



Restauration de cours d'eau et zones humides en tête de
bassin versant du Boivre et du Tenu sur le territoire
du Pays de Retz (sud Loire)



Auteur : Etienne MAROTTE
Master 1 GEP 2016-2017, Université Jean Jaurès Toulouse

Tuteurs : Philippe VALETTE et Mélodie DAVID
Maître de conférences et Attachée Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université Jean
Jaurès Toulouse, laboratoire GEODE

Maître de stage : Pierre GUINAUDEAU
SAH Sud Loire, Technicien de rivières

AVRIL – JUIN 2017

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce rapport et que j'ai pu rencontrer durant ce stage.

Tout d'abord j'adresse mes sincères remerciements à mon maître de stage Pierre Guinaudeau qui a partagé avec moi ses connaissances techniques de terrain et sa passion de technicien de rivière, et qui m'a confié la responsabilité de certaines tâches sur les projets de restauration auxquels j'ai participé. La participation aux réunions avec les élus et les associations concernées m'ont permis de comprendre le fonctionnement des structures chargées de la gestion de l'eau et des milieux humides sur ce territoire.

Je tiens à remercier les deux professeurs de l'université Jean Jaurès de Toulouse, Philippe Valette et Mélodie David, qui m'ont suivi et ont été disponible durant toute la durée du stage pour me conseiller et m'orienter dans la rédaction de mon rapport.

Merci à toute l'équipe du Syndicat d'Aménagement Sud Loire qui m'ont accueilli et intégré au sein de leur structure de travail, et qui m'ont aidé et conseillé lors de cette expérience. Merci à Olivier Fandard (technicien de rivière), Anne-Sophie Jardin (secrétaire du SAH), Hervé de Villepin (directeur du SAH), Jean Charrier (président du SAH), ainsi que l'ensemble des techniciens de terrains Mickael Jaulin, Serge Pedeau, Jean Paul Dosset, Didier et Benoit pour les journées passées avec eux sur les cours d'eau.

Enfin je remercie Marc Guinaudeau sans qui je n'aurais jamais travaillé au sein du syndicat et qui a tout de suite compris mes attentes concernant ce stage.

Table des matières

Introduction	1
I) La gestion de l'eau en France et l'intégration de la restauration des cours d'eau et des zones humides dans le cadre législatif et juridique	3
1) Les grandes évolutions de la gestion des cours d'eau et des zones humides en France :	4
a) Du Moyen Age au XIXème siècle : une gestion fonctionnelle de la ressource en eau.....	4
b) La deuxième moitié du XXème siècle : une gestion plus intégrée et cohérente au territoire national.....	4
c) Les dynamiques impulsées par l'Europe et l'adaptation en France.....	6
2) L'objectif du « bon état écologique » de la DCE et la « restauration » : outil principal pour l'atteindre	8
a) Comment est défini le « bon état écologique » des masses d'eau par la directive européenne ? Quelles en sont les limites et les critiques ?.....	8
b) Pourquoi restaurer ? Les politiques d'aménagement et de remembrement de l'après-guerre en France.....	8
c) L'outil de « restauration écologique » et sa place dans les objectifs de la directive européenne.....	12
3) État de l'art en France et comparaison avec d'autres pays et leurs méthodologies.....	14
a) La restauration de cours d'eau à l'échelle internationale.....	14
b) L'état de la restauration à l'échelle européenne et nationale.....	16
c) L'état de l'art des zones humides dans le monde et les actions françaises.....	19
c.i) Le programme de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (EM)	19
c.ii) L'évaluation monétaire des services écosystémiques et l'application française pour les zones humides.....	20
II) Présentation de la structure et méthodologies adoptées lors de la réalisation des projets.....	21
1) Présentation de la structure d'accueil.....	21
a) Historique du Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire et son action sur le territoire du Pays de Retz.....	21
b) Fonctionnement du réseau hydraulique.....	23
2) Présentation des projets de restauration de cours d'eau et zones humides.....	25
a) Présentation du projet de Saint Père en Retz.....	26
b) Présentation du projet de Sainte Pazanne.....	30
3) Méthodologie employée pour la réalisation des projets de restauration de cours d'eau et de zones humides.....	32
a) Identification des zones humides et recherche d'un état de référence.....	33
b) La méthode de segmentation des secteurs à restaurer pour chaque secteur identifiés.....	37
c) Les techniques à utiliser pour mener à bien les actions prévues..	40

