

Rapport de stage pour l'obtention  
de la 1<sup>ère</sup> année de Master

## Evaluation du potentiel hydroélectrique d'Indre-et-Loire

---



Mai-juillet 2011

Maître de stage : Corinne Larrue  
CNRS UMR 6173 CITERES

**Laure Barthelemy**

## Remerciements

Cette étude m'a amené à rencontrer différents acteurs et enseignants. Je tenais à remercier les différentes personnes rencontrées qui ont fait avancer cette étude et plus particulièrement :

M. Heriniaina Andriamahefa, Professeur associé, ingénieur d'études à l'Agence de l'Eau Seine Normandie, pour son soutien et son aide tout au long de ce stage,

Mme Corinne Larrue, maître de stage et directrice de l'UMR CITERES et du département IMACOF,

Mme Gaëlle Berton, Enseignant-chercheur à l'EPU Tours-DMS,

M. Jean-Pierre Berton, Professeur émérite - ancien directeur de la formation IMACOF,

M. Mathias Wantzen, Enseignant-chercheur à IMACOF,

M. Philippe Juge, Chargé d'étude, CETU - Elmis ingénieries,

M. Bruno Bejon de la Direction Départementale des Territoires, service eau et milieu naturel,

M. François Joubert de l'ONEMA,

M. Dages de la Direction Départementale des Territoires et du domaine public Fluvial,

Mme Céline Vedrenne de la mairie de Savonnières,

M. Julien Diakite et M. Roderick Viallet, étudiants en stage sur le même projet.

## Table des matières

Résumé.....	3
Summary .....	3
SIGLES/ABREVIATIONS .....	4
Introduction .....	5
1. Contexte de l'étude .....	6
1.1. Présentation du site d'étude .....	6
1.2. Présentation du SIEIL (Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre-et-Loire) .....	6
1.3. Présentation de l'étude et de la première phase de travail .....	7
1.4. Présentation du contexte réglementaire pour l'hydroélectricité .....	7
1.5. Présentation de la seconde phase d'étude .....	9
2. Matériels et méthodes .....	10
3. Résultats et discussions.....	13
3.1. Réglementation et mobilisation du potentiel en Indre et Loire .....	13
3.2. Outils d'aide à la décision pour l'implantation de microcentrale .....	16
3.3. Etude de cas d'un ouvrage existant à équiper .....	17
3.3.1. Méthodologie.....	17
3.3.2. Présentation du site et de l'ouvrage .....	17
3.3.3. Contexte réglementaire et écologique .....	20
3.4. Etude de cas d'un tronçon à équiper .....	26
3.4.1. Méthodologie.....	26
3.4.2. Présentation du site et du tronçon .....	26
3.4.3. Contexte Règlementaire et écologique.....	28
3.5. Procédure d'autorisation.....	33
Conclusion .....	35
Bibliographie :.....	36
Table des illustrations.....	38
ANNEXES .....	39
1. Réseau hydrographique .....	39
2. Réglementation .....	40
3. Mobilisation du Potentiel.....	48
4. Tableau de corrélation entre la réglementation et les techniques de production.....	49
5. Arbre de décision.....	51
6. Densité d'ouvrages par km de cours d'eau (carte d'état) .....	57
7. Densité d'ouvrages par km de cours d'eau, carte d'aide à la décision .....	58
8. Linéaire impacté (en %) par les ouvrages (carte d'état) .....	59
9. Linéaire impacté (en %) par les ouvrages, carte d'aide à la décision .....	60
10. Données hydrologiques et mesures de débits et vitesses sur le Cher .....	61
11. Données hydrologiques et mesures de débits et vitesses sur l'Esves .....	62
12. Formules utilisées par les différents SDAGE pour l'évaluation de la puissance théorique .....	63

## **Résumé**

Cette étude traite du potentiel hydroélectrique du département d'Indre-et-Loire en abordant les aspects physiques, écologiques, techniques et réglementaires de cette thématique. Elle s'insère dans une étude globale commandée par le Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre-et-Loire, dans le but de diversifier les sources d'approvisionnement en énergie. La petite hydroélectricité présente un potentiel important de développement mais est soumise à des contraintes réglementaires strictes. Tout projet d'installation et d'équipement de microcentrale doit respecter l'environnement et les milieux aquatiques et il convient d'étudier tous les aspects écologiques avant de vouloir produire une énergie « verte » ou renouvelable.

Deux études de cas de mise en place de microcentrales hydroélectriques sont abordées dans ce rapport. La première porte sur l'équipement d'un barrage existant (sur le Cher) et la seconde sur un tronçon de cours d'eau non aménagé (sur l'Esves). Ces études ont pour but d'aborder des projets d'installation en partant d'un point de vue écologique et réglementaire et de présenter le déroulement du projet à de potentiels maître d'ouvrages. A ces études s'ajoutent la réalisation d'un outil d'aide à la décision pour un projet d'implantation de microcentrale.

## **Summary**

This study is about the potential use of hydropower in the department of Indre-et-Loire. It deals with physical, ecological and legal aspects of this issue. It takes part in a global study ordered by the regional energy supplier (Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre-et-Loire), in the aim to diversify sources of energy supply. Small Hydropower has an important potential of development but it is subject to strict rules. Any project of installation and equipment of small hydropower has to consider the ecological requirements of the aquatic environment. It needs to study all the ecological aspects of the project before trying to produce a green or renewable energy.

In this report, two cases studies are presented about installation of hydropower: the first one is report on installations at an existing dam (river Cher) and the other is on a yet undammed river (river Esves). The objective of these studies is to present a guideline how to establish a hydropower project considering the ecological and legal aspects. Moreover, a decision support tool for little hydropower projects is provided.

## **SIGLES/ABREVIATIONS**

**AELB** : Agence de l'Eau Loire Bretagne

**CE** : Code de l'environnement

**CLE** : Commission Locale de l'Eau, instance de concertation et de décision pour le SAGE et son territoire

**DDEF** : Direction Départementale de l'Equipement et du domaine public Fluvial

**DDTF** : Direction Départementale des Territoires et du domaine public Fluvial (anciennement DDEF)

**DDT** : Direction Départementale des Territoires

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

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

**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (échelle locale de bassin ou de sous bassin)

**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (échelle de grand bassin hydrographique)

**SIEIL** : Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre et Loire

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SYRAH-CE** : SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau

**ZAP anguilles** : Zone d'Action Prioritaire pour la protection des anguilles

**ZPS** : Zone de Protection Spéciale (Directive Oiseaux, site NATURA 2000)

**ZSC** : Zone de Conservation Spéciale (Directive Habitats, site NATURA 2000)

## Introduction

Dans le contexte actuel des politiques environnementales, le développement durable devient une orientation majeure des programmes d'actions et de planifications. L'accent est notamment mis sur le développement des énergies renouvelables. Cependant celles-ci peuvent aller à l'encontre d'autres politiques de protection des milieux et des ressources. C'est dans ce cadre que le développement de l'hydroélectricité se situe.

Le SIEIL (Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre et Loire) a commandé une étude sur l'évaluation du potentiel Hydroélectrique d'Indre et Loire à l'UMR CITERE, afin d'évaluer les possibilités de diversification des sources d'énergie du département. Elle est réalisée par une équipe pluridisciplinaire de l'université de Tours, en collaboration avec le département IMACOF et l'EPU Tours-DMS. Cette étude a pour objectif d'estimer le potentiel de développement de l'hydroélectricité dans le département, en prenant en compte les contraintes biologiques, techniques et juridiques. Il s'agit d'un premier état des lieux sur la base duquel il sera produit des recommandations à destination des acteurs en charge de la diversification des sources d'énergies. C'est en lien avec les directives Européennes et du Développement Durable que cette étude a été menée, permettant ainsi d'intégrer en priorité l'aspect écologique à ces projets énergétiques.

L'étude a été conduite en plusieurs phases. La première a constitué le travail de fin d'étude ou projet personnel de quatre étudiants de l'université de Tours (G. Noblet, IMACOF ; O. Guillemet, IMACOF ; L. Chizat, EPU Tours-DMS ; E. Thicoipe, EPU Tours-DMS). Cette phase a posé les bases au niveau de la réglementation, des impacts sur l'environnement et des techniques de production hydroélectrique existantes.

La seconde phase est le sujet de ce rapport et a fait l'objet du stage de Master 1 IMACOF de Laure Barthélémy et de deux autres stages pour des étudiants de quatrième année de l'EPU Tours-DMS (J. Diakite et R. Viallet). Les objectifs de cette phase étaient d'évaluer le potentiel hydroélectrique du département, et de réaliser deux études de cas d'implantation de microcentrale afin d'illustrer le déroulement et la réalisation d'un projet : la première sur un ouvrage existant (sur le Cher), et une seconde sur un tronçon de cours d'eau ne présentant pas d'ouvrage (sur l'Esves). S'ajoutent à cela la création de plusieurs bases de données (BD\_ouvrages et BD\_troncon) et la réalisation d'un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages.

Dans ce rapport, le contexte géographique, institutionnel et réglementaire de l'étude sera présenté dans la première partie. Le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation des bases de données seront abordés dans une seconde partie. Les résultats et leur discussion seront ensuite exposés sur les points suivants, avant de conclure sur cette phase de l'étude :

- la mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre et Loire, en lien avec les aspects réglementaires,
- la réalisation de l'outil d'aide à la décision,
- les études de cas et les procédures et pièces réglementaires nécessaires à la réalisation des projets

# 1. Contexte de l'étude

## 1.1. Présentation du site d'étude

L'étude est réalisée sur le réseau hydrographique du département d'Indre et Loire (37), situé en région centre. La figure 1 localise le département sur le territoire français et la figure 2 présente les principales communes.



Figure 1 : Localisation du département d'Indre-et-Loire (lapidellerie.com)



Figure 2 : Carte d'Indre et Loire (holidayshomes.com)

La population d'environ 600 000 personnes est réparties dans 277 communes, qui s'étendent sur près de 6000 km<sup>2</sup>. Le climat y est tempéré. La principale commune est Tours, chef-lieu du département qui présente une agglomération de près de 400 000 habitants.

Le réseau hydrographique y est dense et présente des cours d'eau importants tels que la Loire, le Cher, la Vienne ou encore l'Indre et la Creuse. Sa longueur cumulée est de 5025 km (source : BD\_carthage) en comptant les chevelus amonts et les cours d'eau intermittents. La carte du réseau hydrographique est disponible en annexe 1.

## 1.2. Présentation du SIEIL (Syndicat Intercommunal d'Energie d'Indre-et-Loire)

Le SIEIL s'est formé en 1937, suite à la loi du 15 juin 1906 relative au devoir de distribution d'électricité des communes. Elle incombe aux collectivités la responsabilité de développer leur propre réseau de distribution d'électricité. 276 communes adhèrent au syndicat et ont pour mission la distribution de gaz et d'électricité. A cela s'ajoutent des actions diverses sur les télécommunications, la cartographie, l'éclairage public et les énergies nouvelles ou renouvelables, cadre dans lequel s'inscrit cette étude.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Source : [www.sieil37.fr](http://www.sieil37.fr)

### 1.3. Présentation de l'étude et de la première phase de travail

L'étude complète dure 1 an (octobre 2010 à octobre 2011) et a été l'objet de 4 sujets de fin d'étude pour des étudiants en dernière année d'IMACOF et d'ingénieur à l'EPU Tours-DMS, ainsi que 3 stages pour des étudiants en quatrième année. Elle a été commandée par le SIEIL afin d'évaluer le potentiel de l'hydroélectricité du département, dans une démarche de diversification des sources d'énergies. L'objectif de l'étude est d'estimer le potentiel du département en dressant un état des lieux du potentiel existant, et de celui non exploité, tout en évaluant sa capacité à être mobilisé, en fonction des différents contextes législatifs qui s'y appliquent. Une fois le cadre géographique et politico-administratif fixé, les aspects techniques et écologiques ont été approfondis. Ceci a permis d'élaborer une base de données des techniques de production existantes et d'évaluer les impacts de l'hydroélectricité sur les milieux aquatiques. Afin d'aider les maîtres d'ouvrages dans la réalisation d'un projet d'implantation de microcentrale hydroélectrique, un outil d'aide à la décision a été mis en place. Celui-ci a permis de mettre en place une méthodologie quant au choix du site et de la technique pour la réalisation d'un tel projet. L'étude s'est poursuivie par deux études de cas de mise en place de production d'hydroélectricité (sur L'Esves et le Cher), choisies en appliquant l'outil d'aide à la décision. Ces études de cas ont pour objectifs de donner deux exemples différents de sites et de techniques (une sur un ouvrage existant, l'autre sur un tronçon non aménagé) en tenant compte des aspects écologiques, techniques, réglementaires et juridiques et ainsi de présenter le déroulement de ces projets.

Lors de la première phase de l'étude, les contraintes réglementaires ont été abordées, notamment concernant la nomenclature de la loi eau. Les principaux impacts des ouvrages sur le milieu ont été énoncés et la notion de franchissabilité piscicole a été expliquée. Concernant la partie technique, différents aménagements, types de centrales et équipements pour la production d'hydroélectricité sont présentés ainsi que leurs caractéristiques techniques. Une base de données BD\_ouvrages a été réalisée. Celle-ci, non exhaustive, intègre tous les ouvrages recensés dans le département par différentes sources<sup>2</sup> ainsi que les réglementations présentes au niveau de ces aménagements. Une base de données de tronçons théoriques a été réalisée mais n'a pu être exploitée. Tous ces éléments ont été repris et approfondis dans la deuxième phase.

### 1.4. Présentation du contexte réglementaire pour l'hydroélectricité

L'hydroélectricité s'inscrit dans le cadre de nombreux textes et codes (Code de l'environnement, de l'Energie, des collectivités territoriales...). Elle est donc soumise à de nombreuses lois et réglementations dont certaines assez anciennes (1919). Cette partie n'est pas exhaustive mais présente les principaux textes concernant l'implantation de centrales hydroélectriques et d'ouvrages en rivières.<sup>3</sup> Les réglementations qui influencent la mobilisation du potentiel hydroélectrique sont présentées ci-après.

**Loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique:** elle crée le régime général du droit d'usage de la force hydraulique des cours d'eau, lacs et marées, en les soumettant systématiquement à autorisation ou concession. Il est inscrit dans cette loi que: « Nul ne peut disposer de l'énergie des cours d'eau quel que soit leur classement, sans une concession ou une autorisation de l'Etat ».

---

<sup>2</sup> ROE de l'ONEMA : Référentiel des Obstacles à l'Ecoulements ; Agence de l'eau Loire Bretagne, Syndicats de rivières, amis des moulins.

<sup>3</sup> Source : Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), Guide Pratique relatif à la police des droits fondés en titre



**Loi sur l'eau du 3 janvier 1992** : elle consacre le grand principe de l'eau comme bien commun de la nation dans son article 1er: « L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général. L'usage de l'eau appartient à tous dans le cadre des lois et règlements ainsi que des droits antérieurement établis ». Cette loi introduit le principe d'une gestion équilibrée de la ressource en eau entre différents usages dont celui des milieux aquatiques. La loi sur l'eau prévoit la mise en place dans chaque bassin hydrographique ou groupement de bassins d'un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), chargé de fixer les orientations fondamentales de la gestion des ressources en eau. Ces schémas directeurs sont complétés dans chaque sous-bassin par des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Le respect des objectifs de qualité inscrits dans les SDAGE vont également impacter le développement de l'hydroélectricité.

**La directive européenne du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (DCE), transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004** : Ce texte permet d'harmoniser toute la politique de l'eau communautaire développée depuis 1975. Cette directive fixe un objectif clair et ambitieux : le bon état des eaux souterraines, superficielles et côtières en Europe en 2015. Pour la France, la directive confirme la gestion par bassin hydrographique et place le milieu naturel comme l'élément central de la politique de l'eau. Elle renforce le principe d'une gestion équilibrée de la ressource selon les dispositions de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et affirme le principe pollueur – payeur, le rôle des acteurs de l'eau et la participation du public. L'atteinte de ces objectifs suppose l'aménagement, voire la destruction, d'un certain nombre d'ouvrages empêchant la circulation des poissons migrateurs, et impactant la morphologie ou l'hydrologie du cours d'eau.

**La directive européenne du 27 septembre 2001, relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité**: fixe quant à elle un objectif global de 21% d'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables pour chaque Etat membre. Cette directive favorisant les ouvrages hydroélectriques peut apparaître en contradiction avec la directive précédente, qui induit des aménagements ou des suppressions de certains de ces ouvrages. Néanmoins, la concomitance de ces deux directives implique d'être particulièrement attentif à l'équilibre entre l'intérêt énergétique d'un ouvrage et son impact sur les milieux aquatiques, et de **n'accepter un développement de l'hydroélectricité, énergie renouvelable, que si l'impact de cette activité est compatible avec les objectifs de préservation et de restauration des milieux aquatiques.**

**Loi du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE)**: elle simplifie un certain nombre de procédures pour les propriétaires d'ouvrages hydroélectriques, comme par exemple la possibilité d'augmenter la puissance d'au maximum 20% sans avoir à demander une autorisation à l'administration, ou encore le turbinage du débit réservé. Cependant, la possibilité d'augmenter une fois la puissance d'au plus 20% par simple déclaration à l'administration s'attache aux seuls ouvrages concédés ou autorisés au titre de la loi de 1919, et ne saurait s'appliquer aux ouvrages fondés en titre. En effet, son article 44 modifie l'article 2 de la loi de 1919, et selon l'article 29 de cette dernière, « les usines ayant une existence légale, (...), ne sont pas soumises aux dispositions des titres Ier et V de la présente loi ». Toute augmentation de puissance au-delà de la consistance légale d'un ouvrage fondé en titre est soumise à une procédure complète d'autorisation.

**La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006**: cette loi réforme les obligations relatives au débit minimal à laisser dans le lit mineur à l'aval des ouvrages. Elle impose le relèvement du plancher fixé jusqu'alors aux ouvrages existants, y compris fondés en titre, du 1/40 au 1/10 du

module, au plus tard au 1er janvier 2014. Elle rénove aussi le classement des cours d'eau et crée une obligation d'aménagement des ouvrages 5 ans maximum après la parution du classement du cours d'eau pour assurer la circulation des poissons migrateurs. Ces dispositions s'imposent également aux ouvrages fondés en titre situés sur les cours d'eau classés. La circulaire du 25 janvier 2010 relative à la mise en œuvre par l'Etat et ses établissements publics d'un plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau met en application le principe de cette législation. Son objectif est d'améliorer la circulation des espèces et le bon déroulement du transport des sédiments. Il s'agit d'atteindre les objectifs fixés par le Grenelle, comme par exemple le bon état de 66% des eaux douces de surface d'ici 2015, de mettre en place à l'échéance 2012 une trame verte et bleue visant à restaurer les continuités écologiques, ou encore, dans le cadre du plan de gestion de l'anguille, d'aménager 1500 ouvrages d'ici 2015. Les ouvrages hydrauliques devront être aménagés pour assurer la circulation des poissons migrateurs, voire supprimés s'ils sont inutiles et abandonnés. Afin d'assurer l'avancement du plan, un objectif chiffré de 1200 ouvrages à traiter à l'échelle nationale d'ici 2012 a été donné aux agences de l'eau.

#### **En résumé :**

C'est dans ce contexte législatif complexe que réside la difficulté de mise en place d'un système de production d'hydroélectricité. Les contraintes locales, qu'elles soient réglementaires, physiques ou biologiques s'ajoutent à ces aspects juridiques. Un projet d'implantation ne peut donc être réalisé sans des études poussées sur chaque composante : écologique, physique, technique... Pour qu'il soit accepté, une procédure d'autorisation ou de concession est nécessaire ainsi que la constitution du dossier d'instruction. Cette complexité du système permet ainsi de réguler et contrôler tous les projets et de les accepter ou de les refuser en fonction des impacts sur le milieu qu'ils vont engendrer. Différents articles de ces lois et directives sont détaillés dans la partie résultats et discussion. Ce sont ceux qui concernent directement l'implantation de microcentrale et qui s'appliquent à un contexte local.

### **1.5. Présentation de la seconde phase d'étude**

La seconde phase de l'étude est l'objet de ce rapport et de ceux de M. Julien Diakite et de M. Roderick Viallet. Son premier objectif était de reprendre et compléter la première phase sur les points juridiques, administratifs et techniques.

Ainsi les aspects réglementaires ont été mis à jour avec les futures législations à venir. L'état des lieux du réseau hydrographique et du potentiel du département (obstacles et puissance des cours d'eau) a été revu et corrigé à travers deux bases de données (BD\_ouvrages et BD\_troncon). Une base de données des techniques de production et de leurs impacts sur l'écologie a été réalisée. Un outil décisionnel a été mis en place, afin d'aider les maîtres d'ouvrages dans l'élaboration d'un projet d'implantation de système de production d'hydroélectricité. Cet outil permet de croiser les aspects géographiques et physiques, les aspects réglementaires et ceux écologiques dans le choix d'un site et/ou d'une technique de production.

Enfin, deux études de cas sont présentées dans leurs aspects techniques (rapports de M. Diakité et M. Viallet), écologiques, réglementaires et juridiques.

## 2. Matériels et méthodes

La première partie du travail a consisté à compléter la base de données BD\_ouvrages et refaire la base de données BD\_troncons. Ces bases de données ont permis de réaliser un état des lieux du potentiel existant (production existante) et du potentiel exploitable (ouvrages à équiper ou tronçon de cours d'eau à aménager). Elles sont disponibles sous format Excel et sous format SIG. Elles intègrent différents paramètres tels que des données géographiques, physiques (débit, largeur et longueur de cours d'eau, hauteur de chute des ouvrages), énergétiques (puissance hydraulique des ouvrages ou des tronçons) et réglementaires. Sur ce dernier point, les différentes réglementations présentées en annexe 2 ont été référencées pour chaque entrée de la base de données.

### ***Base de données BD\_ouvrages***

La Base de données sur les ouvrages recense les ouvrages en rivière d'Indre-et-Loire (barrages, seuils, moulins,...) afin d'évaluer quel serait le potentiel de production d'électricité en équipant ces aménagements.

