9

Densité (ouvrages/km): 1.21

Observations :

Ce petit cours d'eau, proposé au classement en liste 1, a surtout été aménagé dans sa partie aval. A l'heure actuelle, trois moulins subsistent encore sur son cours, cependant ce sont surtout les aménagements dus à l'installation de ponts ou de gués qui sont les plus présents (5).

4.2 ANALYSE GLOBALE

4.2.1 MESURE DU TAUX D'ETAGEMENT

Les calculs de taux d'étagement qui suivent ont été réalisés par masse d'eau. Les ouvrages qui sont pris en compte sont donc seulement ceux situés sur le drain principal. Le Tableau II présente les résultats du calcul du taux d'étagement des rivières prospectées.

Tableau II : Les résultats du calcul de taux d'étagement

Cours d'eau	Z _{amont} – Z _{aval} (m)	Σ (hauteur de chute) (m)	Moyenne des hauteurs de chute (m)	Taux d'étagement (%)
ANGE	48	1,43	0,36	3%
BAVET	48	8,37	1,05	17%
CHEZELLES	29	8,82	0,52	30%
FILET	9	0,92	0,15	10%
FOUZON (amont)	20	10,93	0,68	55%
FOUZON (aval)	13	7,39	0,82	57%
NAHON (amont)	9	8,86	0,89	98%
NAHON (aval)	17	8,61	1,08	51%
MODON	88	18,08	0,79	21%
RENNES	35	13,44	0,75	38%
RENON	24	13,45	0,67	56%
SENELLES	69	6,29	0,70	9%

La Figure 10 est la retranscription des résultats du calcul de taux d'étagement sur la carte du bassin du Cher aval.

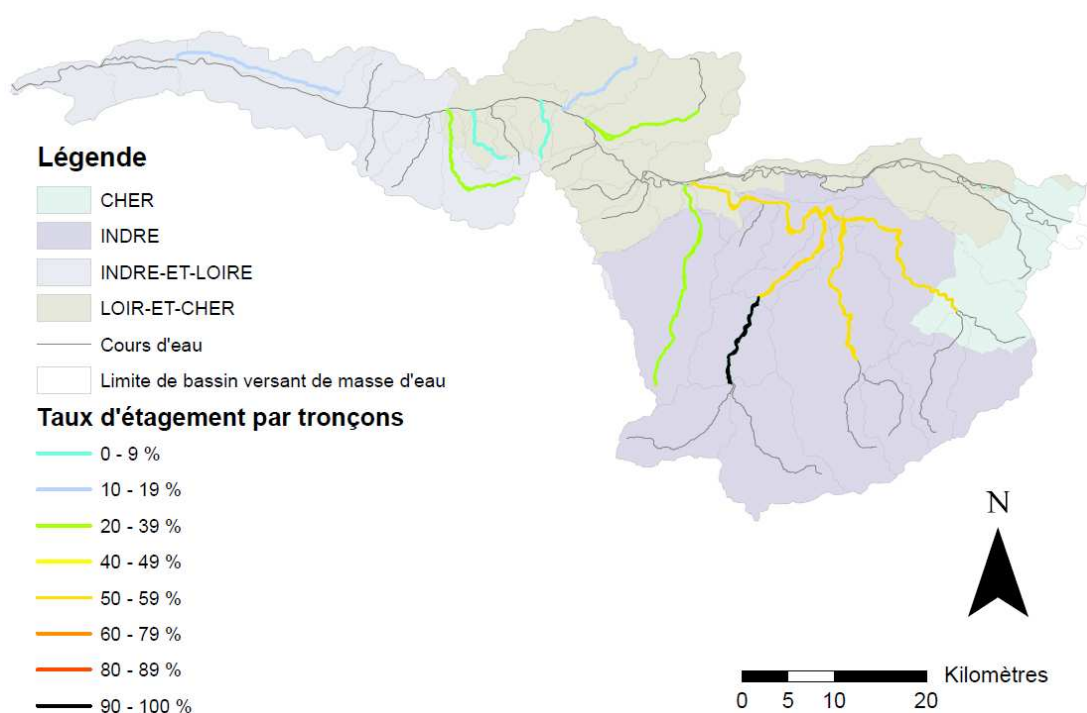


Figure 10 : Carte du taux d'étagement des masses d'eau prospectées du bassin du Cher aval

Sur la Figure 10, on peut tout de suite remarquer que les valeurs les plus élevées se trouvent dans le bassin versant du Fouzon et de ses affluents. Pour quatre tronçons, les valeurs sont situées entre 51 et 57 %, mais c'est sur la partie du Nahon entre Langé et Valençay que le taux d'étagement est le plus fort (98 %).