III) Projets de restauration de cours d'eau et de zones humides au sein du Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire.....43

1) Résultats obtenus pour le Petit Beusse à Sainte Pazanne..... 43

2) Restauration de cours d'eau et de prairies humides sur la commune de Saint Père en Retz :49

 a) Secteur 1.....49

 a.i) Première partie : restauration de la prairie humide par le régalage des matériaux de la digue.....49

 b) Secteur 2.....55

 c) Préconisations de pratiques d'entretien pour les prairies humides et le cours d'eau restaurés.....57

 d) Les indicateurs de suivis d'après travaux.....58

Conclusion :60

Introduction

Occupation et usages du sol :

Le Pays de Retz, situé au sud de l'estuaire de la Loire, à l'ouest de la métropole de Nantes, est un territoire du département de Loire-Atlantique dans la région des Pays de la Loire. Le pays regroupe plus de quarante communes en quatre intercommunalités. Il s'étend entre l'ouverture sur la baie de Bourgneuf et l'estuaire de la Loire à l'ouest, jusqu'au lac de Grand-Lieu à l'est, et les communes de Machecoul et Legé au sud/sud-est.

Les caractéristiques paysagères du territoire se sont façonnées conjointement avec : l'évolution de l'agriculture et l'évolution de la gestion hydraulique. L'économie locale s'est développée essentiellement autour de la ressource en eau. L'agriculture et l'élevage, le transport de marchandise (grâce à la création du canal Maritime parallèle à la Loire facilitant la remontée du fleuve durant les heures de marées), la pêche et la chasse ont constitué, et constituent encore aujourd'hui, le socle de la vie économique du territoire.