Elle a été complétée avec les nouvelles réglementations à venir : révision du classement des cours d'eau au titre de l'article 2 de la loi de 1919 sur les cours d'eau réservés et de l'article L 241-17 du Code de l'Environnement, ZAP anguilles (Zone d'Action Prioritaire), et correction du calcul de la puissance. La puissance hydraulique, calculée à partir de la hauteur de l'ouvrage et du débit de la rivière permet d'évaluer le potentiel de production d'énergie. Il se calcule à partir de la formule suivante :

Puissance Hydraulique d'un ouvrage :  $P_h$  (en kW) =  $Q * g * h$

Avec : Q le débit en  $m^3/s$

G la gravité soit  $9,81 m.s^{-2}$

H la hauteur de chute en mètre

Le productible, en kWh, correspond à la puissance hydraulique x 3500. Cette valeur donne une estimation de la production moyenne sur l'année en considérant que le système fonctionnera 3500 heures par an. Selon la technique et les caractéristiques du milieu, cette valeur pourra être augmentée ou diminuée.

Cette base de données a été soumise pour avis à différents organismes tels que la DDT (Direction Départementale des Territoires), l'ONEMA et l'association des Amis des moulins. Parmi les principaux ouvrages (>2m) qui ont été présentés, aucun ne semblait manquer. Ceci a permis de contrôler le contenu de la base de données et de confirmer le fait qu'elle contient les principaux ouvrages du département.

### ***Base de données BD\_troncons***

La base de données sur les tronçons de rivière a pour but d'évaluer le potentiel hydroélectrique que l'on pourrait produire en aménageant des tronçons de cours d'eau qui ne présentent pas d'ouvrages. Ainsi à partir des critères physiques, les cours d'eau ont été divisés en tronçons homogènes (avec une taille de bassin versant minimum) et leurs caractéristiques physiques (débit, pente...) ont été intégrées à la base de données. Le potentiel de production est évalué à partir de ces caractéristiques.

La base de données sur les tronçons a été construite à partir du réseau hydrographique du SYRAH-CE (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau), développé par le CEMAGREF. Le réseau du SYRAH-CE est basé sur une sectorisation, réalisée à partir de trois

critères principaux : les hydroécorégions (géologie, relief, climat), la largeur du fond de vallée alluviale (processus géodynamiques, phénomènes d'inondation, pressions socio-économiques...) et le rang/la taille des cours d'eau (confluence, hydrologie...).

Ce système considère que l'hydromorphologie est fonction de ces trois facteurs principaux. Ainsi, à partir de ces trois critères, les cours d'eau ont été divisés en tronçons homogènes au niveau de l'hydromorphologie : sur un tronçon, il n'y a qu'une seule hydroécorégion, la largeur du fond de vallée est la même et il n'y a pas de modification du rang.

Ce réseau a été croisé avec un modèle numérique de terrain (MNT) à l'aide de logiciel de traitement de SIG (Système d'Information géographique). Il a été trié pour ne garder que les tronçons présentant un bassin versant de 10 km<sup>2</sup> minimum. Seuls deux tronçons inférieurs à cette valeur ont été conservés afin de respecter la continuité du réseau hydrographique. Cette valeur a été choisie de manière empirique. Elle correspond à un calcul du module du débit théorique équivalent à 0,4m<sup>3</sup>/s.<sup>4</sup> Cette valeur de débit est cependant faible quant à la possibilité de production d'hydroélectricité sur un tronçon non équipé. Ce tri a donc permis de réduire le nombre de tronçons en Indre-et-Loire, en supprimant le petit chevelu du réseau hydrographique qui ne serait équipable ou rentable en termes de production d'électricité. La puissance hydraulique des tronçons a ensuite été calculée avec la formule suivante :

Puissance Hydraulique d'un tronçon :  $P_h \text{ (en kW/m)} = Q * g * p * \rho$

Avec : Q le débit en m<sup>3</sup>/s

G la gravité soit 9,81 m.s<sup>-2</sup>

P la pente du lit (sans unité): (altitude maximale du tronçon en m - altitude minimale en m)/longueur du tronçon (en m)

$\rho$  la masse volumique de l'eau soit 1000 kg.m<sup>-3</sup>

Différentes formules ont été utilisées par les bureaux d'études<sup>5</sup> pour évaluer la puissance hydraulique de chaque bassin hydrographique, à la demande des SDAGE. Cependant ces formules donnent des ordres de grandeur très variés avec un rapport de 1 à 100. Ces formules sont présentées pour informations en annexe 12.

#### **A noter :**

Le découpage des tronçons, leur débit théorique et leur puissance peuvent varier en fonction de la taille des bassins versants choisie.

Sur les études de cas réalisées, les calculs théoriques majoraient la puissance hydraulique de 11% (pour les grands cours d'eau) à 50% (pour un petit cours d'eau). Il est donc préférable d'estimer la puissance à partir du débit réel du tronçon.

Le potentiel résiduel n'est pas développé ici, mais il tient compte du rendement du système (souvent considéré comme 70% du potentiel brut ou puissance hydraulique).

Comme pour BD\_ouvrages, la BD\_troncons a été complétée avec la législation en vigueur et celle à venir. Ainsi, le classement provisoire des cours d'eau en liste 1 et 2, révision de l'article 2 de la loi

<sup>4</sup> Calcul du module théorique à partir de la surface du bassin versant :  $Q \text{ (en m}^3/\text{s)} = 0,0085 * SBV + 0,3055$   
SBV=Surface du Bassin Versant en Km<sup>2</sup>. Source : rapport sur l'évaluation du potentiel hydroélectrique d'Indre-et-Loire de Gaëtan Noblet (première partie de l'étude).

<sup>5</sup> Dont la SOMIVAL pour le SDAGE LOIRE BRETAGNE et EAUCEA pour le bassin ADOUR GARONNE, les autres SDAGE ont annexé les documents sans précisions sur les bureaux d'études ayant effectués l'évaluation du potentiel hydroélectrique

de 1919 sur les cours d'eau « réservés » et sur les « rivières classées » au titre de l'article L 432-6, a été ajouté dans la base de données. Cette révision devrait entrer en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2014.<sup>6</sup>

Les tronçons comme les ouvrages ont ensuite été classés en fonction de la capacité à pouvoir mobiliser leur potentiel hydroélectrique. Ceci dépend de la réglementation s'y appliquant et des restrictions qu'elle impose.

---

<sup>6</sup> Listes 1 et 2 présentée en annexe 2

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Réglementation et mobilisation du potentiel en Indre et Loire

Le tableau 1 présente les différentes réglementations en relation avec l'implantation de centrale hydroélectrique. Le classement est hiérarchisé en fonction de la difficulté de mobilisation du potentiel. Il s'appuie sur le document édité par le SDAGE Loire Bretagne mais a été modifié, complété et mis à jour en fonction des réglementations à venir. Le tableau 2 indique la capacité à pouvoir mobiliser le potentiel, en fonction de chaque législation. Ces réglementations et/ou zonages réglementaires peuvent se superposer. La législation la plus contraignante s'appliquera au projet. Les alternatives proposées, telles que les centrales « au fil de l'eau » peuvent être des solutions envisageables, notamment sur des tronçons non aménagés ou lorsque les contraintes réglementaires sont importantes car elles présentent un impact minime sur l'environnement. Cependant tout projet entrant dans un cadre réglementaire restrictif, tels que ceux présentés ci-dessous, doivent faire l'objet d'une demande auprès des services techniques de l'ONEMA et de la DDT avant de constituer le dossier, afin d'évaluer leur faisabilité. L'aménagement d'un ouvrage existant non équipé reste la solution la plus envisageable par rapport à la création de nouveaux ouvrages.

Le détail de chaque réglementation ou zonage réglementaire est détaillé en annexe 2.

Tableau 1 : Réglementation et zonage réglementaires


n°	Règlementation/zonage réglementaire
1	Cœur des parcs nationaux
2	Cours d'eau classé dans la liste I ou II (révision de classement en cours):
2.1	Cours d'eau en très bon état (future liste 1)
2.2	Cours d'eau réservé (future liste 1)
2.3	Réservoirs biologiques identifiés par le SDAGE (future liste 1)
2.4	Cours d'eau classé au titre du franchissement des migrateurs (future liste 1)
3	Réserve naturelle régionale (RNR)
4	Zone Natura 2000
5	Sites inscrits ou classés
6	Aire d'adhésion aux parcs nationaux
7	Site présentant un arrêté préfectoral de biotope
8	Réserve naturelle régionale (RNR)
9	Zone Humide "RAMSAR"
10	Ouvrages prioritaires "grenelles"
11	Dispositions du SAGE et/ou SDAGE
12	Parc naturel régional
13	Ouvrages fondés en titre/sur titre
14	Règlement d'eau

#### A noter :

La réglementation a été appliquée à chaque tronçon à partir d'une jointure spatiale réalisée avec le logiciel de SIG ArcGis. Cette réglementation peut toucher l'ensemble du tronçon ou seulement une partie. La base de données ne fait pas cette distinction. Pour une approche plus locale, il convient de vérifier les zonages réellement présents au niveau du site choisi (sur le site de la DIREN centre).

**Tableau 2 : Mobilisation du potentiel en fonction de la réglementation présente**

Tableau 2 : Mobilisation du potentiel en fonction de la réglementation présente

		Mobilisation du potentiel				
						
Type de cours d'eau	Réglementations	Non mobilisable	très difficilement mobilisable	mobilisable sous conditions strictes	mobilisable normalement	
Cours d'eau de type 1	liste 1 ou 2 (classement provisoire)		×			
	Sites Natura 2000		×			
	Sites inscrits ou classés		×			
	Arrêtés préfectoraux de biotopes			×		
	Délimitation zones humides RAMSAR			×		
	Parc Naturel Régional			×		
	Règlement Anguille	Réglementations présentes en Indre et Loire mais non mentionnées par le SDAGE				
	Ouvrages fondés en titre et droit d'eau					
	Règlement d'eau					
	Ouvrages « grenelles »					
	Documents locaux d'urbanisme					
	Réglementation absente en Indre-et-Loire ou ne concernant pas les cours d'eau :					
	Cœur de parcs nationaux	×				
	Reserve Naturelle Nationale		×			
	Aire d'adhésion aux parcs nationaux			×		
	Reserve naturelle régionale			×		
	Dispositions particulière des SAGE ou SDAGE relatives aux cours d'eau			×		
Cours d'eau de type 2	Cas où aucune des réglementations ci-dessus ne s'applique				×	

Le potentiel « très difficilement mobilisable » est soumis à des contraintes telles que :

- l'interdiction de créer de nouveaux ouvrages : liste 1
- aucun impact sur les habitats, le milieu et la continuité écologique (écoulement, transports sédimentaires et biologiques) : pour la liste 1, la liste 2, les sites Natura 2000 et les sites inscrits ou classés. Le détail de ces textes de loi est situé en annexe 2.

**A noter :**

Les listes 1 et 2 sont des révisions de classement actuel de cours d'eau :

- la liste 1 remplace les cours d'eau classés en très bon état écologique, ceux identifiés comme réservoirs biologiques, ceux classés « grands migrateurs » et les cours d'eau anciennement « réservés ». Aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique.
- la liste 2 regroupe les cours d'eau parmi lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. Les ouvrages existants devront être mis en conformité dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté de classement.

Le potentiel « mobilisable sous conditions strictes » est soumis aux contraintes propres à chaque réglementation. Il impose notamment la non-dégradation des milieux et sites protégés (pour les arrêtés préfectoraux de biotope, les zones humides « RAMSAR ») et doit être cohérent avec la charte du Parc Naturel Régional.

Les cas où aucune réglementation ne s'applique ne sont pas sans contraintes pour autant. Les projets d'aménagement devront respecter le code de l'environnement et être cohérents avec les orientations des Schémas de gestion présents sur le territoire tels que les SAGE, SDAGE... Dans tous les cas, le projet d'aménagement sera soumis à autorisation (au titre de l'article 2 de la loi de 1919) et devra être accepté par les services techniques (ONEMA) et instructeurs (DDT) de l'état.

La carte de mobilisation du potentiel est située en annexe 3. Le tableau 3 présente la répartition du potentiel en termes de mobilisation.

**Tableau 3 : répartition de la mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire**

<b>Mobilisation du potentiel</b>	<b>Nombre de tronçons</b>	<b>Nombre en %</b>	<b>linéaire en km</b>	<b>% de linéaire</b>
<b>très difficilement mobilisable</b>	<b>133</b>	<b>59,4</b>	<b>729,4</b>	<b>51,55</b>
<b>mobilisable sous conditions strictes</b>	<b>29</b>	<b>12,9</b>	<b>218,4</b>	<b>15,44</b>
<b>normalement mobilisable</b>	<b>62</b>	<b>27,7</b>	<b>467</b>	<b>33,01</b>
<b>total</b>	<b>224</b>	<b>100</b>	<b>1414,8</b>	<b>100,00</b>

Globalement, plus de 50% du potentiel est très difficilement mobilisable et 30% est mobilisable normalement. Cependant ces 30% regroupent tous les petits cours d'eau ou « chevelus » amonts qui présentent des débits faibles et donc une puissance hydraulique peu importante. Le potentiel est donc faible et peu rentable. Seules des microcentrales ou des hydroliennes peuvent être installées et peuvent produire pour alimenter quelques foyers.

#### **En résumé :**

L'Indre-et-Loire présente un potentiel hydroélectrique non négligeable mais qu'il faut développer en tenant compte des contraintes réglementaires et physiques. Ainsi la majeure partie des cours d'eau de taille importante (telle que la Loire, la Vienne, le Cher, l'Indre...) ont de fortes contraintes réglementaires (liste 1 et 2...). L'équipement d'ouvrages existants sur ces cours d'eau semble la meilleure solution pour exploiter le potentiel de ces rivières.

Sur les petits cours d'eau, le potentiel est plus faible car les débits sont moins importants. La construction de nouveaux ouvrages ne respectant pas la continuité écologique irait à l'encontre des politiques actuelles. Cependant des techniques de production plus « douces » pour le milieu et plus écologiques peuvent être envisagées, telles que les hydroliennes et autres roues au fil de l'eau. Ces techniques sont peu utilisées en France actuellement mais sont à développer. Du fait de leur impact faible sur l'environnement, de leur flexibilité (pas de fixation sur le substrat, adaptation aux variations de niveau d'eau...) de leur taille et de leur coût relativement faible, elles permettent d'exploiter l'énergie hydraulique de petits ou de grands cours d'eau dans le respect de l'environnement. Elles ne peuvent cependant être utilisées à grande échelle pour une production urbaine (sauf si développement de « champs d'hydrolienne ») mais peuvent alimenter plusieurs foyers. Au regard du réseau hydrographique important en Indre-et-Loire, ces techniques sont à développer afin d'utiliser et de valoriser une production d'énergie « verte » et renouvelable.



### 3.2. Outils d'aide à la décision pour l'implantation de microcentrale

La réalisation d'un projet de production d'hydroélectricité est donc très compliqué de par la complexité des paramètres écologiques, géographiques, physiques et réglementaires à prendre en compte. Afin de faciliter le choix d'un ouvrage existant ou d'un tronçon à équiper, un outil décisionnel a été créé. Cet « arbre de décision » présente l'intérêt d'avoir des entrées multiples pour choisir le tronçon ou l'ouvrage, en fonction :

- de la puissance hydraulique désirée (et du nombre de foyers équivalents),
- du contexte réglementaire (afin de choisir en fonction de la capacité de mobilisation du potentiel),
- d'une commune ou un cours d'eau déjà identifié,
- des équipements déjà présents sur l'ouvrage (passe à poissons...).

Cet outil permet donc de mettre en relation la réglementation présente, les techniques existantes, la puissance des cours d'eau (en fonction du débit, de la pente ou de la hauteur de chute d'un ouvrage) et leur localisation afin de choisir l'ouvrage ou le tronçon le plus évident à équiper, selon les critères des maîtres d'ouvrages. Le tableau de croisement entre la réglementation et les techniques de production d'hydroélectricité est situé en annexe 4. Il permet donc d'aider les maîtres d'ouvrages à réaliser leur projet, en fonction de ces critères et présente le déroulement du projet, une fois le site d'implantation et la technique définis.

Il s'agit d'un outil qui croise des questions à choix multiples pour guider l'utilisateur et les bases de données (BD\_ouvrages et BD\_troncon) pour apporter des réponses sur les sites envisagés ou pour en proposer.

Cet arbre de décision dans son format de trame pour « système expert » est situé en annexe 5. Il est en cours de réalisation par un informaticien sous format web, afin de généraliser l'accès à l'outil et ainsi permettre une plus large lisibilité aux gestionnaires de projet.

#### **A noter :**

Le choix d'un tronçon à équiper doit tenir compte des caractéristiques globales du tronçon et pas uniquement de la réglementation. Il faut donc éviter de choisir un tronçon qui présente peu ou pas d'ouvrages (voir les valeurs de densité d'ouvrage par km ou % de linéaire impacté). En effet, celui-ci étant peu impacté, la construction d'un ouvrage modifierait fortement son profil et ses caractéristiques hydromorphologiques, et diminuerait la qualité de l'eau et du milieu de manière importante. De plus, les objectifs d'atteinte de bon état pourraient être remis en cause. A cela s'ajoute le fait que les services de l'état seront plus enclins à refuser un dossier, si celui-ci pourrait amener à dégrader un milieu peu impacté au départ.

Ainsi, il faut éviter de construire des ouvrages sur des tronçons qui n'en présentent pas ou peu, afin de ne pas altérer la qualité du milieu.

Les cartes de densité d'ouvrages par km de tronçon et de % de linéaire de cours d'eau impacté par les barrages sont situées en annexes 6 à 9. Celles-ci se présentent sous deux formes : une présentation du contexte afin de montrer l'état et une présentation plus « décisionnelle », afin de cibler et d'orienter le choix du site. Seule la colorimétrie diffère entre ces cartes.

Pour choisir les études de cas, nous avons appliqué l'outil d'aide à la décision, réalisé préalablement.

Il en résulte deux sites : le barrage du Cher à Savonnières, pour l'étude d'un ouvrage à équiper, et la partie aval de l'Esves à Descartes pour l'étude d'un tronçon à aménager.

### 3.3. Etude de cas d'un ouvrage existant à équiper

#### 3.3.1. Méthodologie

La première étude de cas est l'aménagement d'un système de production d'hydroélectricité sur un ouvrage existant.

La méthodologie employée est celle de l'arbre de décision. L'ouvrage a donc été choisi dans la base de données BD\_ouvrages, en tenant compte de tous les ouvrages du département.

Les filtres appliqués ont été les suivants :

- Puissance hydraulique >100kW, ce qui correspond à la consommation de 100 équivalents foyers au minimum.
- Application des filtres réglementaires (par élimination des ouvrages présentant ces critères) :
  - o Cours d'eau en liste 1 et liste 2, cependant presque tous les ouvrages >100kW sont en liste 1, donc il n'y a pas eu d'élimination sur ce critère
  - o Présence de Zones Natura 2000 (ZSC et ZPS)
  - o Sites classés et sites inscrits
  - o Cours d'eau situés dans un Parc Naturel Régional, afin de limiter le nombre d'acteur et des oppositions éventuelles au projet
- Ouvrages déjà équipés de passe à poisson (afin de diminuer les coûts d'aménagement et de respecter la réglementation et la libre circulation des espèces aquatiques)

A l'issue de ce tri, cinq ouvrages ont été retenus :

NOM_COMMUNE	Hauteur CHUTE	NOM OUVRAGE	NOM COURS D'EAU	ZAP Anguille	Liste 1	Liste 2	futur liste 2	PUISSANCE en kW	PRODUCTIBLE en kWh	ANCIEN_MOULIN	LARGEUR	MODULE en m <sup>3</sup> /s
SAINT-GENOUPH	1,96	Grand Moulin	rivière le Cher	oui	oui	oui		2086,37	7302303,77	Oui	Plus de 50 m	110,88
SAVONNIERES	1,69	Savonnières	rivière le Cher	oui	oui	oui		1803,28	6311485,17	Oui	Plus de 50 m	111,15
ABILLY	3,10	Rives amont	rivière la Claise	oui	oui		oui	314,49	1100702,73	Oui	15 à 50 m	10,57
ABILLY	1,60	Rives aval (laiterie des Rives)	rivière la Claise	oui	oui		oui	162,38	568334,26	Oui	15 à 50 m	10,57
ABILLY	1,60	Cuffou	rivière la Claise	oui	oui		oui	161,52	565322,89	Oui	15 à 50 m	10,52

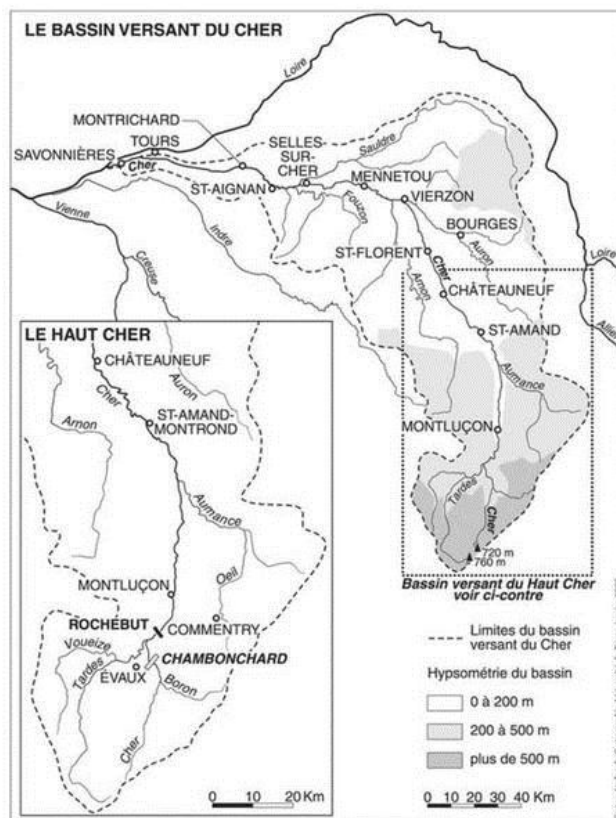
Le grand moulin de Saint-Genouph ayant déjà une vocation touristique (il se visite en passant par l'entreprise qui en est le propriétaire actuel), le barrage de Savonnières a donc été retenu. Il permet, de plus, de redonner une vocation à un ouvrage qui a disparu (le barrage était un ancien moulin qui a été détruit vers le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle), et la configuration de l'ouvrage propose une plus grande exploitation de la puissance hydraulique du Cher (l'ouvrage barre l'ensemble de la largeur, alors que le moulin est situé au milieu du cours d'eau et ne reçoit qu'une petite partie du débit. En outre, ce choix permet d'aborder une situation où le propriétaire est une collectivité territoriale (Communauté d'agglomération Tour(s) plus).