Pour ces cours d'eau, il est nécessaire de noter que la valeur de la dénivellation naturelle n'a pas été calculée à partir de la source. Cette différence face aux autres cours d'eau peut avoir une influence sur la valeur finale du taux d'étagement, car, en règle générale, c'est en tête de bassin versant que la dénivellation va être la plus forte. Par exemple, pour les deux parties du Nahon, les dénivelés sont de 9 et 17 m, alors qu'il est de 69 m pour la Senelles.

4.2.2 DENSITE DES OUVRAGES

Tableau III : La densité d'ouvrages pour les rivières prospectées

Cours d'eau	Nombre d'ouvrages dans le BV	Nombre d'ouvrages sur le drain principal	Nb. d'ouvrages entrant dans le calcul du taux d'étagement	Longueur du drain principal (m)	Densité moyenne (ouvrage/km)
ANGE	4	4	4	7 332	0,55
BAVET	20	9	8	11 403	0,79
CHEZELLES	22	21	17	16 760	1,25
FILET	6	6	6	20 006	0,30
FOUZON (amont)	27	27	16	27 149	0,99
FOUZON (aval)	19	19	9	22 428	0,85
NAHON (amont)	13	13	10	9 823	1,32
NAHON (aval)	13	13	8	22 152	0,59
MODON	36	24	23	25 560	0,94
RENNES	28	20	18	15 570	1,28
RENON	31	31	20	19 000	1,63
SENELLES	10	10	9	8 269	1,21

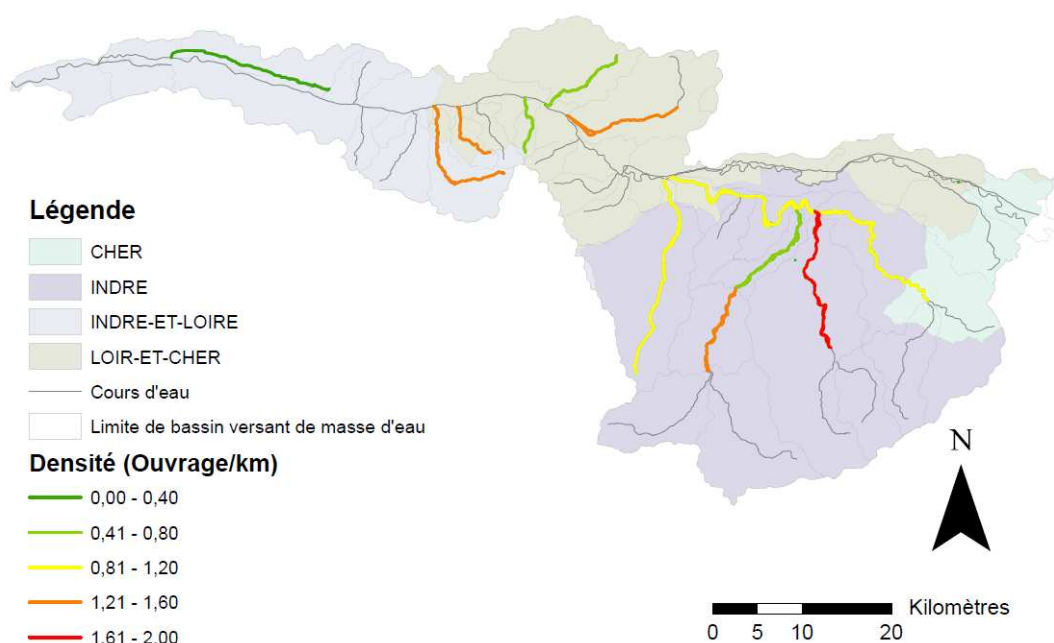


Figure 11: Carte de la densité d'ouvrages par cours d'eau

Comme pour le taux d'étagement, les valeurs les plus fortes se retrouvent au niveau du bassin versant du Fouzon et de ses affluents. Mais on peut voir que des rivières comme la Senelles, la Rennes et la Chezelles présentent des densités importantes (entre 1.21 et 1.32 ouvrages par kilomètre), alors que leur taux d'étagement est faible.