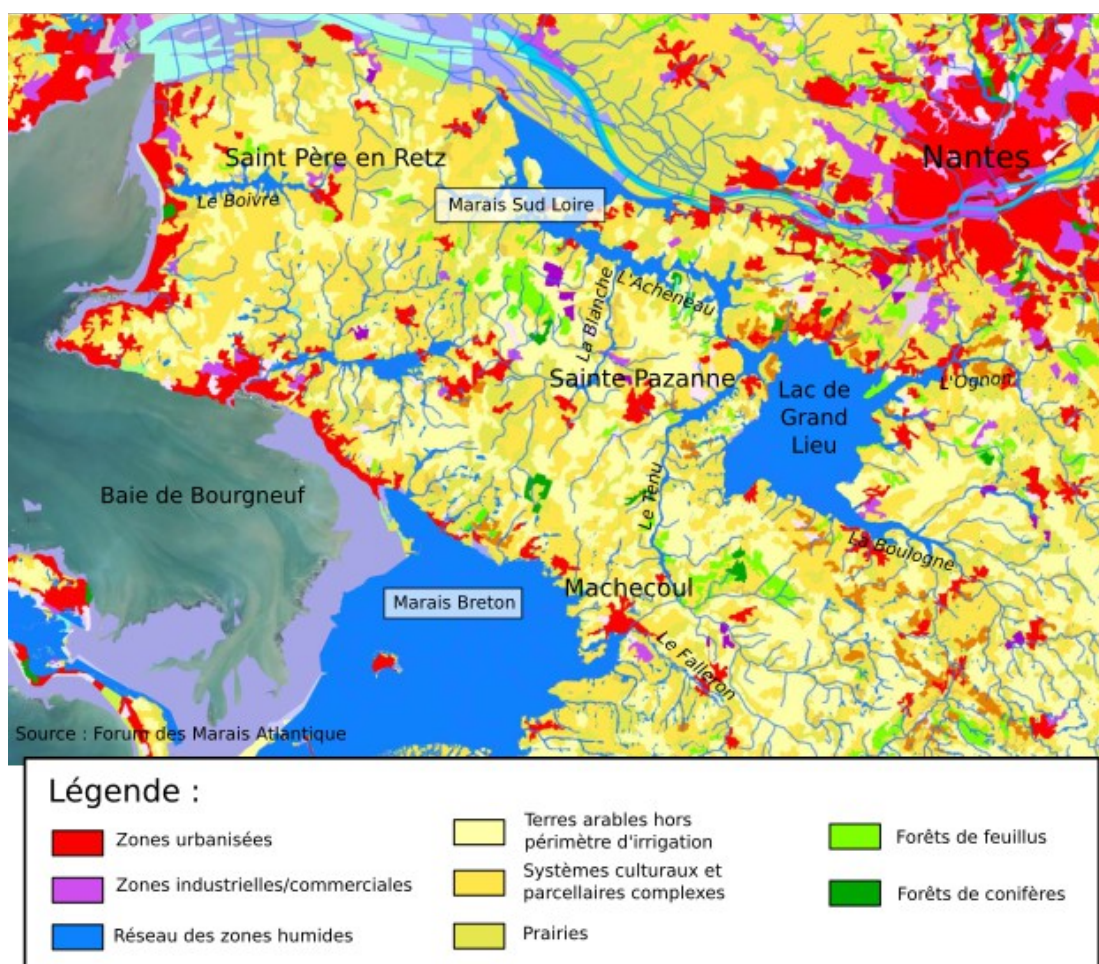


Figure 1 : Cartographie de l'occupation du sol du Pays de Retz

Le paysage est diversifié et se décompose d'une part en milieux de bocages fermés composés de prairies humides (très altérés par les politiques de remembrement du XXème siècle, cf 1ère Partie :2)b) ; de marais dont notamment le marais Breton autour du Dain et du Falleron, et les marais Sud Loire situés entre l'Acheneau et le canal Maritime. De nombreux canaux creusés artificiellement entre les parcelles de marais et prairies humides structurent ces paysages (sur la carte représentés uniquement par un ensemble bleu clair). En confrontation à ces milieux humides s'opposent les parcelles agricoles et maraîchères plus ouvertes, irriguées elles-aussi par des canaux rectilignes. Le point commun entre ces deux structures paysagères est bien le caractère rectiligne de leur canaux d'irrigation et de drainage des eaux.

L'ensemble du territoire est régi par un ensemble hydraulique de quatre bassins versants principaux. A l'est le bassin versant du lac de Grand-Lieu alimenté par l'Ognon et la Boulogne, celui du Tenu sur son aile ouest, le bassin versant du Falleron au sud du Tenu et le bassin versant du Boivre excentré au nord-ouest. Le Syndicat d'Aménagement Hydraulique s'est vu confié la mission de gérer l'ensemble de ce réseau hydraulique, mission que nous détaillerons en 2ème partie.

Missions effectuées durant le stage :

Durant ce stage de trois mois je me suis concentré essentiellement sur les projets du Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire concernant la restauration des zones humides et de cours d'eau en tête de bassin versant du Tenu et du Boivre.

Une des missions pour laquelle le syndicat m'a engagé a été la mise à jour de leur cartographie sur la jussie. Chaque année le syndicat emploie des moyens pour l'arrachage manuel et mécanique de la jussie sur l'ensemble de leur territoire d'action. Je n'ai finalement pas pu réaliser cette mission, la jussie est apparue tardivement sur le réseau hydraulique (mi-juin), je n'ai pas eu le temps de mettre à jour la cartographie du syndicat.