#### 3.3.2. Présentation du site et de l'ouvrage

##### Le Cher

Le Cher, affluent de la Loire, est une rivière domaniale longue de 367 km drainant un bassin versant d'environ 13920km<sup>2</sup>. Il prend sa source à Mérinchal (département de la Creuse) et croise de nombreux affluents avant de se jeter dans la Loire à Villandry (Indre et Loire). Son module (moyenne interannuelle sur 34 ans) est de 97,1 m<sup>3</sup>/s à Savonnières, avec des valeurs allant de

25,5m<sup>3</sup>/s à 211m<sup>3</sup>/s<sup>7</sup>. La station de mesure de Savonnières étant hors service depuis 1999, il est possible de prendre comme référence celle de Tours situé au pont St-Sauveur (située à 6 km en amont de l'ouvrage étudié). Le débit est légèrement inférieur (de 5m<sup>3</sup>/s) à celui de Savonnières car la confluence avec le petit Cher se situe entre les deux stations de mesures. Les hautes eaux se situent à la période hiver-printemps (de décembre à mai) et les basses eaux de juillet à septembre (minimum au mois d'août). Les données hydrologiques ainsi que les mesures de débit réalisées (le 6 juillet 2011) sont situées en annexe 10. Il est à noter que l'année 2011 est une année d'étiage sévère, comme peut en témoigner le débit mesuré le jour des prélèvements (8,63m<sup>3</sup>/s). La figure 3 présente le bassin versant du Cher.



**Figure 3 : Le bassin versant du Cher ([www.cairn.info](http://www.cairn.info))**

## Le barrage de Savonnière

Le barrage de Savonnières est un ancien moulin qui a été détruit au milieu du siècle dernier. L'ouvrage est donc fondé en titre aux yeux de la réglementation car il existe depuis le moyen-âge.

Il est situé sur toute la largeur du Cher (soit environ 200m) et présente actuellement deux passes à poissons (figure 4). Une est située en rive gauche, à l'emplacement de l'ancien moulin et débouche sur un bras du Cher. Elle présente aussi des tapis à anguille mais ceux-ci semblent être situés trop en hauteur et ne sont ni immergés, ni humidifiés. Leur efficacité n'est donc pas confirmée. La seconde passe est située en rive droite. Une passe « marinière » est présente au milieu de l'ouvrage. Celle-ci permet le passage des bateaux de taille importante et est contrôlée par une vanne permettant de fermer ou d'ouvrir la vanne en fonction du débit de la rivière. Le barrage, sous réserve de l'efficacité des passes à poissons, respecte donc la libre circulation des espèces aquatiques, d'autant que le Cher est classé grands migrateurs.

<sup>7</sup> Source : [hydro.eaufrance.fr](http://hydro.eaufrance.fr), station sur le Cher à Savonnières, station hors service actuellement.

Le barrage, anciennement propriété de la mairie de Savonnières (puis de la communauté de commune de la Confluence) appartient actuellement à la communauté d'agglomération Tour(s) plus.

Cependant, le Cher étant domanial dans sa partie aval, la gestion de la rivière revient à l'état, représenté par les services de la DDTF (Direction Départementale des Territoires et du domaine public Fluvial, anciennement DDEF). A ces acteurs s'ajoutent les usagers présents : pêcheurs, bateliers, sports nautiques (canoë...) ainsi que les acteurs institutionnels (collectivités, ONEMA, Agence de l'Eau Loire Bretagne, SDAGE Loire Bretagne, SAGE du Cher Amont, Conseil Général, Conseil Régional...) dont le SAGE du Cher Aval (de Vierzon à la confluence avec la Loire) en cours d'élaboration et sa CLE (Commission Locale de l'Eau).

La puissance hydraulique de l'ouvrage estimée avec les calculs théoriques est de 1803 kW, soit la même valeur en nombre d'équivalents habitants. Le calcul avec le module réel donne une valeur de 1609 kW. Mais cette valeur est relative car toute la puissance hydraulique ne sera pas exploitée. En effet, le projet a pour but d'utiliser la puissance de l'eau au niveau de la passe marinière, où seulement une partie du débit s'écoule.



**Figure 4 : Présentation du barrage du Cher**

La technique de production pourrait être une vis hydrodynamique. Elle présente un rendement important, une bonne adaptation à une variation de débit, et est ichtyocompatible : elle laisse passer les organismes aquatiques et piscicoles en provoquant peu de dégâts physiques (pas de variation de pressions, vitesse rotative faible) et avec un taux de mortalité faible. C'est le principe de la vis d'Archimède. Elle permet la dévalaison des poissons sans trop de dommages, et la montaison est assurée par les passes à poissons et à anguilles. D'autres techniques sont à l'étude, telles que la roue de moulin ou la turbine VLH à vitesse réduite, ce qui limite le taux de mortalité des espèces piscicoles. Cependant la technique employée ne devra pas occuper toute la largeur de la passe afin d'éviter des conflits d'usages avec d'autres pratiques sur l'ouvrage. En effet, certains bateaux de tailles importantes empruntent la passe pour remonter ou descendre le cher.

### **3.3.3. Contexte réglementaire et écologique**

Le Cher sera classé en liste 1 et liste 2 (future révision de classement des cours d'eau au titre de l'article 2 de la loi de 1919 et de l'article L 432-6), ainsi qu'en ZAP anguille (Zone d'Action Prioritaire pour la protection des anguilles). Ces classements imposent :

- pour la liste 1 : l'interdiction de construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique, c'est-à-dire la libre circulation des espèces aquatiques, des sédiments et du flux aquatique.
- pour la liste 2 : la nécessité d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs et la mise en conformité des ouvrages existants dans un délai de 5 ans.
- pour la ZAP anguille : la nécessité d'assurer une gestion en lien avec l'anguille, c'est à dire permettre la montaison et la dévalaison avec le taux de mortalité le plus faible possible.

Concernant ces trois réglementations, le barrage du Cher répond aux obligations et contraintes posées : il est existant et fondé en titre et n'est donc pas concerné par la liste 1, il est équipé de passes à poissons et de passes à anguilles. Il répond donc aux obligations imposées par ces zonages réglementaires.

Concernant la constitution du dossier de demande d'autorisation ou de concession, toute installation d'un système de production d'hydroélectricité est soumise, au titre de la loi du 16 octobre 1919, soit à autorisation, soit à déclaration, en fonction de la puissance produite:

**P<500kW : Autorisation avec notice d'impact**

**500<P<4500kW : Autorisation avec étude d'impact**

**4500<P<12000kW : Concession**

La puissance produite, qu'elle soit estimée ou calculée, est comprise entre 500 et 4500kW pour tout le barrage du Cher. Cependant le système de production sera situé au niveau de la passe marinière et seule une partie du débit (11 à 20% environ) s'écoulera dans la passe. La puissance sera donc inférieure à 500kW. Le projet est donc soumis à autorisation avec notice d'impact.

#### **Constitution du dossier**

Les pièces nécessaires au dossier sont les suivantes (ordre conventionnel défini par le code de l'environnement)<sup>8</sup> ; les pièces soulignées présentent une importance particulière quant à la validation du dossier :

**1° Le nom et l'adresse du demandeur** ; dans cette étude, le propriétaire sera considéré comme la mairie de Savonnières ou la communauté d'agglomération de Tour(s) plus.

#### **2° L'emplacement sur lequel les ouvrages doivent être réalisés (Figures 5 à 7)**

Le système de production sera mis en place sur le barrage de Savonnières, au niveau de la passe marinière.

---

<sup>8</sup> Issus de l'article R214-72 du Code de l'environnement



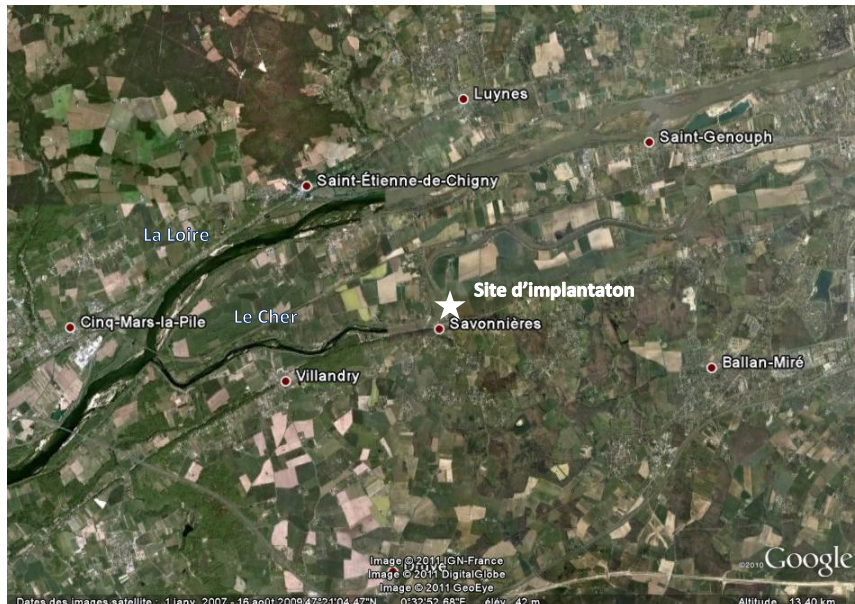


Figure 5 : Site d'implantation du projet, photo aérienne de Savonnières et des environs

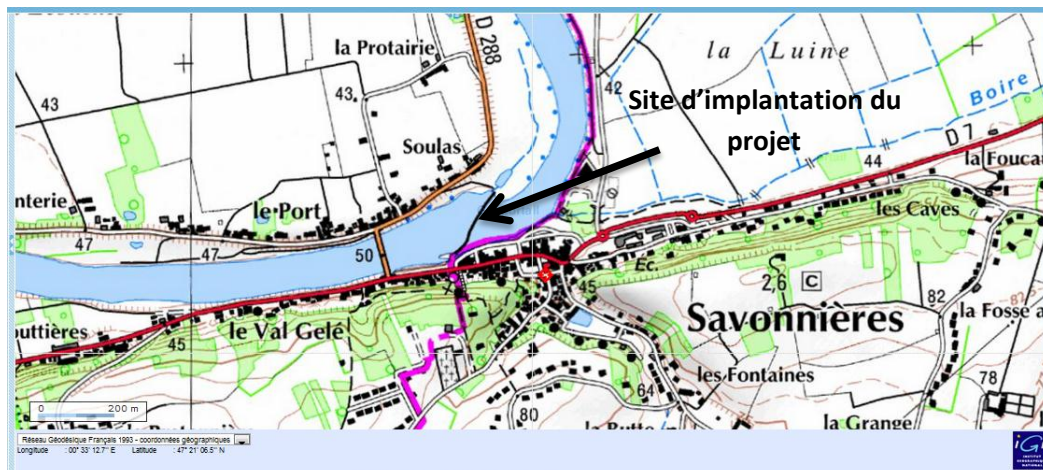


Figure 6 : Site d'implantation du projet sur carte IGN



Figure 7 : Photo aérienne du barrage du Cher à Savonnières, localisation du site d'étude

### **3° Les caractéristiques principales des ouvrages les plus importants et les justifications techniques les concernant, notamment :**

(Ces informations sont détaillées dans le rapport de stage de M. Viallet Roderick)

**a) Le débit maximal dérivé ;** le débit maximal dérivé est nul, le système de production est situé sur l'ouvrage, au niveau d'une passe marinière. Le débit est immédiatement rendu dans le chenal principal du cours d'eau. Le débit maximal passant par la passe marinière est à évaluer.

**b) La hauteur de chute brute maximale ;** la hauteur de chute brute maximale de l'ouvrage est de 1,96 m.

**c) La puissance maximale brute hydraulique calculée à partir du débit maximal de la dérivation et de la hauteur de chute maximale ;** le débit maximal passant par la passe marinière est à évaluer. La hauteur de chute maximale est de 1,96m.

**d) Le volume stockable ;** le volume stockable de l'ouvrage correspond à celui du barrage de Savonnière. Ces données peuvent être récupérées auprès de la DDTF.

**e) Le débit maintenu dans la rivière ;** le débit maintenu dans la rivière correspond au débit mesuré sur l'ouvrage. Cette valeur doit être mesurée en aval de la rivière. Au minimum il sera égal au débit réservé, soit 1/20ème du module (pour les rivières de plus de  $80\text{m}^3/\text{s}$ ). Le module du Cher étant de  $97,1\text{m}^3/\text{s}$ , le débit maintenu sera au minimum de  $4,85\text{m}^3/\text{s}$ .

**4° Une étude d'impact lorsque la puissance maximale brute dépasse 500 kW ; une notice d'impact lorsque cette puissance est inférieure ou égale à 500 kW ;** (ce document indique, compte tenu des variations saisonnières et climatiques, les incidences de l'opération sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, ainsi que sur chacun des éléments mentionnés à l'article [L. 211-1](#), en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou concernées ; il précise, s'il y a lieu, les mesures compensatoires ou correctives envisagées et la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les objectifs de qualité des eaux prévus par les articles [D. 211-10](#) à [D. 211-11](#)).

Ici une notice d'impact est nécessaire :

#### **Notice d'impact**

Le contenu de la notice est succinct. Ce document doit en effet indiquer :

- les incidences éventuelles du projet sur l'environnement ;
- les conditions dans lesquelles l'opération projetée satisfait aux préoccupations environnementales.

La notice diffère aussi de l'étude d'impact par le nombre plus limité de campagnes saisonnières de mesures physico chimiques et hydrobiologiques imposées (1 à 2 campagnes plutôt que 4).

#### **A noter :**

La notice d'impact est un document clef car c'est elle qui va aborder les aspects écologiques. Il convient d'aborder tous les paramètres biologiques et physico-chimiques afin de prévoir l'ensemble des conséquences du projet sur l'environnement. Un dossier déposé avec une notice d'impact trop légère pourra être refusé ou renvoyé par les services instructeurs afin que le maître d'ouvrage le complète.



La compatibilité avec le SDAGE réside notamment dans le fait que l'ouvrage et sa modification respectent la continuité écologique et dans le fait que le développement de l'hydroélectricité soit en accord avec les politiques de restauration et de protection des milieux aquatiques. Le SAGE du Cher Aval est en cours d'élaboration.

La notice d'impact devra comporter les informations sur les écoulements et leur modification par rapport à l'état actuel (l'ouverture de la vanne modifie les écoulements au niveau du barrage), les effets sur le milieu (disparition de banc de sable végétalisé...), l'impact possible sur la faune piscicole (taux de mortalité piscicole dans l'ouvrage)... Cependant les passes à poissons existent déjà sur l'ouvrage. Une mesure supplémentaire peut être prise en abaissant les passes à anguilles afin que celles-ci soient toujours en eau, même en période d'étiage. Il suffit de les abaisser de 20 à 30 cm. La prise en compte de la mortalité dans le système de production et les moyens de l'éviter devront être étudiés afin de limiter l'impact de la technique sur la biodiversité et le milieu. Cependant, les impacts environnementaux pourront être évalués et suivis en réalisant des analyses physico-chimiques et hydrobiologiques avant et après les travaux, sur une période importante (au minimum pendant 10 ans après les travaux, afin d'évaluer l'impact et la modification du milieu).

**5° Un plan des terrains qui seront submergés à la cote de retenue normale ;** aucun terrain supplémentaire ne sera submergé, l'ouvrage étant déjà existant.

**6° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier,** notamment de celles mentionnées aux 3° et 4° ; ces pièces sont disponibles dans le rapport de stage de M. Viallet.

**7° Le profil en long de la section du cours d'eau concerné par l'aménagement ainsi que celui de la dérivation (figure 8)**

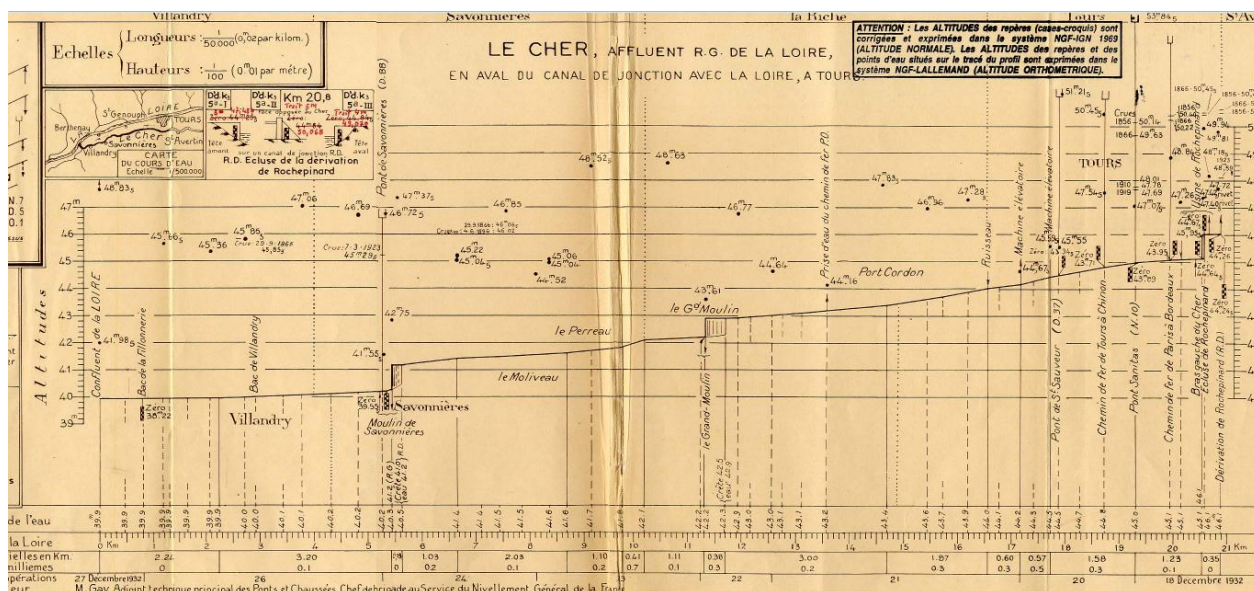


Figure 8 : Profil en long du Cher

**8° L'indication des premiers ouvrages placés en amont et en aval et ayant une influence hydraulique ;** il n'y a aucun ouvrage en aval du barrage de Savonnières. En amont, le Grand moulin est situé à environ 6 km en amont de Savonnières et présente une influence hydraulique très faible (le moulin étant situé au milieu du Cher et l'écoulement se fait librement de chaque côté de celui-ci). Les ouvrages suivant en amont sont les différents ponts sur le Cher : pont de la rocade, pont St-Sauveur, pont du chemin de fer...et présentent une influence minime sur les écoulements. Les premiers ouvrages impactant réellement les écoulements sont les vannes situées au niveau de Tours



(de chaque côté de l'île Balzac) et les barrages de Rochepinard. Ces ouvrages présentent une influence importante sur les écoulements et sont utilisés notamment comme régulateurs du débit et du niveau d'eau, ainsi que pour la création d'un plan d'eau (à Rochepinard) sur l'un des bras du Cher. Ce document est important afin d'évaluer les impacts possibles sur la morphologie du cours d'eau (dépôt, érosion...) et notamment sur l'hydrologie et les habitats (fasciés d'écoulements, vitesses...).

**9° La durée de l'autorisation demandée et la durée probable des travaux** ; la durée de l'autorisation demandée ne pourra être supérieure à vingt ans, mais sera renouvelable. La durée probable des travaux sera comprise entre 2 et 6 mois. Cette durée est à confirmer aux vues de l'étude technique.

**10° L'évaluation sommaire des dépenses d'établissement** ; l'estimation se trouve dans le rapport de stage de M. Roderick Viallet. Une première estimation porte le coût du projet entre 100 000 et 450 000€. Mais cette estimation peut varier en fonction de la technique et du génie civil nécessaire à son implantation.

**11° Une note précisant les capacités techniques et financières du pétitionnaire** et justifiant qu'il remplit les conditions de nationalité prescrites par l'article 26 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique et par l'article 1er du [décret n° 70-414 du 12 mai 1970](#) concernant la nationalité des concessionnaires et permissionnaires d'énergie hydraulique ; Le pétitionnaire sera, dans ce cas la commune de Savonnières (ou la communauté d'agglomération de Tour(s) plus). Les conditions de nationalité sont donc respectées.

**12° Tout document permettant au pétitionnaire de justifier qu'il aura, avant la mise à l'enquête publique, la libre disposition des terrains ne dépendant pas du domaine public sur lesquels les travaux nécessaires à l'aménagement de la force hydraulique doivent être exécutés** ; seuls les terrains communaux aux abords de l'ouvrage seront utilisés (ainsi que le domaine public qu'est le Cher) pour la réalisation des travaux.

**13° S'il y a lieu à défrichement, au sens du code forestier, un document faisant apparaître la situation et l'étendue des bois intéressés et des défrichements envisagés, ainsi que l'évaluation de leur incidence sur les crues** ; aucun défrichement ne sera réalisé, au sens du code forestier, les travaux étant dans le lit du Cher.

**14° Pour les usines d'une puissance supérieure à 500 kW, les accords qui peuvent être intervenus entre le pétitionnaire et les collectivités visées au 6° de l'article 10 de la [loi du 16 octobre 1919](#) relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, soit au point de vue financier, soit à celui des fournitures en eau et en force** ; on considère dans ce cas que le pétitionnaire est le propriétaire et est une collectivité. La production sera inférieure à 500kW.

**15° Pour les usines d'une puissance supérieure à 500 kW, les propositions de répartition entre les communes intéressées de la valeur locative de la force motrice de la chute et de ses aménagements** ; la répartition pourra se faire entre les communes de Savonnières, Villandry, Ballan Miré, communes voisines de l'ouvrage, mais la production sera inférieure à 500kW.

**16° Un projet de règlement d'eau, établi conformément au règlement d'eau type annexé à l'article [R. 214-85](#) et comportant les compléments et dérogations à ce règlement d'eau type** ; le projet de règlement d'eau est en cours de réalisation par le DDT d'Indre-et-Loire.

**17° L'indication des moyens d'intervention en cas d'incident et d'accident** ; les interventions pourront se faire par voie terrestre lors des basses eaux, en passant sur la digue de l'ouvrage et par

voie fluviale lors des hautes eaux. On pourra ajouter la possibilité d'intervention par voie aérienne sur l'ouvrage car aucun câble ou massif arboré n'est présent dans le lit du Cher.

**18° Un recueil de consignes de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances et de consignes d'exploitation en période de crue** ; ce recueil devra être réalisé au regard du dossier technique, en tenant compte des manœuvres nécessaires, de l'entretien et de la surveillance nécessaire de l'ouvrage. Pour prévenir tout risque de noyade, malgré l'interdiction d'approcher l'ouvrage et de se déplacer dessus, des bouées pourront être mises en place aux abords de l'ouvrage.