4.2.3 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES REPERTORIES

4.2.3.1 Entretien

L'état général des ouvrages est bon : les 2/3 sont soumis à un entretien régulier, comme l'indique la Figure 12. Le niveau d'entretien des ouvrages est très aléatoire suivant le propriétaire ou le gestionnaire, qu'il soit public ou privé. Dans la plupart des cas, ce sont tout de même les ouvrages privés qui montrent le plus souvent un état de dégradation plus fort, probablement dû au coût élevé qu'engendre l'entretien de ces ouvrages.

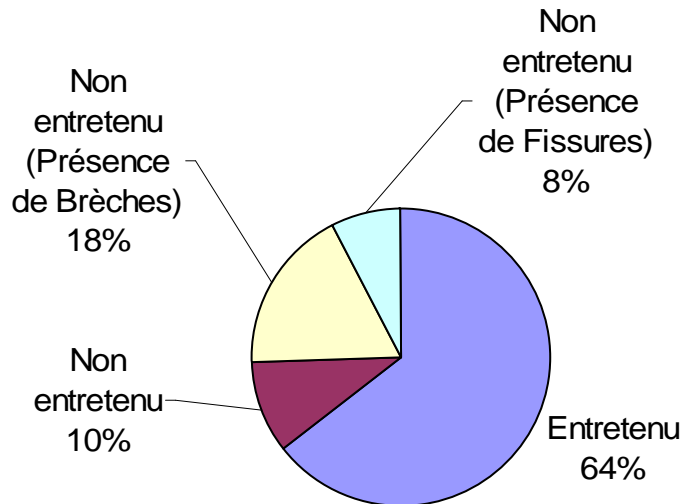


Figure 12 : État d'entretien des ouvrages prospectés

4.2.3.2 Franchissabilité

Deux notes de franchissabilité ont été attribuées à chacun des ouvrages. Dans le cas de la franchissabilité, il faut bien préciser que la note est donnée par dire d'expert. Elle peut donc être variable selon l'observateur, mais se base tout de même sur un barème bien défini, comme indiqué dans l'Annexe 2. La notation va de 0 à 5, un 0 indiquant un ouvrage transparent au passage du poisson, et 5 un ouvrage complètement infranchissable.

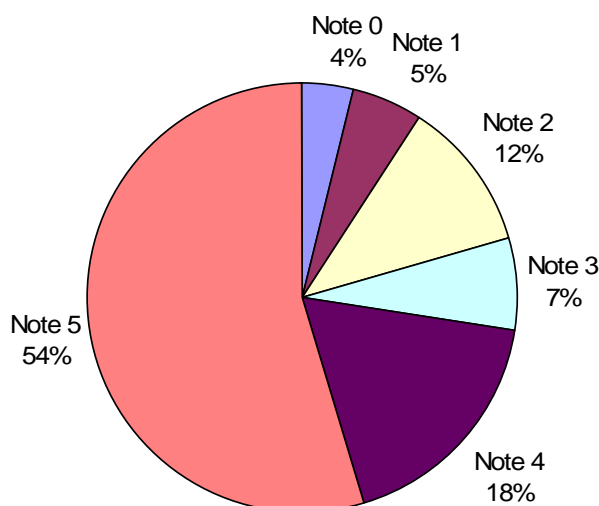


Figure 13 : Franchissabilité globale des ouvrages prospectés

La note de franchissabilité globale est la plus soumise à cette subjectivité de l'observateur. On peut cependant observer une véritable tendance au niveau des résultats. En effet, près de 80 % des ouvrages sont infranchissables, très difficilement franchissables ou difficilement franchissables.

La note de franchissabilité des anguilles pour chaque ouvrage est différente car elle est soumise à une grille d'évaluation spécifique, comme expliqué en 3.3.1. On retrouve tout de même une forte proportion (68 %) d'ouvrages qui sont infranchissables, très difficilement franchissables ou difficilement franchissables.