**19° Le cas échéant une étude de dangers** ; l'étude de dangers ne semble pas nécessaire dans ce cas, le projet n'étant pas classé comme ICPE.

**20° Une note décrivant les mesures de sécurité pendant la première mise en eau.** Cette note sera réalisée au regard du dossier technique.

**En résumé :**

Cette étude de cas porte donc sur l'équipement du barrage du Cher à Savonnières avec une technique de production présentant un rendement important, une adaptation aux variations de débits et une ichtyocompatibilité importante afin de limiter le taux de mortalité dans le système. Ce dernier point est d'une importance capitale du fait que le Cher présente plusieurs espèces migratrices faisant l'objet de plans de gestion et de protection. L'équipement du cher en passe à poissons, déjà existantes, est un élément déterminant dans le projet car il assure la libre circulation des espèces aquatiques. Cette étude présente donc l'implantation d'un système de production d'hydroélectricité dans le respect de l'environnement et propose de redonner une vocation à un ouvrage historique.

### 3.4. Etude de cas d'un tronçon à équiper

#### 3.4.1. Méthodologie

La deuxième étude de cas porte sur l'équipement d'un système de production sur un tronçon de cours d'eau.

Le choix du tronçon a été effectué à partir de la base de données BD\_troncon, en utilisant l'outil d'aide à la décision. Une fois encore, l'application de filtres successifs a été réalisée sur cette base de données afin de déterminer le tronçon correspondant aux critères définis.

Pour cette étude, le critère principal est l'absence de réglementation.

Les filtres suivants ont donc été appliqués (tri par élimination) :

- Cours d'eau présents en liste 1, liste 2 et future liste 2
- Présence d'une zone NATURA 2000 (ZSC ou ZPS)
- Sites classés ou inscrits

Parmi les tronçons restant, le choix s'est porté sur le tronçon présentant la puissance hydraulique la plus importante (soit le nombre d'équivalents foyers le plus grand). Le tronçon choisi est donc L'Esves, dans sa partie aval (confluence avec la Creuse, sur la commune de Descartes), présentant une puissance hydraulique de 74kW, soit 74 équivalents habitants.

#### 3.4.2. Présentation du site et du tronçon

##### L'Esves

L'Esves est un cours d'eau du Sud du département d'Indre et Loire (à la limite du département de la Vienne), d'environ 40 km de long et drainant un bassin versant de près de 238km<sup>2</sup>. La figure 9 situe le bassin versant de l'Esves. Elle prend sa source au niveau de la commune de Betz-le-château et rencontre de nombreux affluents avant de se jeter dans la Creuse, sur la commune de Descartes.

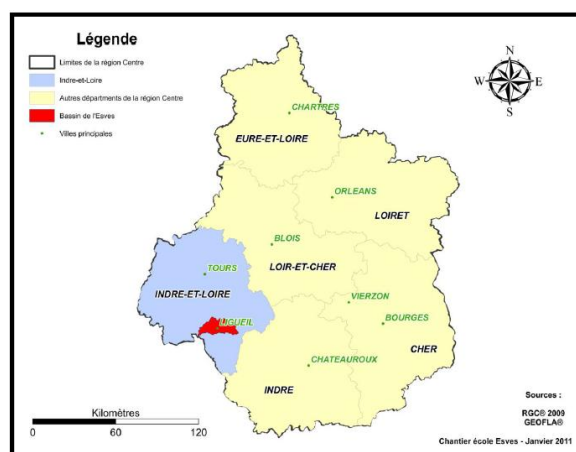


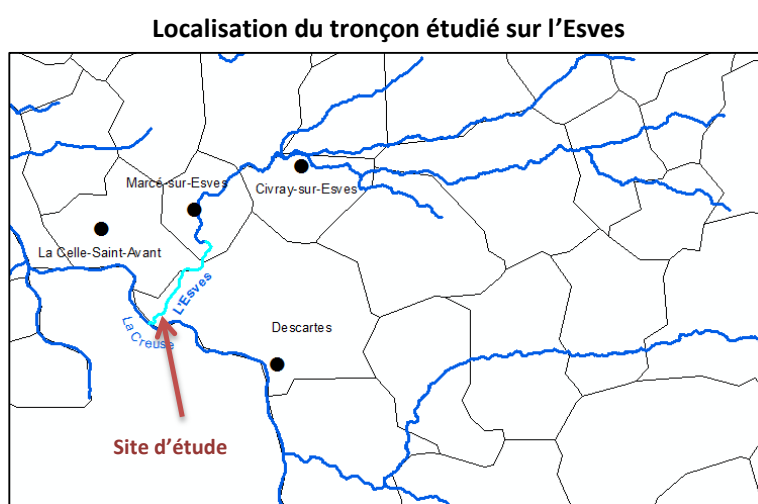
Figure 9 : Localisation du bassin versant de l'Esves

L'Esves est un cours d'eau non domanial dont la gestion appartient aux propriétaires, avec le soutien du Syndicat mixte pour l'entretien et l'aménagement de l'Esves et ses affluents auquel adhèrent 12 communes.<sup>9</sup> A cela s'ajoutent les différents usagers et les acteurs institutionnels.

Au niveau de l'hydrologie, l'Esves ne possède pas de station de mesure. Cependant son débit a pu être évalué par comparaison avec d'autres bassins versants présentant les mêmes caractéristiques et la vitesse a été mesurée sur le site choisi. Ces résultats sont présentés en annexe 11. Son module est estimé à  $1,1\text{m}^3/\text{s}$  avec des valeurs allant de  $0,17\text{m}^3/\text{s}$  à l'étiage (QMNA5) à  $55\text{m}^3/\text{s}$  (débit de crue centennale).<sup>10</sup>

## Le tronçon

Le tronçon choisi se situe à l'aval de l'Esves, proche de la confluence avec la Creuse (figure 10), principalement sur la commune de Descartes.



Source : L.BARTHELEMY, M1 IMACOF, 2011

**Figure 10 : Localisation du tronçon étudié sur l'Esves**

Le site précis a été déterminé après des prospections de terrains, afin d'estimer les sites où la vitesse serait la plus importante. Généralement, ces sites sont situés sur des zones à plus fortes pentes ou lors de rétrécissement de la section mouillée (en largeur ou en hauteur sur un radier), par exemple au passage d'un pont. Le choix s'est porté sur une section où la pente est plus importante que le reste du linéaire et qui présente un chute d'environ 50 cm (figure 11) augmentant la vitesse des écoulements à l'aval. Le site étudié est situé à environ 200 m de l'exutoire (figure 10). A ces paramètres s'ajoutent la facilité d'accès au site pour l'installation de la technique (y compris le générateur), les travaux, et la proximité d'un raccordement possible à une ligne électrique ou à un site de consommation (bâtiment), critères qui sont remplis par le site.

La puissance hydraulique théorique du site est de 74kW avec un module théorique de  $2,3\text{m}^3/\text{s}$ . Or ce module théorique est supérieur au module calculé. La puissance hydraulique évaluée (avec le module calculé par comparaison soit  $1,1\text{m}^3/\text{s}$ ) est de 35kW. Celle-ci est inférieure mais il faut relativiser quant à sa fiabilité (valeur issue de calcul par comparaison de bassins). Cependant, cela donne une estimation de la valeur moyenne de la puissance hydraulique, qui variera dans tous les cas en fonction du débit de la rivière.

<sup>9</sup> Source : Chantier école 2011 des étudiants de M1 IMACOF

<sup>10</sup> Source : Chantier école 2011 des étudiants de M1 IMACOF



Figure 11 : photo du site d'implantation du système de production d'hydroélectricité (source : J.Diakite)

### **3.4.3. Contexte Règlementaire et écologique**

Le cours est non domanial, et le tronçon étudié appartient à un particulier. Il ne fait l'objet d'aucune réglementation particulière. Son potentiel est donc « mobilisable normalement ». Le projet d'implantation d'une hydrolienne « au fil de l'eau » ne rentre pas dans les critères de définition d'un ouvrage (nomenclature de la loi eau pour définir le régime d'autorisation/déclaration), que ce soit au niveau de l'ombrage, de la largeur de rivière barrée... L'hydrolienne n'étant pas fixée au fond et ne barrant pas tout le cours d'eau, elle ne peut être considérée comme un ouvrage.

Cependant, toute installation d'un système de production d'hydroélectricité est soumise, au titre de la loi du 16 octobre 1919, soit à autorisation, soit à déclaration, en fonction de la puissance produite:

**P<500kW : Autorisation avec notice d'impact**

**500<P<4500kW : Autorisation avec étude d'impact**

**4500<P<12000kW : Concession**

La puissance produite, qu'elle soit estimée ou calculée est inférieure à 500kW. Le projet est donc soumis à autorisation avec notice d'impact.

#### **Constitution du dossier**

Les pièces nécessaires au dossier sont les suivantes <sup>11</sup>(ordre conventionnel défini par le code de l'environnement) ; les pièces soulignées présentent une importance particulière quant à la validation du dossier :

**1° Le nom et l'adresse du demandeur** ; le demandeur sera le propriétaire riverain, où la commune, si elle souhaite prendre en charge le projet.

---

<sup>11</sup> Issus de l'article R214-72 du Code de l'environnement



## 2° L'emplacement sur lequel les ouvrages doivent être réalisés (figure 12 à 14)



Figure 12 : Localisation du projet sur carte IGN (échelle 1/100000)

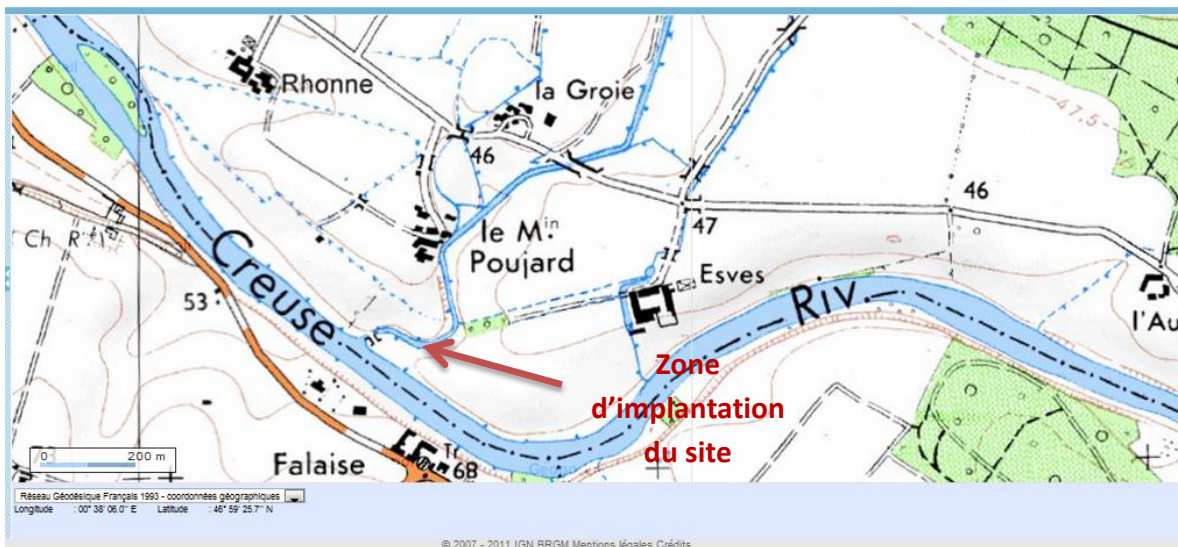


Figure 13 : Localisation précise du projet sur carte IGN (échelle 1/10000)



Figure 14 : Localisation du projet sur photo aérienne

### **3° Les caractéristiques principales des ouvrages les plus importants et les justifications techniques les concernant, notamment :**

(Ces documents sont disponibles dans le rapport de stage de M. Diakite Julien.)

a) **Le débit maximal dérivé** ; le débit dérivé est nul, le système de production est « au fil de l'eau » et utilise donc le débit et la puissance du cours d'eau en l'état, sans modification.

b) **La hauteur de chute brute maximale** ; la hauteur de chute brute maximale est nulle.

c) **La puissance maximale brute hydraulique calculée à partir du débit maximal de la dérivation et de la hauteur de chute maximale** ; la puissance maximale brute, au sens de la loi est nulle. Cependant on peut l'estimer à partir de la pente. La puissance estimée est de 35kW.

d) **Le volume stockable** ; le volume est nul, l'ouvrage ne provoque pas de retenue.

e) **Le débit maintenu dans la rivière** ; il correspond au débit amont de la rivière.

**4° Une étude d'impact lorsque la puissance maximale brute dépasse 500 kW ; une notice d'impact lorsque cette puissance est inférieure ou égale à 500 kW** ; ce document indique, compte tenu des variations saisonnières et climatiques, les incidences de l'opération sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, ainsi que sur chacun des éléments mentionnés à l'article [L. 211-1](#), en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou concernées ; il précise, s'il y a lieu, les mesures compensatoires ou correctives envisagées et la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les objectifs de qualité des eaux prévus par les articles [D. 211-10](#) à [D. 211-11](#).

Ici une notice d'impact est nécessaire :

#### **Notice d'impact**

Le contenu de la notice est succinct. Ce document doit en effet indiquer :

- les incidences éventuelles du projet sur l'environnement ;
  - les conditions dans lesquelles l'opération projetée satisfait aux préoccupations environnementales.
- La notice diffère aussi de l'étude d'impact par le nombre plus limité de campagnes saisonnières de mesures physico chimiques et hydrobiologiques imposées (1 à 2 campagnes plutôt que 4).

#### **A noter :**

La notice d'impact est un document clef car c'est elle qui va aborder les aspects écologiques. Il convient d'aborder tous les paramètres biologiques et physico-chimiques afin de prévoir l'ensemble des conséquences du projet sur l'environnement. Un dossier déposé avec une notice d'impact trop légère pourra être refusé ou renvoyé par les services instructeurs afin que le maître d'ouvrage le complète.

Le projet d'implantation de l'hydrolienne présente peu d'impact sur l'écosystème et semble donc « écologique ». En effet, il n'altère pas les écoulements, ne barre pas le cours d'eau sur toute la largeur, respecte la circulation des sédiments et des espèces aquatiques et n'abîme pas les habitats du fond du lit car il n'est pas fixé au fond. Les incidences sur l'environnement semblent donc très faibles. Cependant, les impacts environnementaux pourront être évalués et suivis en réalisant des analyses physico-chimiques et hydrobiologiques avant et après les travaux, sur une période

importante (au minimum pendant 10 ans après les travaux, afin évaluer l'impact et la modification du milieu).

Le projet s'inscrit dans les objectifs du SDAGE à travers le développement de l'hydroélectricité qui est une énergie verte (sans dégagement de gaz à effets de serre) et renouvelable, et à travers le respect des objectifs de qualité et la non dégradation du milieu aquatique.

**5° Un plan des terrains qui seront submergés à la cote de retenue normale ;** aucun terrain ne sera submergé.

**6° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment de celles mentionnées aux 3° et 4° ;** ces documents sont disponibles dans le rapport de stage de M. Diakite Julien

**7° Le profil en long de la section du cours d'eau concerné par l'aménagement ainsi que celui de la dérivation ;** ce document doit être réalisé ainsi que le recensement des ouvrages en amont.

**8° L'indication des premiers ouvrages placés en amont et en aval et ayant une influence hydraulique ;** aucun ouvrage n'existe en aval. En amont, le moulin Poujard est situé à environ 400m de la station d'étude et présente un fort impact sur les écoulements avec la présence de vannes.

**9° La durée de l'autorisation demandée et la durée probable des travaux ;** la durée de l'autorisation demandée ne pourra être supérieure à vingt ans, mais sera renouvelable. La durée probable des travaux sera de l'ordre d'une semaine. Cette durée est à confirmer au vue de l'étude technique.

**10° L'évaluation sommaire des dépenses d'établissement ;** ces informations sont disponibles dans le rapport de stage de M. Julien Diakite. Une première estimation a été effectuée et donne un coût de 100 000€. Cependant cette estimation ne tient pas compte de l'amortissement, ni des gains apportés par la revente de l'énergie produite.

**11° Une note précisant les capacités techniques et financières du pétitionnaire et justifiant qu'il remplit les conditions de nationalité prescrites par l'article 26 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique et par l'article 1er du [décret n° 70-414 du 12 mai 1970](#) concernant la nationalité des concessionnaires et permissionnaires d'énergie hydraulique ;** on considère que le propriétaire a la nationalité française et répond aux conditions imposées. Aux vues des premières estimations financières, la commune ou le syndicat sera plus enclin à être maître d'ouvrage pour le projet.

**12° Tout document permettant au pétitionnaire de justifier qu'il aura, avant la mise à l'enquête publique, la libre disposition des terrains ne dépendant pas du domaine public sur lesquels les travaux nécessaires à l'aménagement de la force hydraulique doivent être exécutés ;** on considère que le propriétaire est le maître d'ouvrage ou qu'il autorise l'exploitation de sa propriété pour réaliser les travaux et l'entretien du système de production (si la commune est porteuse de projet).

**13° S'il y a lieu à défrichement, au sens du code forestier, un document faisant apparaître la situation et l'étendue des bois intéressés et des défrichements envisagés, ainsi que l'évaluation de leur incidence sur les crues ;** aucun défrichement n'est prévu.

**14° Pour les usines d'une puissance supérieure à 500 kW, les accords qui peuvent être intervenus entre le pétitionnaire et les collectivités visées au 6° de l'article 10 de la [loi du 16](#)**



octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, soit au point de vue financier, soit à celui des fournitures en eau et en force ; l'usine est inférieur à 500kw.

**15° Pour les usines d'une puissance supérieure à 500 kW, les propositions de répartition entre les communes intéressées de la valeur locative de la force motrice de la chute et de ses aménagements ; l'usine est inférieur à 500kw.**

**16° Un projet de règlement d'eau, établi conformément au règlement d'eau type annexé à l'article R. 214-85 et comportant les compléments et dérogations à ce règlement d'eau type ;** l'ouvrage ne prélève et ne retient pas d'eau. Il est donc exonéré de règlement d'eau.

**17° L'indication des moyens d'intervention en cas d'incident et d'accident ;** en cas d'incident ou d'accident, les interventions peuvent être réalisées depuis la rive (largeur du cours d'eau <7m), directement sur l'ouvrage.

**18° Un recueil de consignes de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances et de consignes d'exploitation en période de crue** ; ce recueil devra être réalisé au regard du dossier technique, en tenant compte des manœuvres nécessaires, de l'entretien et de la surveillance nécessaire de l'ouvrage.

**19° Le cas échéant une étude de dangers ;** l'étude de dangers ne semble pas nécessaire dans ce cas, le projet n'étant pas classé comme ICPE.

**20° Une note décrivant les mesures de sécurité pendant la première mise en eau.** Cette note sera réalisée au regard du dossier technique.

#### **En résumé :**

Cette étude propose d'aménager un petit cours d'eau sur un tronçon ne présentant pas d'ouvrages. La production est peu importante mais à une échelle locale (hameau, quartier...) elle permet de subvenir aux besoins en énergies de plusieurs foyers. La technique proposée (hydrolienne) présente l'opportunité d'avoir très peu d'impact sur l'environnement. En effet, elle n'est pas fixée sur le substrat et offre une grande flexibilité quant aux conditions du milieu (débit, hauteur d'eau...) et présente l'avantage d'être adaptée à de petits cours d'eau. Cependant, ce système est peu développé et il convient de suivre le projet sur l'aspect écologique pour évaluer plus en profondeur les conséquences possibles sur le milieu, à travers différentes campagnes de mesures avant et après l'implantation du projet. Les hydroliennes sont peu utilisées en France mais si les impacts sur le milieu sont avérés comme très faibles, il serait bon de les développer.

### **3.5. Procédure d'autorisation**

Voici le Schéma de la procédure d'autorisation (figure 15), celle-ci pouvant quelque peu varier dans la durée (et le nombre d'exemplaire) selon les acteurs concernés et selon le statut du cours d'eau (domanial ou non domanial). La procédure de concession n'est pas présentée dans ce rapport car la puissance des cours d'eau d'Indre-et-Loire est insuffisante pour dépasser 4500kw, ce qui nécessiterait l'implantation de barrages sur des grands cours d'eau tels que la Loire, la Vienne, la Creuse... Ces hypothèses ne sont pas compatibles et envisageables avec les politiques actuelles.

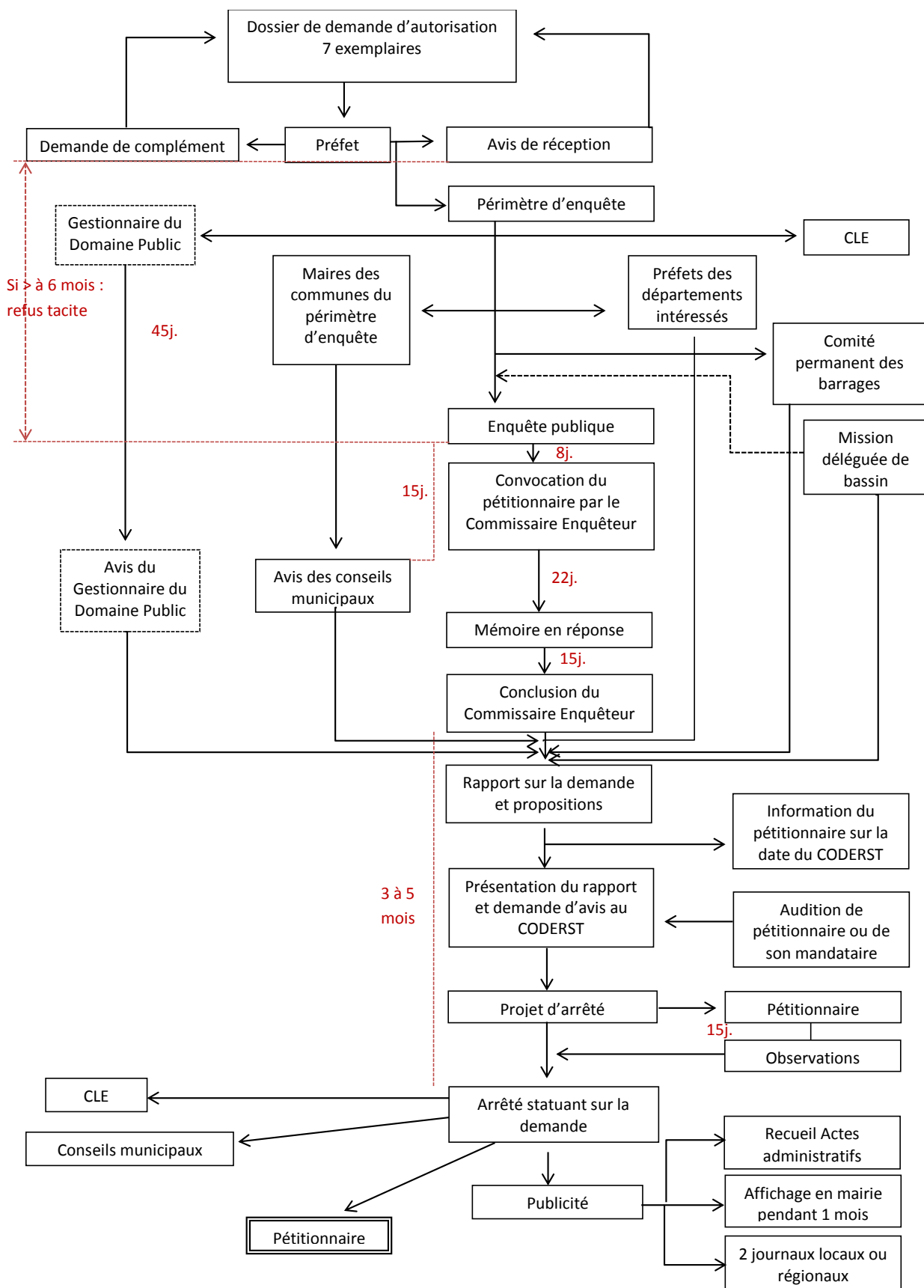


Figure 15 : Schéma de procédure d'autorisation délivrée au titre de la police de l'eau (source : ONEMA)

## Conclusion

Concernant l'évaluation du potentiel hydroélectrique de l'Indre et Loire, il est possible de l'exploiter en respectant les contraintes réglementaires et physiques du milieu. Le réseau hydrographique est important et présente un potentiel non négligeable. Il n'existe pas de potentiel absolument « non mobilisable » en Indre-et-Loire. Cependant près de 70 % du linéaire est soumis à des contraintes réglementaires qui rendent le potentiel « mobilisable sous conditions strictes » et « très difficilement mobilisable ». Les 30% restant sont « mobilisable normalement » mais concernent les chevelus amont des cours d'eau et présentent donc un débit et une puissance hydraulique faible (Cf. carte de mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire).

Pour la mobilisation, plusieurs possibilités existent pour développer l'hydroélectricité :

- l'optimisation de centrales existantes (non présentée dans ce rapport, et la production existante en Indre-et-Loire est très faible avec seulement 15 petites centrales dont la production n'a pas été communiquée),
- l'équipement d'ouvrages existants avec un système de production d'électricité : cette possibilité est présentée dans la première étude de cas sur le barrage du Cher à Savonnières. Cette solution peut-être fortement développée car le département présente de nombreux moulins et ouvrages à réhabiliter et à équiper de centrales hydroélectriques,
- l'implantation de nouveaux ouvrages sur des tronçons non aménagés. Cependant cette dernière possibilité va à l'encontre des politiques actuelles de gestion des milieux aquatiques car elle porte atteinte à la continuité écologique. Une alternative peut-être développée : la mise en place d'hydroliennes ou de techniques au fil de l'eau qui présentent un impact très faible sur le milieu. En effet, ces techniques ne barrent pas tout le cours d'eau et ont une grande capacité d'adaptation au milieu. C'est l'objet de la seconde étude de cas sur l'Esves. Cependant en dehors des hydroliennes, la construction de nouveaux ouvrages ne peut se faire que sur les zones où le potentiel est « mobilisable normalement ». Ces zones correspondent à des petits cours d'eau avec une très faible puissance. Cette possibilité ne semble donc pas la plus adaptée au département d'Indre-et-Loire.

Quelle que soit la technique employée pour produire de l'électricité, la réglementation soumet le projet à une demande d'autorisation ou de concession. La législation permet ainsi de contrôler la création de nouveaux ouvrages, la production d'hydroélectricité et protège les milieux aquatiques contre une surexploitation pouvant engendrer leur destruction. La réalisation d'un projet d'installation de centrale hydroélectrique nécessite donc la réalisation d'un dossier contenant tous les éléments techniques, écologiques et réglementaires inhérents à celui-ci. A cela s'ajoute la procédure d'instruction du dossier qui est relativement longue (1 à 3 ans en moyenne) et qui nécessite la consultation de tous les acteurs et usagers du territoire (enquête publique, avis des services de l'état...). L'outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages est en cours de réalisation par un informaticien. Celui-ci indique les différentes étapes de la réflexion et de la réalisation du projet et intègre ces différents points, qu'ils soient réglementaires, techniques ou écologiques.

La difficulté réside donc dans l'adéquation entre la production d'énergie renouvelable avec l'hydroélectricité et la protection des milieux aquatiques, souvent altérés par les ouvrages.

L'hydroélectricité reste cependant une solution d'avenir en produisant une énergie « verte », propre (sans dégagement de gaz à effets de serre) et renouvelable. Elle répond aux objectifs de la politique énergétique du gouvernement (loi POPE de 2005) et à ceux de la directive européenne de 2001 qui ont pour but d'atteindre une production de 21% d'électricité à partir d'énergie renouvelable dans chaque état membre.

## **Bibliographie :**

- ADEME, 2003, *Guide pour le montage de projet de petite hydroélectricité Tome 1 et 2*, Connaître pour agir, guides et cahiers techniques.
- ADEME, ARPE, région Midi-Pyrénées, 2005, *Guide d'accompagnement vers la certification ISO 1400, pour les producteurs d'hydroélectricité en Midi-Pyrénées*.
- AGEDEN, Maîtrise de l'énergie et Energie renouvelable en Isère, 2009, *La petite Hydraulique*, 2p
- AJENA (énergie et environnement en Franche-Comté), 2004, *L'Energie microhydraulique et l'environnement, exemples de la Centrale de Lavancia ; Moulin à Sirod-Centrale à Foncine-le-Bas ; Moulin à Viry-Moulin à Messia-sur-Sorne-Moulin à La Ferté*.
- Begnaud et al., 2011, *L'Esves (37) et son bassin versant, diagnostic et propositions d'actions*, Chantier école M1 IMACOF, Université de Tours.
- Besse T., 2009, *Turbines ichtyophiles et dispositifs d'évitement pour les anguilles en avalaison*, Tableau de Bord Anguille du Bassin Loire (LOGRAMI), 20p
- Chandersris et Al, Mars 2007, *Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau, SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau, principes et méthodes*, CEMAGREFF, rapport V2 Mars 2007.
- Chizat L., Thicoipe E., *L'étude de faisabilité du potentiel hydroélectrique en Indre et Loire dans le contexte des directives européennes et du développement durable*, projet de fin d'étude de 5ème année, EPU-Tours DMS.
- COMITE DE BASSIN CORSE, 2009, *Note d'évaluation du potentiel hydroélectrique à l'échelle du bassin hydrographique*, Document d'accompagnement du SDAGE CORSE 2010-2015, 11p
- Courret D. et Larinier M., Novembre 2008, *Guide pour la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques*, ADEME, ONEMA rapport GHAAPE RA.08.04.
- Dambrine F. Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, Mars 2006, *Rapport sur les perspectives de développement de la production hydroélectrique en France*, 56p
- ESH (Association Européenne de la Petite Hydroélectricité) et ADEME, 2005, *Petite hydroélectricité : Guide technique pour la réalisation de projet*.
- Guillemet O., 2011, *Etude de faisabilité du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire dans le contexte des directives européennes et du développement durable : réglementation, impacts sur l'environnement et caractéristiques piscicoles du département*, projet personnel de MASTER 2 IMACOF, Université de Tours.
- Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), 25 janvier 2010, *Circulaire relative à la mise en œuvre par l'Etat et ses établissements publics d'un*

*plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau*, NOR : DEVO0930186C, 43p

Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), septembre 2007, *Guide d'instructions relatif à la police des installations hydroélectriques d'une puissance inférieure ou égale à 4 500 kW, à l'usage des services de police de l'eau*.

Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), septembre 2010, *Guide pratique relatif à la police des droits fondés en titre*.

Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), 2009, *Note type pour l'évaluation du potentiel hydroélectrique des SAGE*, 4p

Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), 2010, *Petite hydroélectricité et Environnement- Rapport du groupe de travail*, 93p

Ministère de l'écologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), 2010, *Réformes en matière d'énergie hydraulique apportées par la LEMA*.

Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, 2007, *La France face aux enjeux de l'hydroélectricité*, Synthèse du colloque Développement durable du 16 janvier 2007 : la réponse de l'hydroélectricité, 38p

Noblet G., 2011, *Evaluation du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire dans le contexte des directives Européennes et du développement durable*, projet personnel de MASTER 2 IMACOF, Université de Tours.

Observatoire régional de l'énergie de Midi-Pyrénées, 2006, *Etat des lieux de l'hydroélectricité en Midi-Pyrénées*.

SDAGE SEINE NORMANDIE, 2009, *Potentiel hydroélectrique du bassin Seine Normandie*, Document d'accompagnement n°7 du SDAGE, Bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, 8p.

SDAGE MEUSE, Novembre 2009, *Note d'évaluation du potentiel hydroélectrique du district hydrographique Meuse et Sambre*, Document d'accompagnement n°7 du SDAGE (Tome 18), 25p

Syndicat de Bassin de l'Elorn(29), juin 2009, *Projet d'installation d'une microcentrale hydroélectrique au barrage du Drennec- Présentation du projet et Notice d'incidence*, 25p

#### **Sites internet :**

Banque Hydro, [www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr), consulté le 16 juillet 2011

Syndicat d'Energie Intercommunal d'Indre et Loire, [www.sieil37.fr](http://www.sieil37.fr), consulté le 13 juillet 2011

Code de l'environnement, [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr) , consulté le 2 juin 2011



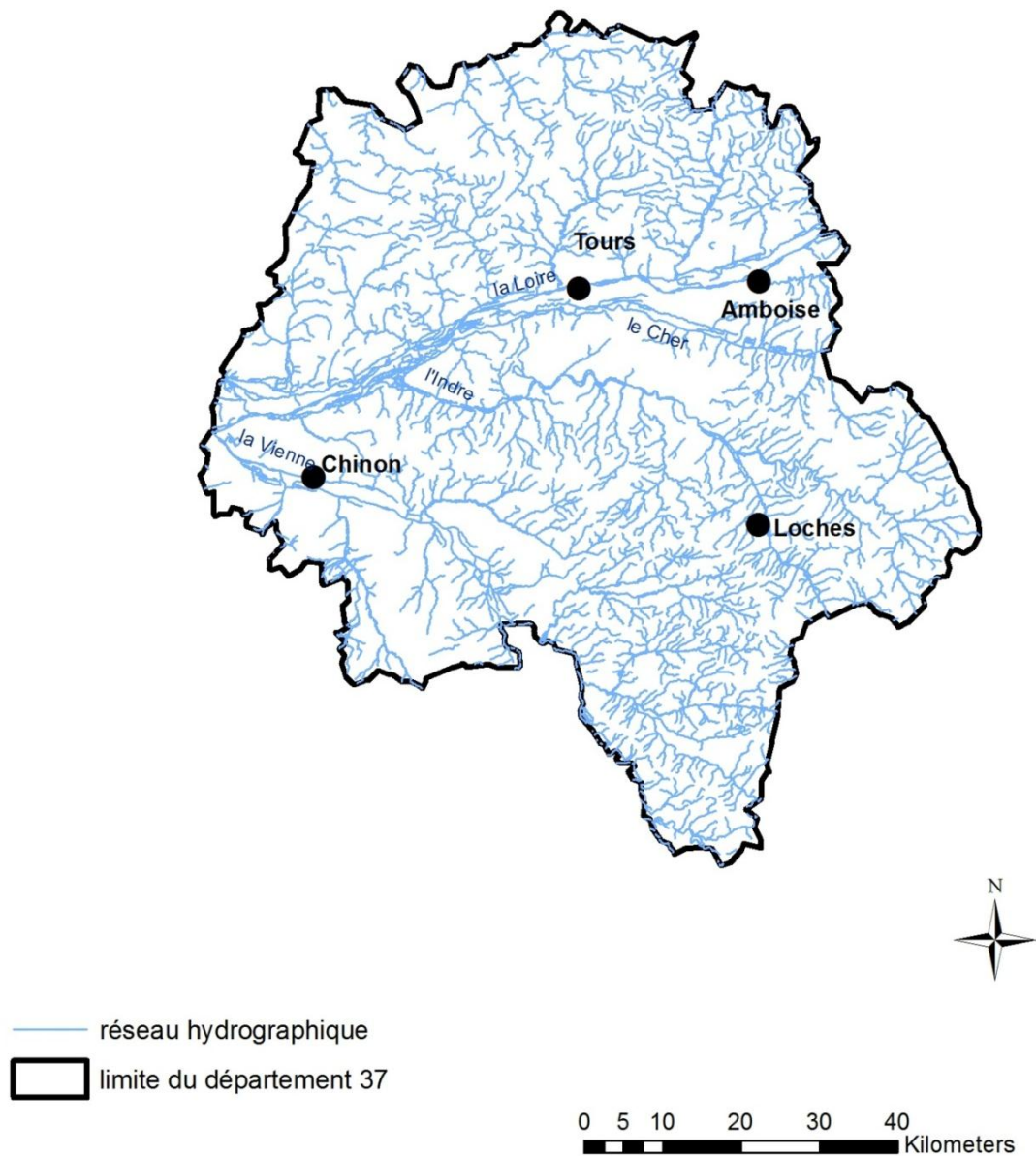
## Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du département d'Indre-et-Loire (lapidellerie.com)	6
Figure 2 : Carte d'Indre et Loire (holidayshomes.com)	6
Figure 3 : Le bassin versant du Cher (www.cairn.info)	18
Figure 4 : Présentation du barrage du Cher	19
Figure 5 : Site d'implantation du projet, photo aérienne de Savonnières et des environs	21
Figure 6 : Site d'implantation du projet sur carte IGN	21
Figure 7 : Photo aérienne du barrage du Cher à Savonnières, localisation du site d'étude	21
Figure 8 : Profil en long du Cher	23
Figure 9 : Localisation du bassin versant de l'Esves	26
Figure 10 : Localisation du tronçon étudié sur l'Esves	27
Figure 11 : photo du site d'implantation du système de production d'hydroélectricité (source : J.Diakite)	28
Figure 12 : Localisation du projet sur carte IGN (échelle 1/100000)	29
Figure 13 : Localisation précise du projet sur carte IGN (échelle 1/10000)	29
Figure 14 : Localisation du projet sur photo aérienne	29
Figure 15 : Schéma de procédure d'autorisation délivrée au titre de la police de l'eau (source : ONEMA)	34
Tableau 1 : Réglementation et zonage réglementaires .....	13
Tableau 2 : Mobilisation du potentiel en fonction de la réglementation présente .....	14
Tableau 3 : répartition de la mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire.....	15

## ANNEXES

### 1. Réseau hydrographique

## Réseau hydrographique d'Indre et Loire



Source : L.BARTHELEMY, IMACOF Université de Tours, 2011,  
Carte du réseau hydrographique d'Indre et Loire issue de la BD\_carthage.

## 2. Réglementation

### 1. Cœur des parcs nationaux

Ce zonage réglementaire est sans objet en Indre-et-Loire.

Le cœur des parcs nationaux est une réserve intégrale instituée dans un but scientifique avec une protection plus grande que celle du parc sur certains éléments de la faune et de la flore. Les activités industrielles et minières y sont interdites (article L 331-4-1 du code de l'environnement). Les travaux, installations et constructions sont interdits en dehors des espaces urbanisés des parcs. Dans les espaces urbanisés, les constructions, travaux et installations sont soumis à autorisation spéciale du Préfet après avis de l'établissement public du parc. Les travaux ou aménagements projetés qui doivent être précédés d'une étude d'impact, ou qui sont soumis à une autorisation au titre de la législation sur les installations classées (ICPE) ou au titre de la législation sur l'eau ne peuvent être autorisés ou approuvés que sur avis conforme de l'établissement du parc après consultation de son conseil scientifique.

L'implantation de microcentrale est donc très difficile, voire impossible au cœur des parcs nationaux.

### 2. Cours d'eau classé dans la liste I ou II (révision de classement en cours):

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA) et sa traduction dans l'article L 214-17 du Code de l'Environnement (CE) a initié une réforme du classement des cours d'eau en l'adaptant aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau et en remplacement des deux anciens classements :

- « rivières réservées » au titre de l'article 2 de la loi de 1919 qui interdisait la construction de nouveaux obstacles,
- « rivières classées » au titre de l'article L 432-6 qui obligeait l'équipement de passes à poissons afin d'assurer la continuité écologique.

Cette révision, qui doit être achevée au 1er janvier 2014, se fait à l'échelle du bassin (arrêté du Préfet coordonnateur de bassin après avis du comité de bassin) mais qui passera par une concertation locale sous l'égide des préfets de départements.

L'article L 214-17 du CE précise que l'autorité administrative établit pour chaque bassin :

Une liste de cours d'eau (« liste 1 »), ou parties de cours d'eau parmi ceux qui sont en très bon état écologique ou identifiés par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire, sur lesquels **aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique.**

Une liste de cours d'eau (« liste 2 »), ou parties de cours d'eau parmi lesquels **il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs.** Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant. Les ouvrages existants devront être mis en conformité dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté de classement.

L'implantation de microcentrales est donc soumise à une technologie n'impliquant aucun impact sur le transport des sédiments et sur la libre circulation des poissons migrateurs pour la liste 2. La liste 1

n'implique, de plus, aucun impact sur l'hydrologie. Les centrales « au fil de l'eau » peuvent être une possibilité envisageable sur ces listes.

### 2.1. Cours d'eau en très bon état

Les cours d'eau en très bon état sont définis par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA, art. L214-17 du Code de l'Environnement). Le SDAGE 2010 - 2015 identifie ces cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux nécessaires au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant. **C'est une liste de cours d'eau sur lesquels aucune autorisation ou concession ne pourra être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique. Le renouvellement de concessions ou de l'autorisation d'ouvrages existants sur ces cours d'eau sera également subordonné à des prescriptions.**

Cette réglementation est en cours de révision et s'intègre dans le cadre du classement en liste I des cours d'eau.

### 2.2. Cours d'eau réservé

Cours d'eau pour lesquels, en application de la loi du 16 octobre 1919 modifiée par la loi de juillet 1980 sur les économies d'énergie et l'utilisation de la chaleur et la loi de juin 1984 sur la pêche en eau douce, **aucune autorisation ou concession n'est donnée pour des entreprises hydrauliques nouvelles.** Pour les entreprises existantes à la date de promulgation de la loi du 15 juillet 1980, **le renouvellement de l'acte de concession ou d'autorisation pourra être accordé sous réserve que la hauteur du barrage ne soit pas modifiée.** La liste des cours d'eau réservés est fixée par décret en Conseil d'Etat.

Cette réglementation est en cours de révision et s'intègre dans le cadre du classement en liste I des cours d'eau.

### 2.3. Réservoirs biologiques identifiés par le SDAGE :

Les cours d'eau qui pourront être classés en réservoirs biologiques et donc dans la liste I suite à la réforme du classement des cours d'eau au titre de l'article 2 de la loi de 1919 et de l'article L 432-6 sont basés sur les critères suivants :

- Cours d'eau en Bon Etat aujourd'hui
- Masses d'eau identifiées objectif Bon Etat 2015 et problème hydromorphologie à traiter
- Rivières classées/réservées
- Cours d'eau en N2000 ou arrêté de biotope
- Cours d'eau avec espèces patrimoniales recensées
- Cours d'eau qui ont le plus d'espèces recensées
- Cours d'eau qui ne présentent aucune rupture de continuité

Cette réglementation est en cours de révision et s'intègre dans le cadre du classement en liste I des cours d'eau.

### 2.4. Cours d'eau classé au titre du franchissement des migrateurs :

Cours d'eau ou partie de cours d'eau et canaux dont la liste est fixée par décret, après avis des Conseils Généraux rendus dans un délai de six mois après leur saisine. **Tout nouvel ouvrage sur ces cours d'eau doit comporter un dispositif assurant la circulation des poissons migrateurs et son**

**exploitant est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien de ce dispositif.** Les ouvrages existants doivent être mis en conformité, avec ces dispositions, sans indemnité dans un délai de 5 ans à compter de la publication d'une liste d'espèces migrateurs par bassin ou sous-bassin fixée par le Ministre chargé de la Pêche en eau douce, et le cas échéant, par le Ministre chargé de la Mer.

Cette réglementation est en cours de révision et s'intègre dans le cadre du classement en liste I des cours d'eau.

### **3. Réserve naturelle nationale**

Ce zonage réglementaire est sans objet en Indre et Loire.

La Réserve Naturelle Nationale a pour objectif la préservation d'espèces animales ou végétales et d'habitats en voie de disparition, la reconstitution de populations animales ou végétales ou de leurs habitats ou encore la préservation de biotopes et de formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables. Le décret de classement d'une RNN peut soumettre à un régime particulier voire interdire, à l'intérieur de la réserve, toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune et de la flore ou au patrimoine géologique et, plus généralement, d'altérer le caractère de la réserve. Les activités pouvant être réglementées ou interdites sont notamment : la chasse, la pêche, les activités agricoles, forestières et pastorales, industrielles, minières et commerciales, l'exécution de travaux publics ou privés, l'extraction de matériaux concessibles ou non, l'utilisation des eaux, la circulation du public, la divagation des animaux domestiques et le survol de la réserve. Les mesures de protection mises en place sont variables selon les réserves naturelles. Les territoires classés en réserve naturelle ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou dans leur aspect, sauf autorisation spéciale du préfet, ou dans certains cas, du ministre chargé de la protection de la nature.

L'implantation de microcentrale dans les réserves naturelle nationale doit être autorisée par la réglementation de la réserve. Cependant, elle ne doit modifier ni l'état, ni l'aspect de la réserve et semble donc difficile à mettre en place sur ces sites.

### **4. Zone Natura 2000**

Le réseau Natura 2000 est constitué des Zones de Protection Spéciale (ZPS), sites désignés par la directive européenne « Oiseaux » de 1979, et des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) définies par la directive « Habitats » de 1992. Ces deux zones visent à la conservation des espèces et à la préservation de la faune, de la flore et de leurs milieux de vie. L'objectif du réseau est de mettre en œuvre une gestion écologique des milieux remarquables en tenant compte des nécessités économiques, sociales et culturelles ou des particularités régionales et locales. Il s'agit de favoriser, par l'octroi d'aides financières nationales et européennes, des modes d'exploitation traditionnels et extensifs, ou de nouvelles pratiques, contribuant à l'entretien et à la préservation de ces milieux et de ces espèces.