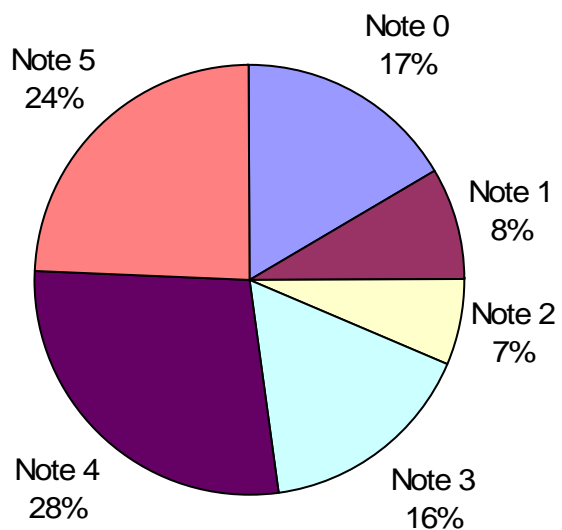


Figure 14 : Franchissabilité pour les anguilles des ouvrages prospectés

5. DISCUSSION

En matière de restauration de la continuité écologique, la politique définie dans le bassin Loire-Bretagne est explicite. Le principe de non-dégradation des masses d'eau introduit par la DCE, la disposition 1B-1 et l'orientation 9B du SDAGE conduisent à confier au SAGE le soin de fixer des objectifs de réduction du taux d'étagement des cours d'eau. Pour cela, il devra être mis en place des plans d'actions pour la restauration de la continuité écologique.

L'inventaire des ouvrages hydrauliques réalisé au cours de ce stage servira donc dans ce cadre d'outil d'aide à la décision pour la Commission Locale de l'Eau.

Les objectifs en matière de transparence migratoire à long terme ont conduit le SDAGE à retenir, afin d'assurer la continuité écologique des cours d'eau, différentes mesures de restauration dans l'ordre de priorité suivant : l'effacement, l'arasement partiel, la transparence par gestion d'ouvrage et enfin l'aménagement de dispositif de franchissement (du type « passe à poissons ») ou de rivière de contournement (Larinier, 1983 ; Malavoi, 2003) avec obligation d'entretien permanent et de fonctionnement à long terme. Cette dernière solution restreint systématiquement le franchissement à une seule ou plusieurs espèces-cibles, cela ne règle que le problème de migration de ces espèces à la montaison mais pas à la dévalaison, avec une efficacité qui n'est jamais de 100 % (Croze & Larinier, 2007 ; Malavoi, 2006). Elle reste aussi un problème face au bon déroulement du transport naturel des sédiments et présente un coût d'entretien permanent.

Les solutions d'effacement physique garantissent quant à elles la transparence migratoire pour toutes les espèces, la pérennité des résultats, ainsi que la récupération d'habitats fonctionnels et d'écoulements libres (Kanehl & Lyons, 1997).

L'intervention sur les ouvrages hydrauliques se heurte à des difficultés diverses : structuration des maîtrises d'ouvrage, intervention en domaine privé, financement des actions, attachement des riverains au profil actuel, crainte d'une perte de patrimoine (la présence de certains moulins étant attestée depuis plus de 200 ans par la carte de Cassini), etc. C'est pourquoi la définition précise des actions à entreprendre nécessite des études particulières, cours d'eau par cours d'eau, afin d'évaluer les impacts positifs et négatifs des différents *scénarii* d'intervention sur l'hydromorphologie, la faune, la flore et les usages. (Malavoi & Salgues, 2011).

Lors de la mise en place des projets de réduction du taux d'étagement, il va falloir identifier les ouvrages qui ont besoin d'être aménagés. Un premier classement peut être fait à l'aide des critères définis pour la priorisation des axes à prospecter (Partie 3.3.2), qui est applicable pour le choix des axes à aménager en priorité.

6. CONCLUSION

Lors de cette étude, tous les ouvrages du bassin n'ont pas été inventoriés. Cependant, la hiérarchisation des cours d'eau à prospecter, de par leurs enjeux concernant la continuité écologique, a permis d'effectuer une priorisation des ouvrages et de visiter ceux situés sur les drains les plus importants.

Au début de l'étude, il n'existait pas de base de données propre au SAGE Cher aval. Plusieurs étaient disponibles dans divers organismes mais elles ne couvraient pas tout le bassin ou alors leurs informations étaient incomplètes. La compilation de ces données ainsi que les prospections terrain ont abouti à la mise en place d'une cartographie et d'une base de données des ouvrages la plus complète possible dans le temps imparti. Cette dernière est compatible avec les attentes du SAGE, mais aussi avec le ROE. Cette amélioration des connaissances à ce niveau va permettre ensuite à la Commission Locale de l'Eau (CLE) de pouvoir mieux planifier les futures actions.