Les Zones Spéciales de Conservation, désignées par la Directive Habitats ont pour but de protéger la biodiversité et les habitats naturels et peuvent faire l'objet de mesures de gestion et de protection particulières. Les Zones de Protection Spéciales définies dans la Directive Oiseaux ont pour objectifs de protéger les habitats et zone de vie des espèces migratrices (aire de reproduction, d'hivernage ou de relais de migration). Les sites Natura 2000 ont un document d'objectif (DOCOB) qui définit les mesures de gestion et de conservation de la zone. De document tient compte des activités économiques, sociales et culturelles qui s'exercent sur le site, ainsi que des particularités régionales

et locales. **Elles ne conduisent pas à interdire les activités humaines dès lors qu'elles n'ont pas d'effets significatifs au vu des objectifs de conservation et de restauration des habitats et des espèces poursuivis sur le site.**

Une évaluation des incidences des programmes ou projets de travaux, d'ouvrage ou d'aménagement est obligatoire :

Les programmes ou projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements soumis à un régime d'autorisation ou d'approbation administrative, dont la réalisation peut affecter de façon notable un site Natura 2000, font l'objet d'une évaluation de leurs incidences au regard des objectifs de conservation du site.

L'étude d'impact, la notice d'impact et le document d'incidences " loi sur l'eau " tiennent lieu de dossier d'évaluation des incidences s'ils satisfont aux prescriptions du régime d'évaluation des incidences.

Les travaux, ouvrages ou aménagements prévus par les contrats Natura 2000 sont dispensés de la procédure d'évaluation de leurs incidences.

L'évaluation des incidences porte sur les habitats et les espèces qui ont justifié la désignation du site. Elle est proportionnée à la nature et à l'importance des programmes ou projets. Elle est jointe au dossier de demande d'autorisation ou d'approbation administrative.

Les travaux, ouvrages ou aménagements dont la réalisation est de nature à affecter de façon notable un site Natura 2000 peuvent néanmoins être autorisés ou approuvés s'il n'existe pas d'autres solutions satisfaisantes, s'ils sont justifiés par des raisons impératives d'intérêt public, et si des mesures compensatoires, à la charge du bénéficiaire des travaux, de l'ouvrage ou de l'aménagement, sont prises pour maintenir la cohérence globale du réseau Natura 2000.

Lorsque le site abrite un type d'habitat naturel ou une espèce prioritaire, l'autorisation pour ces travaux, ouvrages ou aménagements ne pourra être donnée que pour des motifs liés : à la santé ou à la sécurité publique ; **aux avantages importants procurés à l'environnement** ; ou à d'autres raisons impératives d'intérêt public, après avis de la Commission européenne.

L'installation de microcentrale sera soumise à une argumentation solide démontrant le bénéfice de l'énergie « propre » que représente l'hydroélectricité et ne devra pas altérer les habitats. Un document d'incidence « loi sur l'eau » est à joindre au dossier et, couplé à une étude d'impact ou notice d'impact, tient lieu de dossier d'évaluation des incidences. La technologie mise en place devra être la moins impactante au niveau environnemental (habitat) et devra être compatible avec le document d'objectifs (DOCOB) établi pour le site. La création de nouveaux ouvrages est en contradiction avec les conditions imposées sur ces zones et n'est pas possible.

## 5. Sites inscrits ou classés

La loi du 2 mai 1930 intégrée depuis dans les articles L 341-1 à L 341-22 du code de l'environnement permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire ". Le classement ou l'inscription d'un site ou d'un monument naturel constitue la reconnaissance officielle de sa qualité et la décision de placer son évolution sous le contrôle et la responsabilité de l'État. Il existe deux niveaux de protection :

**Le classement** est une protection forte qui correspond à la volonté de maintien en l'état du site



désigné, ce qui n'exclut ni la gestion ni la valorisation. Généralement consacré à la protection de paysages remarquables, le classement peut intégrer des espaces bâtis qui présentent un intérêt architectural et sont parties constitutives du site. **Les sites classés ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale** ; celle-ci en fonction de la nature des travaux est soit de niveau préfectoral ou soit de niveau ministériel. En site classé, le camping et le caravaning, l'affichage publicitaire, l'implantation de lignes aériennes nouvelles sont interdits.

L'inscription à l'inventaire supplémentaire des sites constitue une garantie minimale de protection. Elle impose aux maîtres d'ouvrages l'obligation d'informer l'administration 4 mois à l'avance de tout projet de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site. L'architecte des bâtiments de France émet un avis simple sur les projets de construction et les autres travaux et un avis conforme sur les projets de démolition.

L'implantation de système de production d'hydroélectricité doit faire l'objet d'autorisation spéciale pour les sites classés (se renseigner auprès de la préfecture, DDT et ONEMA). Le dossier d'instruction pour la demande d'autorisation suffit pour les sites inscrits (délai plus long que celui légal pour informer l'administration) ; l'avis d'un architecte des bâtiments de France est cependant nécessaire. Les contraintes pour l'aménagement d'un ouvrage se poseront sur l'impact foncier et environnemental de la centrale, ainsi que sur son aspect « esthétique » et architectural pour les sites inscrits. La création d'un nouvel ouvrage semble très difficile sur ces sites.

## 6. Aire d'adhésion aux parcs nationaux

Ce zonage réglementaire est sans objet en Indre et Loire.

Les travaux ou aménagements projetés, dans l'aire d'adhésion aux parcs nationaux, qui doivent être précédés d'une étude d'impact ou qui sont soumis à une autorisation au titre de la législation sur les installations classées (ICPE) ou au titre de la législation sur l'eau ne peuvent être autorisés ou approuvés que sur avis conforme de l'établissement du parc après consultation de son conseil scientifique

L'implantation de microcentrale sera soumise à l'avis du parc et devra s'intégrer dans la politique de conservation de celui-ci.

## 7. Site présentant un arrêté préfectoral de biotope

Il s'applique à la protection de milieux peu exploités par l'homme et abritant des espèces animales et/ou végétales sauvages protégées.

Les objectifs sont la préservation de biotope (entendu au sens écologique d'habitat) tels que dunes, landes, pelouses, mares... nécessaires à la survie d'espèces protégées en application des articles L. 411-1 et suivant du code rural et plus généralement l'interdiction des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux.

Les effets du classement : l'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent (« Toute action tendant à modifier, dénaturer ou faire disparaître le site concerné est interdite », arrêté de biotope de la partie amont de l'Ile Garaud, sur la Loire, à Saint-Patrice).

L'implantation de système de production hydroélectrique sur ces sites semble donc très difficile, voire impossible sur un site présentant un arrêté préfectoral de biotope.

## **8. Réserve naturelle régionale (RNR)**

Tout ou partie du territoire d'une ou de plusieurs communes, dont la conservation de la faune, de la flore, du patrimoine géologique ou paléontologique ou en général, du milieu naturel présente une importance particulière. Les réserves naturelles volontaires ont été intégrées dans les réserves naturelles régionales depuis 2002. Les Conseils Régionaux ont la compétence pour créer des réserves naturelles régionales de leur propre initiative ou pour répondre à la demande des propriétaires. Ce classement en réserve a pour enjeux et objectif de contribuer à la protection des ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique) et des habitats d'intérêt communautaires, de contribuer à quelques plans et programme d'actions nationaux (dont le plan d'action des zones humides) et internationaux (directives européennes, Natura 2000...).

Contrairement à ce qui est prévu pour les réserves nationales, la réglementation ou l'interdiction de la chasse ou de la pêche, de l'extraction de matériaux et de l'utilisation des eaux n'est pas prévue dans les RNR.

L'implantation de microcentrale sera soumise au règlement de la réserve naturelle régionale.

## **9. Zone Humide "RAMSAR"**

Ce zonage est sans objet en Indre-et-Loire.

Les zones humides entendues au sens de la Convention de Ramsar, sont : " des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ". Leur choix doit être fondé sur leur importance internationale au point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique. Les critères d'intérêt culturel des zones humides participent également au classement des sites. L'utilisation rationnelle des zones humides consiste en leur utilisation durable au bénéfice de l'humanité d'une manière qui soit compatible avec le maintien des propriétés naturelles de l'écosystème.

Les zones concernées ne sont juridiquement protégées que si elles sont par ailleurs soumises à un régime particulier de protection de droit national. Il s'agit généralement de réserves naturelles. En France, la désignation de sites Ramsar se fait aujourd'hui aussi en lien avec l'outil Natura 2000, dont la mise en œuvre et la constitution du réseau progressent.

## **10. Ouvrages prioritaires "Grenelles"**

Les objectifs fixés au niveau national (engagement 114 du Grenelle de l'environnement) dans le cadre de la réflexion sur la trame bleue (incluant les éléments du plan anguille), sont le traitement de 2000 ouvrages d'ici 2015, soit 1200 ouvrages d'ici fin 2012, tous objectifs confondus.

Ainsi rapporté au bassin Loire-Bretagne, il s'agit d'aboutir à 400 ouvrages traités ou en cours de traitement.

Il a donc été demandé d'élaborer pour début 2010 une liste d'ouvrages par département, dits « ouvrages Grenelle », identifiés comme prioritaires pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau. La sélection des ouvrages est réalisée sur des critères de gain écologique et d'opportunité suivant la possibilité d'engager des travaux de restauration de la continuité d'ici fin 2012. Les ouvrages de cette liste bénéficieront d'une participation financière majorée de l'Agence de

l'Eau Loire-Bretagne dans le cadre de son IXème programme qui pourra atteindre 50% suivant les cas de figure.

Cette liste est en cours de validation pour le bassin Loire Bretagne et sera actualisable tous les ans par passage en commission de bassin. Elle impose l'effacement des ouvrages prioritaire ou leur mise en conformité afin de respecter la continuité écologique.

L'installation d'un système de production d'hydroélectricité sur un ouvrage existant sera donc soumise à des aménagements en vue d'assurer la continuité écologique (libre circulation des poissons, des sédiments, et impact minime à nul sur les écoulements). Cette législation ne concerne pas l'implantation de nouveaux ouvrages.

## 11. Dispositions du SAGE et/ou SDAGE

Le SDAGE, excepté à travers la révision du classement des cours d'eau, ne présente aucune disposition particulière quant à la petite hydroélectricité.

Trois SAGE sont présents sur le département : le Sage du Cher aval, celui de l'Authion et celui du Loir. Cependant ils sont en cours d'élaboration et ne présentent actuellement aucune mention concernant l'implantation de microcentrales.

## 12. Parc naturel régional

Les dispositions du Parc Naturel Loire Anjou Touraine sont présentes dans la charte du parc. Celle-ci ne mentionne pas directement le développement de l'hydroélectricité. En lien avec la réglementation, elle encourage l'effacement des barrages n'ayant plus de vocation hydraulique, dans le but de reconquérir la transparence migratoire des poissons. Cependant, les objectifs de la Charte s'orientent vers **la recherche d'une alternative aux traditionnelles énergies fossiles** qui « incitent le Parc à **valoriser ses ressources naturelles dont l'exploitation reste à ce jour encore marginale** ». L'implantation de microcentrale avec un impact minime sur le milieu pourrait répondre à l'article n°12 de la Charte : **valoriser le potentiel de production d'énergies renouvelables sur le territoire**. Cet article a pour objectif opérationnel de développer une politique énergétique territoriale et mentionne le fait que le Parc a vocation d'appuyer le développement d'énergies renouvelables méconnues ou sous-exploitées. La petite hydroélectricité peut donc rentrer dans cet objectif à condition qu'elle respecte les conditions posées par le Parc concernant les impacts sur le milieu.

L'implantation de microcentrale hydroélectrique semble donc possible dans le PNR, mais est soumis à l'accord des acteurs du Parc et au respect de la charte de celui-ci. La création de nouveaux ouvrages semble plus difficile mais est à évaluer avec les acteurs du Parc, et dans le respect de la Charte de celui-ci.

## 13. Ouvrages fondés en titre/sur titre

C'est un droit d'usage et non de propriété sur un ouvrage et l'utilisation de l'eau. Il a un caractère perpétuel car les **demandes d'autorisation ou de renouvellement ne sont pas nécessaires** mais il peut être modifié ou supprimé par l'administration exerçant ses pouvoirs de police de l'eau, sans indemnisation du titulaire quand elle agit en vue de l'intérêt général. Ce droit est rattaché à la propriété de l'ouvrage. **La remise en exploitation d'un ouvrage**, fût-il fondé en titre, **doit faire l'objet d'une information préalable** du Préfet qui peut émettre toutes les prescriptions nécessaires pour la protection des intérêts de la gestion équilibrée de l'eau.

Les ouvrages fondés en titre offrent donc des possibilités et facilités d'implantation de microcentrale. Ces sites étant à la base destinés à utiliser la force hydraulique, l'installation de microcentrale présente l'opportunité d'avoir déjà les infrastructures nécessaires (voies de dérivations des eaux...). Cependant la police de l'eau peut exiger l'aménagement de l'ouvrage afin de respecter la franchissabilité de celui-ci par les espèces piscicoles.

#### **14. Règlement d'eau**

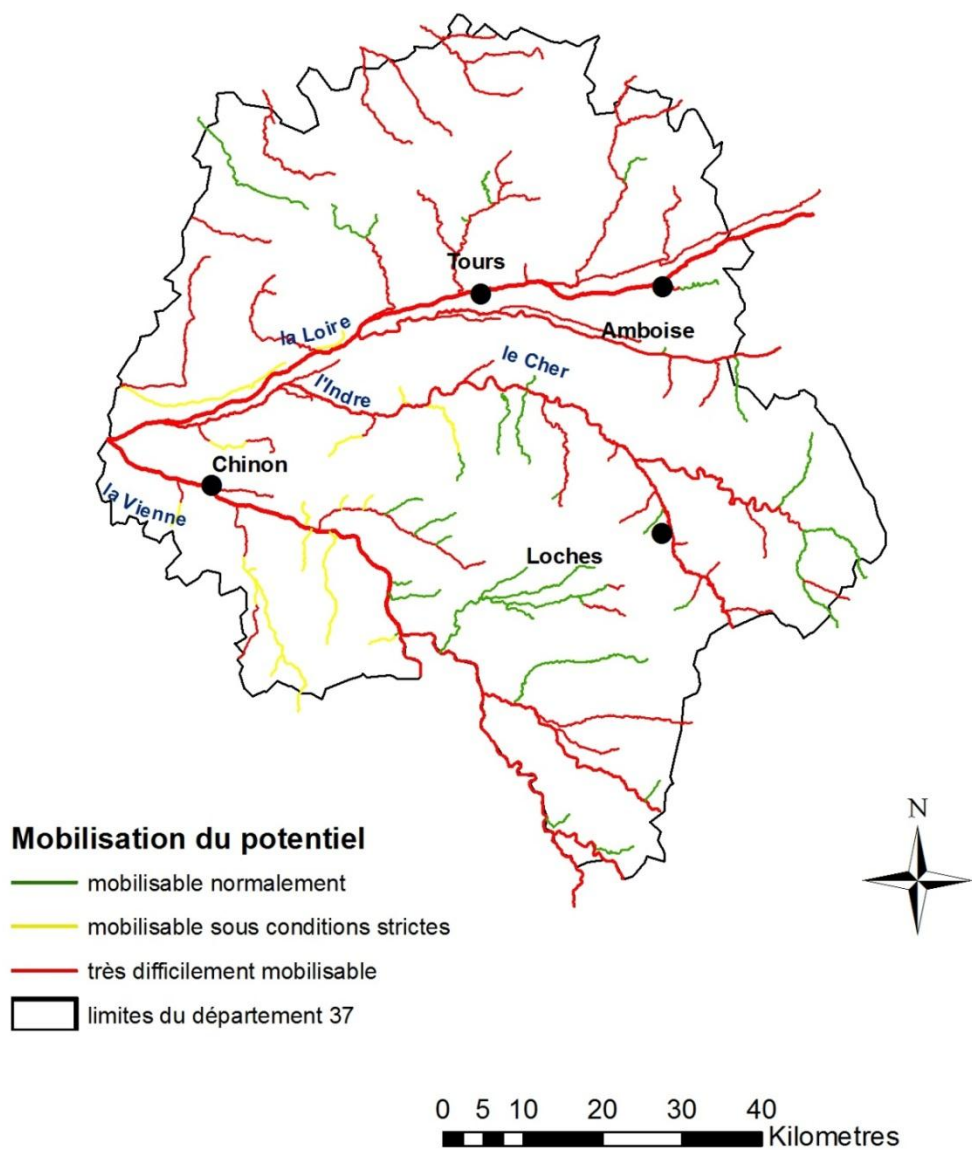
Le règlement d'eau est un acte administratif défini par un arrêté préfectoral. Ce document intervient lors de l'autorisation d'un nouvel ouvrage hydraulique afin d'en fixer les principales caractéristiques (hauteur d'eau, vannage, etc...) après enquêtes publiques et visite des lieux par l'ingénieur du service hydraulique. Le règlement d'eau peut également être adopté suite à des travaux modifiant les caractéristiques de l'ouvrage (notamment sans force hydraulique, la taille des vannages, la hauteur de la ligne d'eau,...) nécessitant une autorisation administrative.

Ainsi, le règlement d'eau doit indiquer les conditions dont le bénéficiaire de l'autorisation peut disposer de l'énergie hydraulique, en fixant les conditions de dérivation, les conditions de prise et d'usage des eaux, les caractéristiques de l'ouvrage, les mesures permettant d'assurer le débit de l'écoulement des eaux dans le milieu (débit minimal et circulation des poissons migrateurs), les conditions de fonctionnement des installations y compris en période de crise, les mesures relatives à l'entretien (vidange par exemple) et à la navigation quand elle intervient, les conditions de surveillance et le suivi du fonctionnement et des ouvrages dans le temps, enfin les conditions éventuelles de renouvellement de l'autorisation.

L'équipement d'un ouvrage existant ou la construction d'un nouvel ouvrage sur un tronçon devra tenir compte du règlement d'eau existant.

### 3. Mobilisation du Potentiel

## Mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre et Loire



Source : L.BARTHELEMY, IMACOF Université de Tours, 2011,  
Carte de mobilisation du potentiel hydroélectrique en Indre-et-Loire.

#### 4. Tableau de corrélation entre la réglementation et les techniques de production d'hydroélectricité pouvant être mise en place

(sous réserve de modification de la législation et des orientations de gestion de l'eau)

n°	Règlementation/ zonage réglementaire	Disposition(s) à prendre, condition(s) à respecter	Solution(s) envisagée(s), technique(s) possible(s)
1	Cœur des parcs nationaux	Aucune détérioration du milieu, autorisation soumise à l'avis conforme de l'établissement du parc et dans les espaces urbanisés, autorisation spéciale soumise au préfet	Hydrolienne, au fil de l'eau
2	Cours d'eau classé dans la liste I	Liste I : aucun impact sur les écoulements, les habitats, la circulation des espèces aquatiques et des sédiments, pas de nouveaux ouvrages	Hydrolienne ou toute technique si ouvrages existant
2	Cours d'eau classé dans la Liste II	Liste II : Aucun impact sur la libre circulation des espèces aquatiques et les sédiments	Hydrolienne, roue de moulin si placé sur bras secondaire (et bras principal non barré) ou toute technique si ouvrage existant et équipé de passe à poisson
2.1	Cours d'eau en très bon état	future Liste I Aucun impact sur les écoulements, les habitats, la circulation des espèces aquatiques et des sédiments, pas de nouveaux ouvrages	Hydrolienne (au fil de l'eau) ou toute technique si ouvrage existant et équipé de passe à poisson
2.2	Cours d'eau réservé	Future liste I, pas de nouveaux ouvrages	Hydrolienne (au fil de l'eau) ou toute technique si ouvrage existant et équipé de passe à poisson
2.3	Réservoir biologique identifiés par le SDAGE	Future liste I : Aucun impact sur les écoulements, les habitats, la circulation des espèces aquatiques et des sédiments, pas de nouveaux ouvrages	Hydrolienne (au fil de l'eau) ou toute technique si ouvrage existant et équipé de passe à poisson
2.4	Cours d'eau classé au titre du franchissement des migrateurs	Future liste I : aucun obstacle à la montaison ou à la dévalaison (ou passe à poisson), pas de nouveaux ouvrages	Hydrolienne (au fil de l'eau) ou toute technique si ouvrage existant et équipé de passe à poisson
3	Réserve naturelle nationale (non présent dans le 37)	En fonction réglementation de la réserve, pas de modification de l'état et de l'aspect.	Hydrolienne (au fil de l'eau)
4	Zone Natura 2000 : ZPS et ZICO	Aucun impact sur les habitats. Argumentation solide nécessaire. Compatibilité avec le DOCOB, document d'incidence à prévoir	Hydrolienne, vis hydrodynamique, roues de moulin, turbines (VLH, lynx, lion, kaplan), si sur bras secondaire et si ce n'est pas un zone NATURA 2000 à

			amphihaline
5	Site inscrit	Site inscrit : aspect architectural de l'ouvrage important	Toutes les techniques si elles s'inscrivent dans le « paysage »
5	Site classé	Site classé : aucun impact ni modification du site	Hydrolienne et moulin si déjà existant
6	Aire d'adhésion aux parcs nationaux (non présent dans le 37)	Projet soumis à l'avis du parc et doit s'intégrer dans la politique de conservation de celui-ci (+ avis conforme de l'établissement du parc et du conseil scientifique)	Hydrolienne, moulin si déjà existant
7	Site présentant un arrêté préfectoral de biotope	Pas de modification, de dénaturation ou de destruction du site, abandon du projet	Aucune technique
8	Réserve naturelle régionale	En fonction du règlement de la réserve régionale	Hydrolienne (au fil de l'eau)
9	Zone Humide "RAMSAR"	Pas de détérioration du milieu	Hydrolienne (au fil de l'eau)
10	Ouvrages prioritaires « Grenelle »	Selon le niveau de priorité de l'ouvrage et les dispositions le concernant. Passe à poisson nécessaire	Toutes techniques si passes à poissons
11	Dispositions du SAGE et/ou SDAGE (non présent dans le 37)	SAGE : En fonction des acteurs et des documents en cours d'élaboration, SDAGE : respect de la continuité écologique (au moins passe à poisson)	Toutes techniques si respect de la continuité écologique
12	Parc naturel régional	En fonction de la Charte et des acteurs du Parc	Toutes techniques
13	Ouvrage fondé en titre	Facilite l'aménagement de l'ouvrage, respect des prescriptions (passe à poisson...), respect du règlement d'eau	Toutes techniques
14	Règlement d'eau	Impose contrainte physique sur ouvrages (puissance, taille vanne, hauteur d'eau, débit...)	Toute techniques