Le recueil des caractéristiques des différents ouvrages permet aussi d'avoir un aperçu plus global de l'impact des ouvrages sur les cours d'eau. Par exemple, la restauration de l'habitat physique à une échelle très locale pourrait avoir un impact limité sur la biodiversité des poissons, si les milieux ainsi restaurés sont encore isolés des autres milieux d'où pourraient provenir des individus colonisateurs (Pretty *et al.*, 2003).

Le taux d'étagement est une valeur qui est facilement calculable et permet d'évaluer l'impact des ouvrages sur les cours d'eau. Mais cette évaluation ne prend en compte que les impacts sur la continuité écologique longitudinale. La continuité écologique doit aussi être mesurée au niveau des échanges latéraux. En effet, la chenalisation ou l'endiguement des cours d'eau sont aussi des facteurs pouvant perturber la connectivité des cours d'eau avec les milieux environnants (Amoros & Petts, 1993).

7. BIBLIOGRAPHIE

- AMOROS C. & PETTS G.E., 1993.** Hydrosystèmes fluviaux. *Collection d'écologie n°24, Masson, Paris, 300p.*
- CROZE O. & LARINIER M., 2007.** Mitigation de l'impact des seuils et barrages sur la circulation des poissons migrateurs en rivière : solutions techniques et limites. *In : Grands aménagements maritimes et fluviaux. Techniques nouvelles et insertion environnementale, 3-5 décembre 2007, Paris.*
- GRAF W.L., 2006.** Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology, 79, 336-360.*
- KANEHL P.D. & LYONS J., 1997.** Changes in the habitat and fish community of the Milwaukee river, Wisconsin, following removal of the Woolen Mills dam. *North American Journal of Fisheries Management, 17, 387-400.*
- KONDOLF G.M., 1997.** Hungry water : effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management, vol21, n4, 533-551.*
- LARINIER M., 1983.** Guide de conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrateurs. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, hors-série, 1-39.*
- LEONARD A. & ZEGEL P., 2010.** Référentiel des obstacles à l'écoulement – Version 1 – Descriptif de contenu. *Référentiel géographique du Système d'information sur l'eau, EauFrance, 30p.*
- MALAVOI J.R., 2003.** Stratégie d'intervention de l'Agence de l'Eau sur les seuils en rivière. *Agence de l'Eau Loire-Bretagne, AREA, AFF02011, 135p.*
- MALAVOI J.R., 2006.** Retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes, menées sur le bassin RMC - Rapport. *Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, BIOTEC, Document n°05.079-ETU-101, 133p.*
- MALAVOI J.R. & SALGUES D., 2011.** Arasement et dérasement de seuils – Aide à la définition de cahier des charges pour les études de faisabilité – Compartiments hydromorphologie et hydroécologie. *Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques & CEMAGREF, 83p.*
- MERIAUX P., FOLTON C., DUMONT B., GENDREAU N., GILARD O. & MERLET C., 1997.** Mise en œuvre d'une approche intégrée pour le diagnostic de seuils en rivière - étude des rivières Cère, Jordanne et Authre dans le Cantal. *Ingénieries – EAT, n°11, 51-70.*
- PRETTY J.L., HARRISON S.S.C., SHEPHERD D.J., SMITH C., HILDREW A.G. & HEY R.D., 2003.** River rehabilitation and fish populations : assessing the benefit of instream structures. *Journal of Applied Ecology, 40, 251-265.*
- SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DU BASSIN VERSANT DU CHER AVAL, 2011.** Etat des lieux de la ressource en eau, des milieux aquatiques et des usages – Rapport d'étude validé par la CLE le 17 février 2011. *Etablissement public Loire, GEO-HYD, 332p.*
- SERVICE D'ADMINISTRATION NATIONALE DES DONNEES REFERENTIELS SUR L'EAU, 2008.** Obstacles à l'écoulement – Présentation des données – Thème : ouvrages – Version 1.0. *Système d'Information sur l'Eau, ONEMA, 77p.*
- STEINBACH P., 2010.** Evaluation des conditions de circulation de l'anguille – Démarche mise en œuvre dans le bassin Loire-Bretagne – Zoom sur le sous-bassin de la Mayenne. *Continuité écologique, plan national Anguille, évaluation des conditions de circulation, 25p.*
- STEINBACH P., 2011.** Projet de note de lecture pour les SAGE - Etagement des cours d'eau dans le SDAGE Loire-Bretagne : éléments de rédaction pour la fiche de lecture des ouvrages transversaux - Disposition 1B-1 et orientation 9B - Version CAB du 8 avril 2011. *Secrétariat technique du bassin Loire-Bretagne : DREAL Centre, ONEMA, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 20p.*