## 5. Arbre de décision

### Ouvrages à aménager BD\_ouvrages

1. L'ouvrage est-il déjà déterminé ?
  - Oui 1.1
  - Non 2
  - 1.1 Sur quelle rivière est-il ? (Voir dans la base de données ouvrage) 1.2
  - 1.2 Quel est sa hauteur de chute et le module de la rivière ? vérifier sur le terrain et dans la base de données 1.3
  - 1.3 Calculer sa puissance, son productible potentiel : 1.4
    - Puissance :  $P$  (en kW)  $= 9,81 * Q * h$
    - Productible Potentiel :  $EP$  (en kWh)  $= 9,81 * Q * h * 3500$
    - $Q$  (m<sup>3</sup>/s) = le module de la rivière
  - 1.4 Quel sera le régime d'autorisation concession au titre de la loi sur l'eau 1.5
    - **$P < 500 \text{ kW}$**  : Autorisation avec notice d'impact
    - **$500 < P < 4500 \text{ kW}$**  : Autorisation avec étude d'impact
    - **$4500 < P < 12000 \text{ kW}$**  : Concession
  - 1.5 L'ouvrage est-il fondé en titre, a-t-il un droit d'eau ?
    - oui 1.6
    - non : attention l'ouvrage ne doit pas être en liste 1 (car tout aménagement sera considéré comme la création d'un nouvel ouvrage) 1.6
  - 1.6 Quelle est la réglementation présente sur l'ouvrage et le cours d'eau ? Voir dans la base de données ouvrage.
    - Ouvrage référencé dans la base de données. Identifier la réglementation 3.
    - Ouvrage non référencé dans la base de données, voir avec la DDT 37 et l'ONEMA 3.
2. Voulez-vous choisir un ouvrage à partir de la base de données :
  - Sur tout l'Indre-et-Loire 2.1
  - Sur une commune ou une rivière précise 2.2
  - 2.1 Sur tout l'Indre et Loire, appliquer les filtres suivants :
    - 2.1.1 Combien de foyer voulez-vous alimenter en électricité :
      - Pas de préférence
      - Au moins 10 foyers
      - Au moins 100 foyers
      - Au moins 500 foyers
      - Au moins 1000 foyers(Appliquer filtre en kW équivalent (1kW=1foyer) 2.1.2
    - 2.1.2 Limiter les contraintes réglementaires : enlever les Listes 1 et 2, sites classés, ZICO, ZPS, sites inscrits et PNR (résultat affiche le classement/hiérarchisation des ouvrages en fonction de la puissance maximale et des différentes réglementations (pas d'élimination) 2.1.3
    - 2.1.3 Enlever les ouvrages déjà utilisés pour la production hydroélectrique 2.1.4
    - 2.1.4 Choisir l'ouvrage parmi la liste restante (ouvrages déjà équipés de passe à poisson, puissance maximale ...) 2.1.5

2.1.5 Identifier la réglementation présente/restante 3.

2.2 Sur une commune (colonne NOM\_COMMUNE) ou sur une rivière précise (colonne NOM\_COURS\_DEAU), appliquer les filtres suivants :

2.2.1 Filtrer par commune ou par rivière 2.2.2

2.2.2 Choisir les ouvrages avec le moins de zonages réglementaires : enlever les sites classés, ZSC, ZPS, sites inscrits (et PNR) 2.2.3

2.2.3 Choisir l'ouvrage parmi la liste restante (ouvrages déjà équipés de passe à poisson, puissance maximale...) 2.2.4

2.2.4 Identifier la réglementation présente/restante 3.

3. Que signifie la réglementation présente (tableau) puis 3.1

Liste des réglementations les plus contraignantes à l'installation de centrale pour la production hydroélectrique (pour la hiérarchisation des filtres)

n°	Réglementation/zonage réglementaire
1	<a href="#">Cœur des parcs nationaux</a>
2	<a href="#">Cours d'eau classé dans la liste I ou II (révision de classement en cours):</a>
2.1	<a href="#">Cours d'eau en très bon état</a>
2.2	<a href="#">Cours d'eau réservé</a>
2.3	<a href="#">Réservoir biologique identifiés par le SDAGE</a>
2.4	<a href="#">Cours d'eau classé au titre du franchissement des migrateurs</a>
3	<a href="#">Réserve naturelle nationale (non présent dans le 37)</a>
4	<a href="#">Zone Natura 2000 : ZPS et ZICO</a>
5	<a href="#">Site inscrit ou classé</a>
6	<a href="#">Aire d'adhésion aux parcs nationaux (non présent dans le 37)</a>
7	<a href="#">Site présentant un arrêté préfectoral de biotope</a>
8	<a href="#">Réserve naturelle régionale</a>
9	<a href="#">Zone Humide "RAMSAR"</a>
10	<a href="#">Ouvrages prioritaires « Grenelle »</a>
11	<a href="#">Dispositions du SAGE et/ou SDAGE (non présent dans le 37)</a>
12	<a href="#">Parc naturel régional</a>
13	<a href="#">Ouvrage fondé en titre</a>
14	<a href="#">Règlement d'eau</a>

(Lien vers définitions)

3.1 Quelles sont les contraintes existantes ?

Insérer tableau « contrainte » (correspondant aux encadrés de réglementation) 3.2

3.2 Quelle(s) technique(s) est –il possible de mettre en œuvre au regard de la réglementation ?  
tableau corrélation réglementation/techniques 3.3

3.3 Les techniques sont-elles compatibles au regard de l'ouvrage existant (présence de système de déviation des eaux, largeur et longueur de l'obstacle)

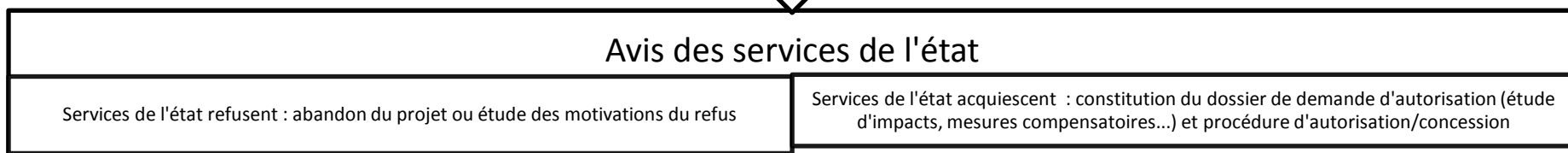
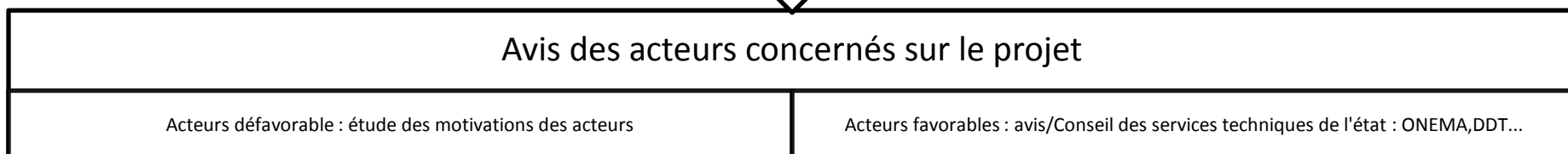
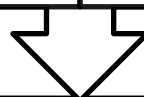
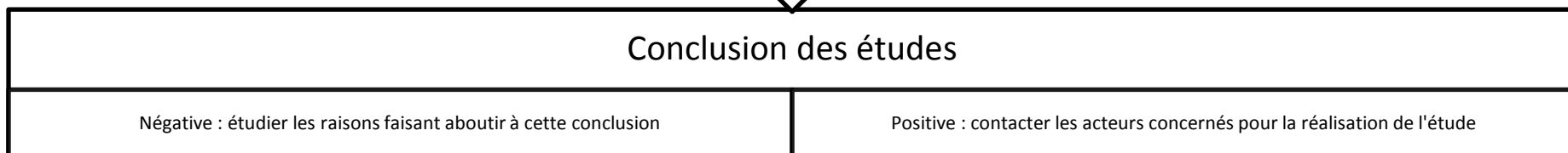
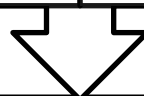
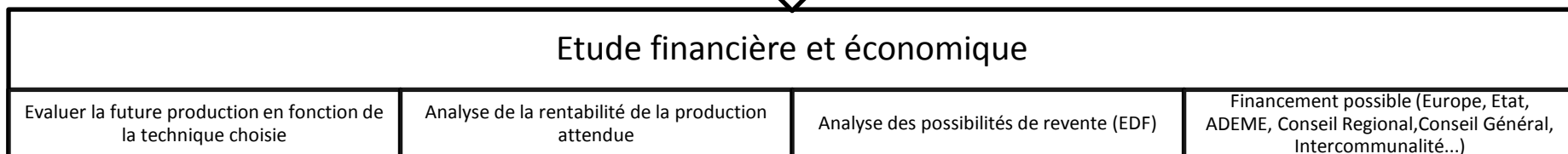
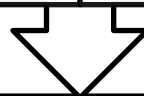
La base de données technique doit présenter les critères nécessaires (largeur, longueur, hauteur de chute...)

- Oui 3.4

- Non changer d'ouvrage ou chercher autre technique auprès de bureau d'étude 2.

3.4 Choix de la technique parmi celles restantes 4.

4. Schéma de la suite de l'étude (réalisation par les services concernés ou par un bureau d'étude)



## Tronçons à aménager BD\_troncons

1. Le tronçon est-il déjà déterminé ?
    - Oui 1.1
    - Non 2
  - 1.1 De quelle rivière fait-il parti ? (Voir dans la base de données BD\_troncons) 1.2
  - 1.2 Quel est la pente et le module de la rivière ? vérifier sur le terrain et dans la base de données 1.3
  - 1.3 Calculer sa puissance, son productible potentiel : 1.4
  - 1.4 Puissance :  $P$  (en kW)  $= 9,81 * Q * \text{pente}$  (en m/m)  
Productible Potentiel :  $EP$  (en kWh)  $= 9,81 * Q * \text{pente}$  (en m/m)  $* 3500$   
 $Q$  (m<sup>3</sup>/s) = le module de la rivière
  - 1.5 Quel sera le régime d'autorisation concession au titre de la loi sur l'eau : 1.5
    - **$P < 500 \text{ kW}$**  : Autorisation avec notice d'impact
    - **$500 < P < 4500 \text{ kW}$**  : Autorisation avec étude d'impact
    - **$4500 < P < 12000 \text{ kW}$**  : Concession
  - 1.6 Quelle est la réglementation présente sur le tronçon et le cours d'eau ? Voir dans la base de données BD\_troncon. 3.
  2. Voulez-vous choisir un tronçon à partir de la base de données :
    - Sur tout l'Indre-et-Loire 2.2
    - Sur une commune ou une rivière précise 2.1
  - 2.1 Sur une commune (colonne NOM\_COMMUNE) ou sur une rivière précise (colonne NOM\_COURS\_DEAU), appliquer les filtres suivants :
    - Filtrer par commune ou par rivière 2.2
  - 2.2 Quel paramètre souhaitez-vous favoriser ?
    - La puissance de production, c'est-à-dire le nombre d'équivalents foyers (en kW) desservis et ainsi la diversité de cours d'eau possible 2.3
    - Le moins de contraintes réglementaires possible 2.4 (mais production limitée à 75 foyers)
  - 2.3 Combien de foyer voulez-vous alimenter en électricité : 2.4
    - Pas de préférence
    - Au moins 10 foyers
    - Au moins 100 foyers
    - Au moins 500 foyers
    - Au moins 1000 foyers

(Appliquer filtre en kW équivalent (1kW=1foyer) colonne **Puissance en kW**)
  - 2.4 Limiter les contraintes réglementaires : enlever les listes 1 et 2, sites classés, ZICO, ZPS, sites inscrits ; résultat affiche le classement/hiérarchisation des tronçons en fonction de la puissance maximale et des différentes réglementations (pas d'élimination) 2.5
  - 2.5 Eviter de construire de nouveaux ouvrages sur des cours d'eau dont la densité d'ouvrage est faible ( $< 0,5$ ) ou dont le linéaire impacté est nul (0%), afin de préserver ces cours d'eau de l'impact des ouvrages (à l'exception des techniques ne barrant pas tout le cours d'eau : hydroliennes au fil de l'eau). 2.6
  - 2.6 Choisir le tronçon parmi la liste restante (puissance maximale, réglementation ...) 2.7
  - 2.7 Identifier la réglementation présente/restante 3.
  3. Que signifie la réglementation présente (tableau) puis 3.1
- Liste des réglementations les plus contraignantes à l'installation de centrale pour la production hydroélectrique (pour la hiérarchisation des filtres)

n°	Règlementation/zonage réglementaire
1	<a href="#">Cœur des parcs nationaux (non présent dans le 37)</a>
2	<a href="#">Cours d'eau dans la liste I ou II (révision de classement en cours)</a>
2.1	<a href="#">Cours d'eau en très bon état</a>
2.2	<a href="#">Cours d'eau réservé</a>
2.3	<a href="#">Réservoir biologique identifiés par le SDAGE</a>
2.4	<a href="#">Cours d'eau classé au titre du franchissement des migrateurs</a>
3	<a href="#">Réserve naturelle nationale (non présent dans le 37)</a>
4	<a href="#">Zone Natura 2000 : ZPS et ZICO</a>
5	<a href="#">Site inscrit ou classé</a>
6	<a href="#">Aire d'adhésion aux parcs nationaux (non présent dans le 37)</a>
7	<a href="#">Site présentant un arrêté préfectoral de biotope</a>
8	<a href="#">Réserve naturelle régionale</a>
9	<a href="#">Zone Humide "RAMSAR"</a>
10	Ouvrages prioritaires « Grenelle » inutile pour tronçon
11	<a href="#">Dispositions du SAGE et/ou SDAGE (non présent dans le 37)</a>
12	<a href="#">Parc naturel régional</a>
13	Ouvrage fondé en titre inutile pour tronçon
14	Règlement d'eau inutile pour tronçon

(Lien vers définitions)

3.1 Quelles sont les contraintes existantes ?

Insérer tableau « contrainte » (correspondant aux encadrés de réglementation) 3.2

3.2 Quelle(s) technique(s) est -il possible de mettre en œuvre au regard de la réglementation ?  
tableau corrélation réglementation/techniques 3.3

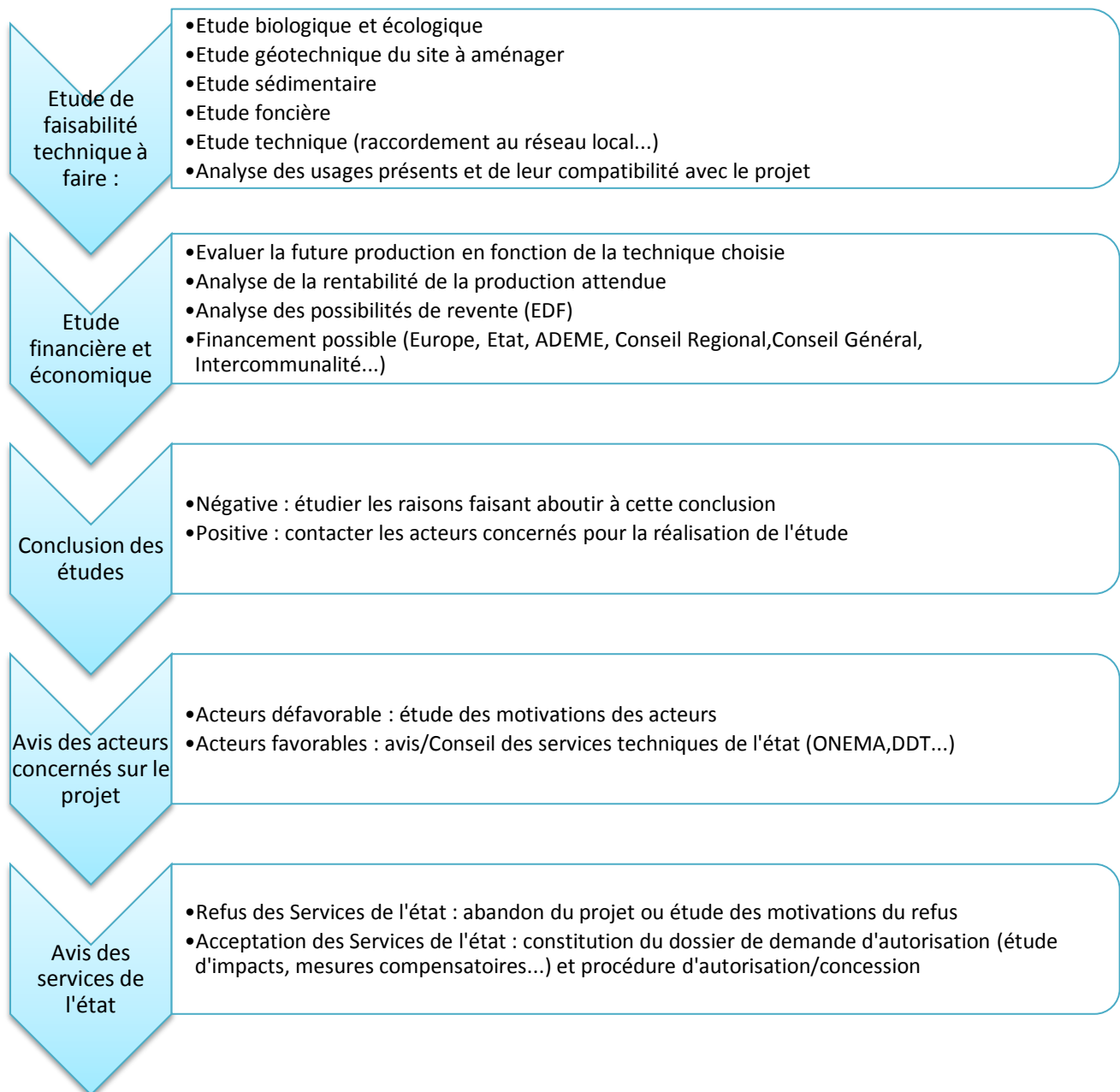
3.3 Les techniques sont-elle compatibles au regard du tronçon existant (largeur, débit minimum, hauteur d'eau)

La base de données technique doit présenter les critères nécessaires (largeur, hauteur d'eau...)

- Oui 3.4
- Non changer de tronçon ou chercher autre technique auprès de bureau d'étude2.

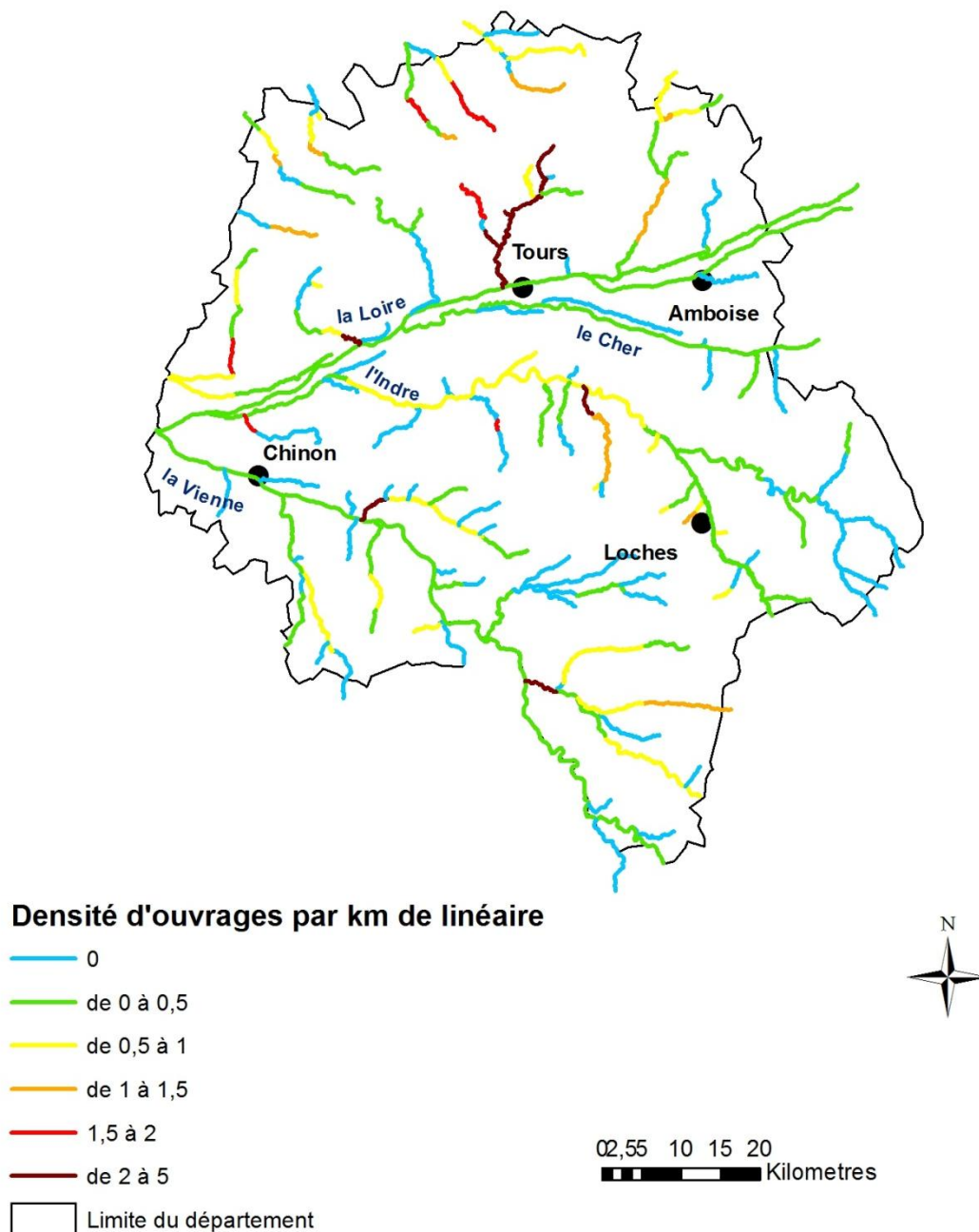
3.4 Choix de la technique parmi celles restantes 4.

4. Schéma de la suite de l'étude (réalisation par les services concernés ou par un bureau d'étude).



## 6. Densité d'ouvrages par km de cours d'eau (carte d'état)

### Densité d'ouvrages par km de linéaire de cours d'eau en Indre et Loire



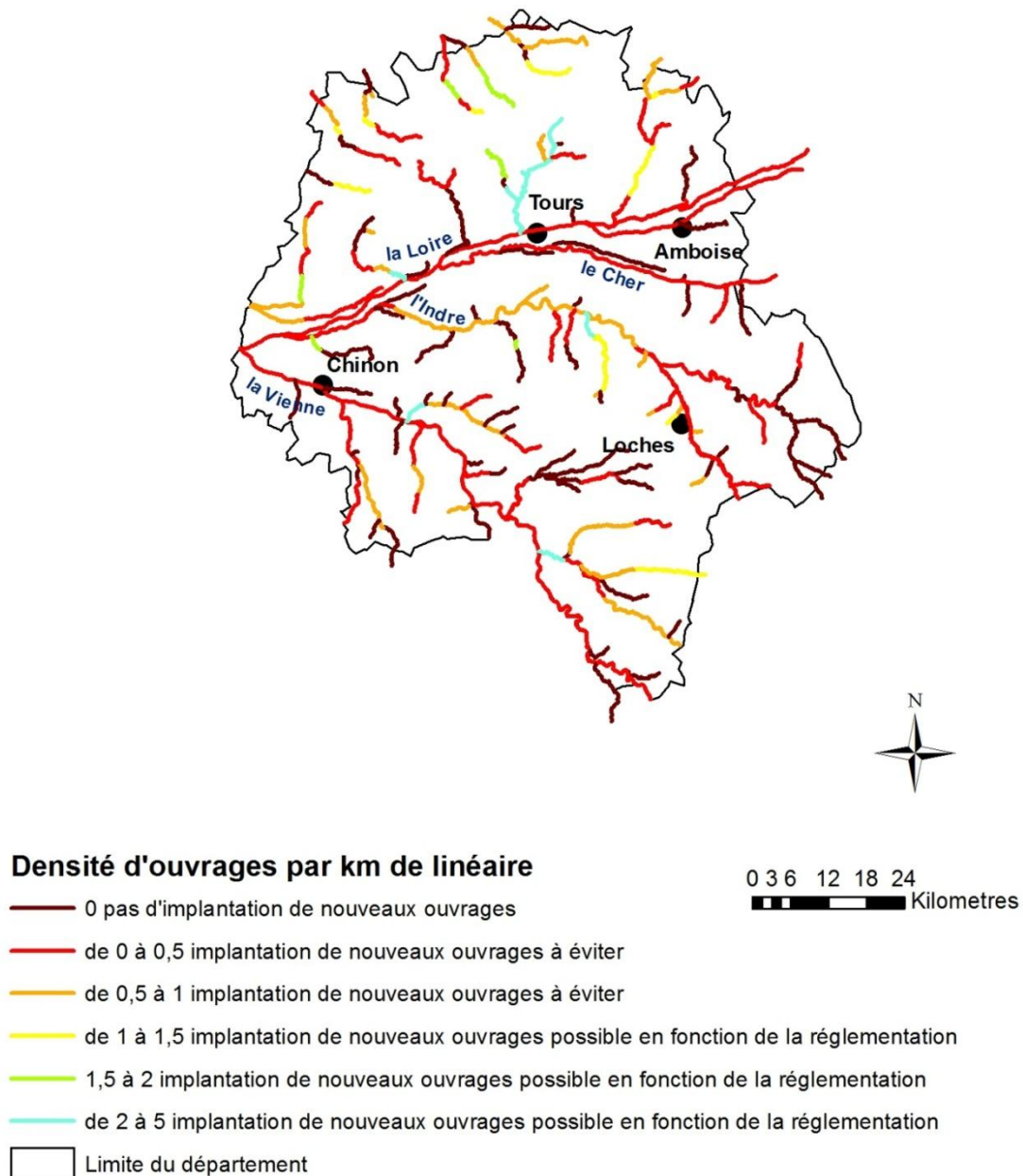
Source : L.BARTHELEMY, IMACOF Université de Tours, 2011,  
Carte de la densité d'ouvrages par km de linéaire

Cette carte présente l'état du réseau hydrographique d'Indre-et-Loire en termes de densité d'ouvrage par km de tronçon.



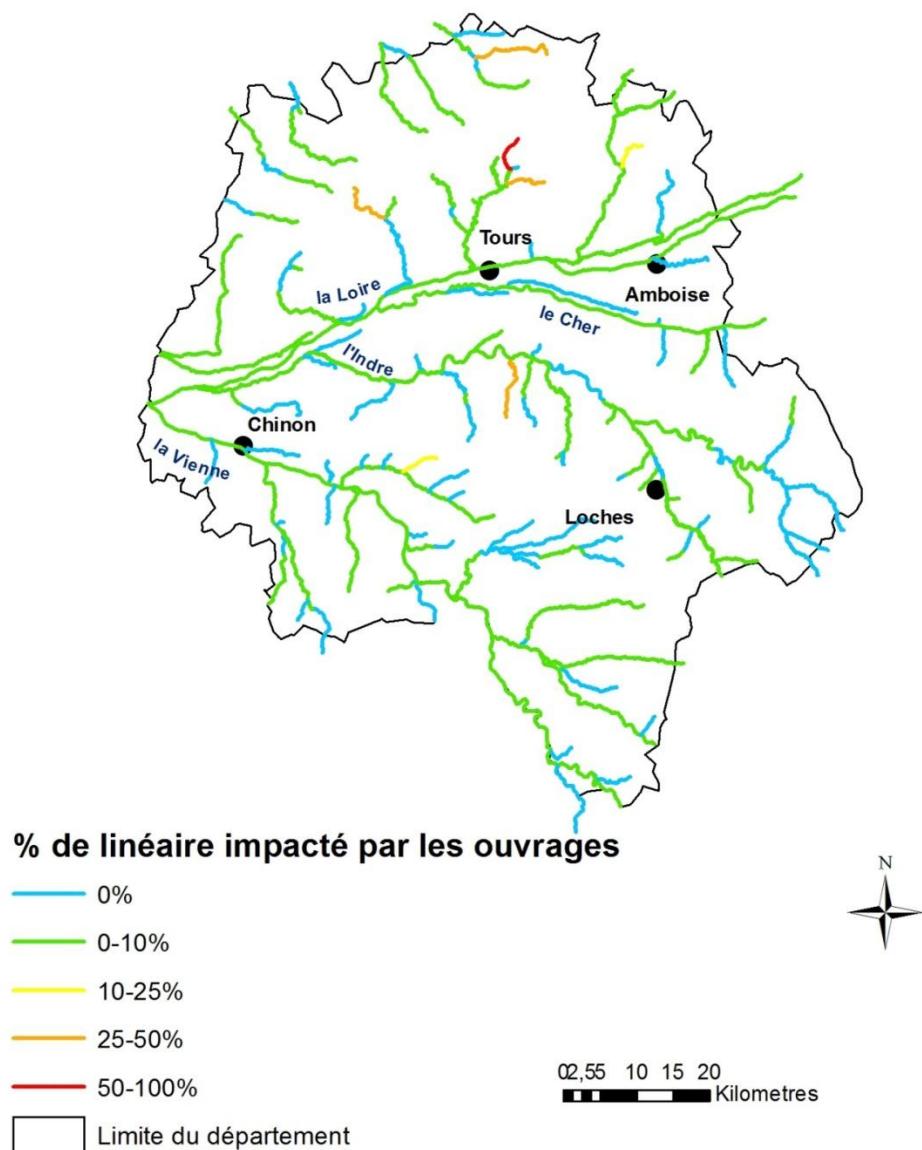
## 7. Densité d'ouvrages par km de cours d'eau, carte d'aide à la décision

### Densité d'ouvrages par km de linéaire de cours d'eau en Indre et Loire Carte d'aide à la décision pour l'implantation de nouveaux ouvrages



## 8. Linéaire impacté (en %) par les ouvrages (carte d'état)

### Linéaire impacté (en %) par les ouvrages sur le réseau hydrographique d'Indre et Loire

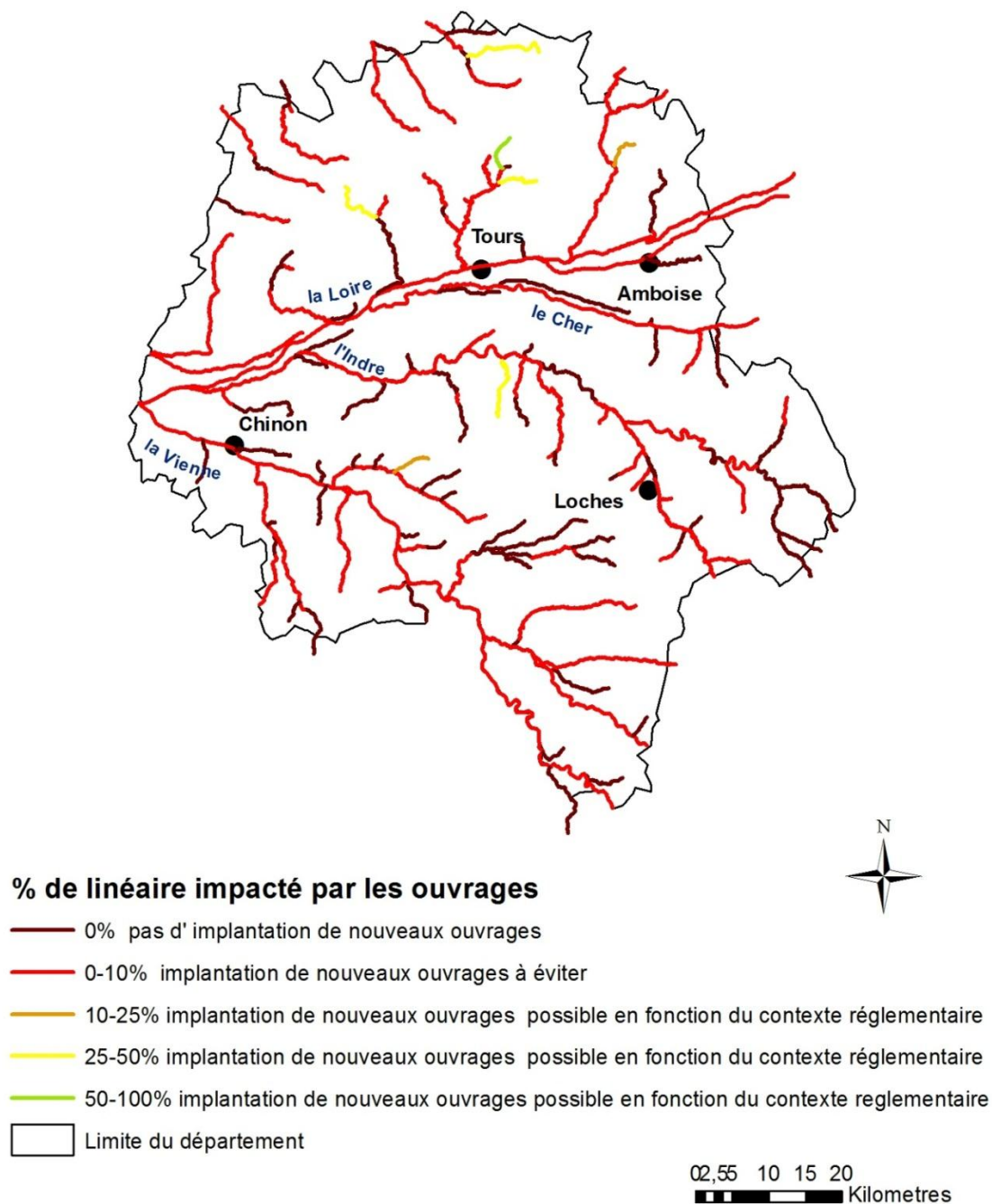


Source : L.BARTHELEMY, IMACOF Université de Tours, 2011,  
Carte du linéaire impacté (en %) par les ouvrages sur le réseau hydrographique d'Indre et Loire

Cette carte présente l'état du cours d'eau en termes de % de linéaire impacté par les ouvrages.

## 9. Linéaire impacté en (%) par les ouvrages, carte d'aide à la décision

### Linéaire impacté (en %) par les ouvrages sur le réseau hydrographique d'Indre et Loire, carte d'aide à la décision



Source : L.BARTHELEMY, IMACOF Université de Tours, 2011,  
Carte du linéaire impacté (en %) par les ouvrages sur le réseau hydrographique d'Indre et Loire

## 10. Données hydrologiques et mesures de débits et vitesses sur le Cher

### Mesures de vitesses

Les mesures de vitesses et de débit ont été effectuées le 6 juillet 2011, en période d'étiage, sur le barrage du Cher à Savonnières, en amont de la passe à poisson située en rive gauche. Ces mesures ont été réalisées afin d'estimer le débit passant par ce bras, utilisé aussi pour la navigation, et pour calculer ensuite la répartition du débit sur l'ouvrage. Ces mesures ont été faites pour évaluer le débit qui passerait dans la passe marinière si elle était ouverte, pour y implanter un système de production hydroélectrique (rapport de stage de m. Viallet Roderick).

	section en m <sup>2</sup>	vitesse moyenne en m/s	Débit en m <sup>3</sup> /s
section1:	0,041	0,96	0,03936
section2:	0,132	0,78	0,10296
section3:	0,29	0,83	0,2407
section4:	0,135	1,42	0,1917
section5:	0,3	1,15	0,345
section6:	0,09	1,32	0,1188
section7:	0,025	1,32	0,033
section totale :	1,013	Q totale :	1,03852

Ces valeurs de vitesses présentent cependant une marge d'erreur importante du fait des incertitudes liées au matériel et à l'expérimentateur. Elles donnent cependant un ordre de grandeur du débit passant en rive gauche (soit environ 12% du débit total).

Le débit du Cher le 6/07/2011 était de 8,630 m<sup>3</sup>/s. Cette valeur a été obtenue sur le site hydro.eaufrance.fr et mesurée au pont St Sauveur à Tours, soit 6 km en amont de Savonnières.

### Débit du Cher à Savonnières (issu de hydro.eaufrance.fr)

code station : K6720910    producteur : DREAL Centre

bassin versant : 13680 km<sup>2</sup>    e-mail : hydromel-centre@developpement-durable.gouv.fr

Calculées le 09/07/2011 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 34 ans													
	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année
débits (m <sup>3</sup> /s)	166.0 #	211.0 #	156.0	134.0	110.0	64.60	34.50 #	25.50 #	32.50 #	39.40 #	72.60 #	129.0	97.10
Qsp (l/s/km <sup>2</sup> )	12.2 #	15.4 #	11.4	9.8	8.0	4.7	2.5 #	1.9 #	2.4 #	2.9 #	5.3 #	9.4	7.1
lame d'eau (mm)	32 #	38 #	30	25	21	12	6 #	4 #	6 #	7 #	13 #	25	225

Qsp : débits spécifiques

Les codes de validité affichés sont :

. (espace) : valeur bonne

. ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne

. # : Valeur 'estimée' (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine

module (moyenne)

97.10 [ 85.70;109.0 ]

## 11. Données hydrologiques et mesures de débits et vitesses sur l'Esves

Les mesures de vitesse et de débit ont été réalisées le 7 juillet 2011, en période d'étiage.

Mesure n°1, à 1m du pied de la chute (mesure extrapolée)

distance à RD	0,70	1,30	2,30	3,30
hauteur d'eau	1,05	0,83	0,65	0,65
longueur section en m	0,70	0,60	1,00	1,00
section mouillée en m <sup>2</sup>	0,74	0,56	0,74	0,65
vitesse moyenne en m/s		0,46	0,72	0,53
Q moyen en m <sup>3</sup> /s)	0,00	0,26	0,53	0,35

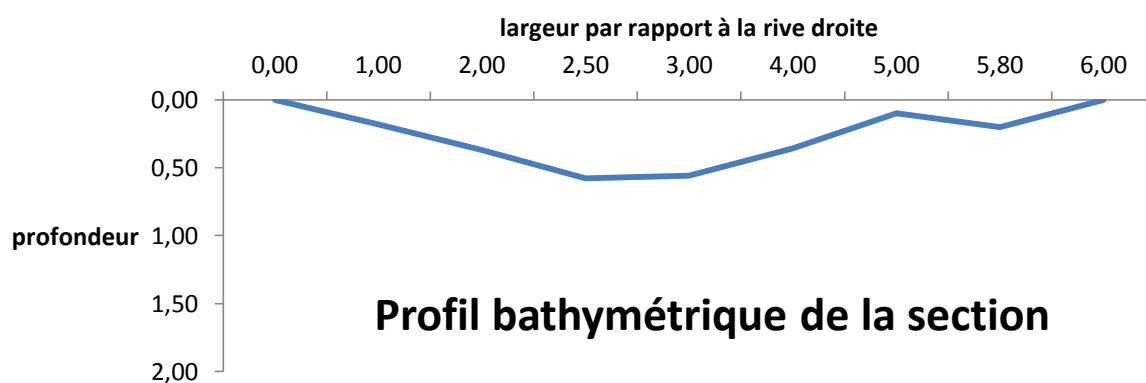
Mesure n°2, à 3,80 du pied de la chute (mesure extrapolée)

distance à RD	0,90	1,10	1,30	3,60
hauteur d'eau	0,45	1,03	0,99	0,99
longueur section en m	0,90	0,20	0,20	2,30
section mouillée en m <sup>2</sup>	0,41	0,15	0,20	2,28
vitesse moyenne en m/s	0,43	0,30	0,60	0,60
Q moyen en m <sup>3</sup> /s)	0,17	0,04	0,12	1,37

Mesure n°3 à 8m de la chute

distance à RD	1,00	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	5,80	6,00
hauteur d'eau	0,18	0,37	0,58	0,56	0,36	0,10	0,20	0,00
longueur section en m	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	0,80	0,20
section mouillée en m <sup>2</sup>	0,09	0,28	0,24	0,33	0,46	0,18	0,12	0,02
vitesse moyenne en m/s	0,06	0,15	0,17	0,21	0,14	0,12	0,02	0,00
Q moyen en m <sup>3</sup> /s)	0,005	0,040	0,041	0,071	0,062	0,022	0,002	0,000
							<b>Qtotal :</b>	<b>0,24</b>

**Profil bathymétrique de la section :**



## 12. Formules utilisées par les différents SDAGE pour l'évaluation de la puissance théorique

### SDAGE CORSE :

Calcul d'un potentiel théorique total (module x dénivelé) par zone hydrographique.

Peu d'informations sont données par le SDAGE Corse concernant le calcul du potentiel théorique sur les tronçons non aménagés.

(Projet de SDAGE de Corse - Consultation du public du 9 juin au 9 décembre 2008)

### SDAGE LOIRE BRETAGNE (bureau d'étude SOMIVAL) :

a. Surface de bassin versant (km<sup>2</sup>)

b. Débit spécifique attribué à l'installation / ouvrage / site (l/s/km<sup>2</sup>)

c. Module (m<sup>3</sup>/s) = a x b

d. Latitude (relevée sur le Géoportail© de l'IGN)

e. Longitude (relevée sur le Géoportail© de l'IGN)

**f. Puissance équipable (kW) = 8 x 1,2 x Module (champ c) x HAUTEUR DE CHUTE (champs i)**

g. Cote haut seuil (NGF)

h. Cote restitution (NGF)

i. Hauteur de chute brute (m) = g-h

51. Formules de base

Pour l'évaluation du productible potentiel (en kWh), la formule utilisée est

$E_p : 8 \times Q \times h \times 3500$

Pour l'évaluation de puissance en kW la formule est  $P : 8 \times Q \times h$  :

.. 8 est pris comme le reflet d'un rendement moyen des installations,

.. Q est pris égal à 1,2 fois le module de la rivière (sauf précision contraire) à l'endroit concerné, évalué à partir d'une interpolation des données disponibles dans la banque Hydro du MEDD, (en m<sup>3</sup>/s),

.. h est la hauteur de chute nette générée par l'ouvrage (en mètres),

.. 3500 est pris comme la durée annuelle de fonctionnement équivalent à pleine charge (en heures) sauf pour l'estimation du productible existant des installations hydroélectriques au fil de l'eau, hors EDF (qui nous a transmis les valeurs à prendre en compte). Dans ce cas la durée de fonctionnement sera égale à 4700 heures lorsque Q est inférieur au module.

Le calcul de la hauteur nette utilisée dans les formules précédentes est :  $H_{\text{nette}} = H_{\text{brute}} \times 0,9$  (soit un rendement hydraulique de 90 %)

**SDAGE ADOUR GARONNE ( bureau d'étude EAUCEA) :**

A partir des modules du bassin versant et des pentes du tronçon aval, il est possible de calculer un potentiel de production théorique (énergie, puissance). On calcule selon la formule :

M = MODULE en l/s du point amont

Ht = élévation du point amont (Top) m

Hb = élévation du point aval (Base) m

H = Ht – Hb = Hauteur de chute en m

**P = PUISSANCE du tronçon théorique MW = M/1000 x 1,2 x 8 x H/1000**

**E = PRODUCTIBLE ANNUEL MWh = P x 3500**

Le potentiel dépendant de la longueur du tronçon, un indicateur est calculé sous la forme d'une «densité de production», c'est-à-dire un productible annuel par mètre linéaire du tronçon théorique.

G = E / longueur du tronçon théorique.

**SDAGE SEINE NORMANDIE** : Aucune précision sur la méthode de calcul utilisée.

**SDAGE MEUSE** : « Calcul du potentiel brut théorique total à partir des pentes et des modules pour chaque zone hydrographique. »

**RIAED (Réseau International d'Accès aux Energies Renouvelables):****Les aménagements gravitaires**

Dans ce cas, la puissance hydraulique disponible résulte de la conjonction de deux facteurs

- La hauteur de la chute, ou dénivellation du cours d'eau ;
- Le débit de la chute.

La conversion de cette énergie en énergie électrique dépend également du rendement des installations soit le rapport Puissance électrique/Puissance Potentielle de la chute d'eau. Il est en moyenne de 0.7, ainsi pour une simple estimation on prend un rendement de 70%.

On peut alors calculer le potentiel hydroélectrique d'un cours d'eau par la formule suivante :

$$P = Q \cdot H \cdot g \cdot e$$

P : Puissance potentielle de la turbine en kW

Q : Débit de la chute en m<sup>3</sup>/s

H : Hauteur de chute en mètres

g : Constante de gravité (≈10N/kg)

e : Efficacité de la turbine (on choisit généralement 0,7 pour une estimation)