8. ANNEXES

Annexe 1.	Champs de la base de données « ouvrages »	39
Annexe 2.	Fiche terrain	41
Annexe 3.	Fiche-type par ouvrage	42

Annexe 1. CHAMPS DE LA BASE DE DONNEES « OUVRAGES »

Catégorie	Champ	Description
Caractéristiques générales	OBJECTID	Numéro unique attribué automatiquement par la base de données Access
	Shape	Champ intégrant les données nécessaires à ArcGIS
	Id_Ouvrage	Identifiant unique de l'ouvrage dans la base de données du SAGE Cher aval
	Code_ROE	Identifiant unique national de l'ouvrage dans la base de données ROE
	Nom	Nom de l'ouvrage
	Nom_alternatif	Nom alternatif de l'ouvrage
	Nom_Prop	Nom du propriétaire de l'ouvrage
Caractéristiques de l'ouvrage	Type	Typologie de l'ouvrage d'après le dictionnaire SANDRE
	Sous_Type	Sous-type de l'ouvrage d'après le dictionnaire SANDRE
	Elmt_Mobile_Type	Typologie de l'élément mobile
	Manoeuvre_Type	Type de manœuvre des éléments mobiles (manuelle ou automatique)
	Etat_ouvrages	Etat d'entretien de l'ouvrage (entretenu, non-entretenu, présence de brèches, présence de fissures)
	Statut_Ouvrage	Statut de l'ouvrage : en projet, en construction, existant ou obsolète
	Org_Nav_Type	Organe de l'ouvrage permettant de le franchir par navigation
	Acien Moulin	Indique si l'ouvrage est un ancien moulin (1=oui et 0=non)
	Usage	Usage de l'ouvrage
	Ouvrages_liés	Identifiant d'un ouvrage lié
Franchissabilité piscicole	Org_Pisci_Type	Organe de franchissement piscicole
	Org_Pisci_Pos	Emplacement de l'organe de franchissement au niveau du cours d'eau, à savoir rive gauche, rive droite ou milieu.
	Note_Franchi	Note de franchissabilité générale attribuée à l'ouvrage (note sur 5)
	Note_Franc_Ang	Note de franchissabilité pour les anguilles attribuée à l'ouvrage (note sur 5)
Mesures de terrain	Visite terrain	Indique si l'ouvrage a déjà été prospecté (1=oui et 0=non)
	Date_Modif	Date de visite de l'ouvrage
	Hauteur_chute_étiage	Dénivelé mesuré à l'étiage entre les lignes d'eau en amont et en aval d'un obstacle (en mètres)
	Hauteur_Terrain_Nat	Distance verticale maximale, exprimée en mètres, entre la crête de l'ouvrage et le point le plus bas du terrain naturel
	Hauteur_chute_module	Dénivelé mesuré au module entre les lignes d'eau en amont et en aval d'un obstacle (en mètres)
	Epaisseur	Epaisseur de l'ouvrage dans l'axe de la rivière (en mètres)
	Largeur_crête	Largeur totale de l'ouvrage (en mètres)
	LargeurDebitante	Largeur de l'ouvrage où il y a un écoulement (en mètres)
	LargeurFixe	Largeur de la partie fixe de l'ouvrage (en mètres)
	LargeurMobile	Largeur de la partie mobile de l'ouvrage (en mètres)
	Largeur_CE	Largeur naturelle du cours d'eau (en mètres)
	Orientation	Orientation de l'ouvrage par rapport au cours d'eau (90° : en travers ; 30° : quasi parallèle aux berges)
	Débit_de_projet	Débit réservé d'un ouvrage, exprimé en m3/s
DateDebutImpact	Date à partir de laquelle des travaux sont entrepris sur les lieux de fondation de l'ouvrage	
DateFinImpact	Date à partir de laquelle l'ouvrage n'a plus d'impact sur le	

		cours d'eau
	Commentaires	Commentaires sur l'ouvrage
Situation géographique et hydrographique	X	Coordonnée X en Lambert 93 de l'ouvrage mesurée sur le terrain
	Y	Coordonnée Y en Lambert 93 de l'ouvrage mesurée sur le terrain
	Z_MNT	Altitude de la crête de l'ouvrage récupérée grâce au MNT
	Z_Mesure	Altitude de la crête de l'ouvrage mesurée sur le terrain
	CommuneNom	Nom de la commune sur laquelle se situe l'ouvrage
	CommuneCode	Code INSEE de la commune sur laquelle se situe l'ouvrage
	DépartementNom	Nom du département dans lequel se situe l'ouvrage
	DépartementCode	Code INSEE du département dans lequel se situe l'ouvrage
	Nom_CE	Nom du cours d'eau sur laquelle se situe l'ouvrage
	ID_Tronçon	Identifiant du tronçon BD Carthage sur lequel se situe l'ouvrage
	Z_Hydro	Champs « ZONHYDRO » de la BD Carthage, couche zones hydrographiques
	Cd_Genelin	Champs « CGENELIN » de la BD Carthage, couche tronçons
	Cd_Hydro_Cart	Code hydrographique du tronçon BD Carthage. Correspond au champ « CODEHYDRO » de la BD Carthage
	MasseDEauCode	Code de la masse d'eau de surface telle que définie dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau européenne
	Bassin	Nom de la circonscription de bassin dans laquelle se situe l'ouvrage
	Classe_CE	Ordre de Strahler du cours d'eau
	Pk	Point kilométrique le long de la BD Carthage
Surface_BV	Surface du bassin versant drainé par le cours d'eau en amont de l'ouvrage	
Statut de l'ouvrage	ParticipeTxEtagement	Indique si l'ouvrage participe au taux d'étagement ou non (1=oui et 0=non)
	Grenelle	Indique si l'ouvrage est un ouvrage « Grenelle » (1=oui et 0=non)
	PGA	Indique si l'ouvrage est inscrit dans le plan de gestion national « Anguille »
	ReglementEau	Indique l'existence d'un règlement d'eau attaché à l'ouvrage
	Public_Privé	Indique si l'ouvrage est public (sinon privé)
	IsLegal	Indique si l'ouvrage a un statut légal
	StatutLegal	Indique le statut légal dans le cas où le champ Legal est valorisé
Information ROE	Validation_ROE	Etat de l'ouvrage (validé ou non-validé).
	Dernière_modif_ROE	Date de dernière modification dans le ROE
	Sources_ROE	Nom de l'inventaire d'origine récupéré pour la base de données ROE
Illustration	Photo_amont	Numéro des photos de l'ouvrage dans le dossier photo
	Photo_am	Champs intégrant une photo de l'ouvrage à l'amont (en format BMP 320x240)
	Photo_av	Champs intégrant une photo de l'ouvrage à l'aval (en format BMP 320x240)
	Carte	Champ intégrant l'image de la Carte IGN au 1/25000e (en format BMP 320x240)
Analyse	Sources_SAGE	Nom de l'inventaire d'origine récupéré pour la base de données SAGE Cher aval
	Priorisation_terrain	Ordre de priorité de prospection

Annexe 2. FICHE TERRAIN

Général		Caractéristique de l'ouvrage	
Date de Visite:	Numéro Photo:		
Nom de l'ouvrage :			
Coordonnées			
X :	Nom du Cours d'eau:		
Y :	Commune:		
Z (crête du seuil):	Département:		
Station Hydro de réf. :	Q(m3/s) :		
Schéma profil en long			
Schéma coupe Transversal			
Hauteur Chute a l'étiage: Hauteur terrain Nat.: Epaisseur / Pente:			
Largeur Total: Largeur débitante : Largeur part. fixe : Largeur Nat du CE :		Largeur part. mobile: Orientation:	

Caractéristique de l'ouvrage			
Type	Elément mobile		
1.1 Barrage	0 Type inconnu	Etat	
1.2 Seuil en rivière	1 Clapet basculant	Entretenu	
1.3 Digue	2 Vannes levantes	Non entretenu	
1.4 Pont	3 Autres type de Vannes	Non entretenu (Brèches)	
1.5 Epis en rivière	4 Aiguilles	Non entretenu (Fissures)	
1.6 Grille	5 Haussés	Franchissement navigation (3)	
	6 Batardeau	1 Ecluse	
	7 Portes à flots	2 Ascenseur	
	8 Clapets à marée	3 Passe à canoë	
	9 Autres Types	Statut obstacles	
	Ancien moulin	0 En projet	
	Hydroélectricité	1 En construction	
	Autres types	2 Existant	
	Q(m3/s):	3 Obsolète	
Franchissabilité			
Types :			
présence Organes de franchissement piscicoles			

Critère	Impact	Note	Impact	Note	Franchi- sans diffi- culté appa- rente	libre circula- tion assuré tout débit
Hauteur de chute	< 0,5 m	1	< 2 m	3	1	1
	< 1 m	2	> 2 m	4		
Profil	Partie vertical >5h/1L et/ou rup- ture pente marqué	1	Face aval inclinée 2H/3L à 1H/5L	-0.5	2	2
	Partie très pente 5H/1L à 3H/2L et/ou rupture de pente très marqué	+0.5	Face aval en pente douce < 1H/5L	-1		
Rugosité	Matériaux étaanches et lisse	1			3	3
	Parement aval très rugueux (enroché, végétalisé)	-1	Parement aval ru- gueux (jointement , mousses)	-0.5		
berge	Pendage latéral favorables	-0.5			4	4
Diversité	Existence d'une voie beaucoup plus facile	-1	Existence d'une voie plus facile	-0.5	5	5
Total :						
Commentaires						

Annexe 3. FICHE-TYPE PAR OUVRAGE



FICHE OUVRAGE

NOM	Clapet du Bourg de Gracay	Identifiant SAGE
Nom Alternatif	Propriétaire	Code ROE
		FOUZ-33-18

SITUATION GEOGRAPHIQUE

X (Lambert 93)	612480
Y (Lambert 93)	6672110
Département	CHER
Commune	GRACAY
Nom du cours d'eau	FOUZON
Code Masse d'eau	FRGR1548



PHOTOGRAPHIES



CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE

Type Seuil en rivière	Type élément mobile Clapet basculant	Organe franchissement navigation
Sous-Type Déversoir	Manoeuvre élément mobile Automatique	Organe franchissement poisson
Etat de l'ouvrage	Entretenu	Ancien Moulin <input type="checkbox"/>
Statut de l'ouvrage	Existant	Participe au taux d'étagement <input checked="" type="checkbox"/>
Usage	Inconnu	

MESURES

Date de visite 30/05/2011	Largeur total de crête (m) 8	Note franchissabilité global 5
	Hauteur de chute à l'étiage (m) 1,23	Note franchissabilité anguille 5

COMMENTAIRES

lavoir en amont
un déversoir et une vanne levantes en parallèle

RESUME

L'objectif d'atteinte du bon état écologique des eaux par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) contraint les états membres européens à mesurer et corriger les impacts des perturbations anthropiques sur les milieux aquatiques. Au cours de l'élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin versant du Cher aval, il est apparu des lacunes dans la connaissance des ouvrages hydrauliques présents sur les cours d'eau du bassin. Dans le cadre d'un stage, un inventaire et une analyse de leur impact sur la continuité écologique ont été menés.

Ce rapport présente le travail réalisé pendant les cinq mois de l'étude. Il a pour vocation d'être transmis à la Commission Locale de l'Eau (CLE) en vue de la gestion et l'aménagement futur de ces ouvrages.

La première partie présente le bassin versant du Cher aval, ainsi que ses enjeux. Puis la notion de continuité écologique et son aspect réglementaire sont développés. Les divers impacts engendrés sur les cours d'eau par les ouvrages hydrauliques sont également décrits.

La seconde partie de ce rapport présente la démarche suivie pour la réalisation de l'inventaire. Il s'agit de la constitution de la base de données et du mode de prospection employé. Elle introduit également la notion de calcul du taux d'étagement, en vue de mesurer les impacts des ouvrages, du fait de la rupture de l'écoulement artificiel.

Enfin des solutions pour traiter les impacts de ces ouvrages sur le milieu sont avancées, comme par exemple l'arasement total ou partiel des ouvrages hydrauliques.

MOTS CLES

- SAGE Cher aval
- Continuité écologique
- Ouvrages hydrauliques
- Taux d'étagement