Au début du stage je me suis surtout penché sur le projet de la commune de Sainte Pazanne afin de me familiariser avec les méthodes et les objectifs de la restauration de cours d'eau. Le projet était en cours d'élaboration, un bureau d'étude était en phase terminale sur le dossier réglementaire et les travaux devraient commencer durant l'été 2018. L'exercice ici était de proposer des idées de restauration par le dessin de nouveaux plans et de cartes représentant le nouveau tracé du cours d'eau, accompagné de commentaires justifiant ces modifications. Puis j'ai comparé mes résultats avec ceux du bureau d'étude pour voir s'ils correspondaient, si j'avais bien compris la démarche. Le projet a été finalement présenté par le bureau d'étude aux élus lors d'une réunion en mai à laquelle j'ai participé. Des idées ont été débattues et des questionnements ont été soulevés. Le projet final correspondait dans les grandes lignes à celui que j'avais proposé, excepté quelques modifications de tracés et des précisions que je ne pouvais apporter du fait du manque de connaissances techniques de terrain.

La seconde mission fût celle qui me pris le plus de temps et concernait le projet de restauration de la commune de St Père en Retz. Le Sah étant encore au stade des appels d'offre auprès de bureaux d'étude et de demande de subventions auprès des financeurs, j'ai donc participé à l'élaboration des actions à mener. Une réunion a été organisée fin mai afin de présenter aux élus le projet. Mes cartes et dessins ont été présentés dans la fiche d'actions réalisée par Pierre Guinaudeau (technicien au Sah et chef du projet).

J'ai également pu participer à la présentation de la démarche de classification des cours d'eau pour le bassin versant du Falleron et du Tenu par la DDTM durant le premier comité de pilotage

début avril 2017. Puis j'ai assisté sur le terrain aux méthodes utilisées pour classer un linéaire en tant que cours d'eau ou en tant que fossé. Enfin j'ai participé à la réunion de validation de cette nouvelle classification qui a eu lieu mi-juin.

Une matinée auprès de trois agents de l'Agence de la Biodiversité m'a permis de m'initier au calcul de la pente d'une ligne d'eau destiné à l'élaboration d'un Indice de Continuité Écologique concernant le suivi d'une passe à poisson réalisée l'année dernière par le Sah à la station de Pompage de la Pommeraie.

Les réunions auxquelles j'ai pu assisté, les acteurs et gestionnaires que j'ai rencontré (élus, agriculteurs, représentants de syndicats de marais, association de pêcheurs, bureau d'étude, représentants de la DDTM et de l'AFB), les projets auxquels j'ai participé, ainsi que les discussions au sein du SAH Sud Loire m'ont permis d'orienter mon rapport vers la question de la la restauration de cours d'eau et des zones humides à une échelle locale sur le territoire du Pays de Retz.

Comment a évolué la pratique de « restauration » et comment s'est-elle intégrée au domaine de l'environnement ? Quels sont les outils pour appliquer à l'échelle locale les directives européennes concernant les cours d'eau et les zones humides ? Comment s'articule conjointement la restauration d'un cours d'eau et d'une zone humide, et quelles méthodes sont à appliquer ?

Les réponses détaillées à ces questions seront développées en trois grandes parties. D'une part nous aborderons le contexte historique dans lequel apparaît la restauration des cours d'eau et des zones humides dans la gestion de l'eau, en développant l'évolution de ces pratiques, les intérêts environnementaux et socio-économiques ainsi que les limites du concept théorique. Puis nous distinguerons les méthodes utilisées dans mes différents travaux après avoir présenté plus précisément la structure d'accueil et le territoire sur lequel elle agit. Enfin la dernière partie présentera les différents résultats obtenus suite aux projets auxquels j'ai participé durant le stage, ainsi que des discussions et des remarques observées durant ces trois mois.

I) La gestion de l'eau en France et l'intégration de la restauration des cours d'eau et des zones humides dans le cadre législatif et juridique

1) Les grandes évolutions de la gestion des cours d'eau et des zones humides en France :

a) Du Moyen Age au XIXème siècle : une gestion fonctionnelle de la ressource en eau

Les rivières et cours d'eau ont longtemps été définis selon leur potentiel de « navigabilité »¹. La gestion des cours d'eau durant le Moyen-Age était confiée aux seigneurs possédant des terres. L'usage des cours d'eau étant essentiellement de nature économique à l'époque, les paysans avaient l'autorisation de les exploiter sous certaines conditions variant en fonction des seigneurs propriétaires locaux. Les lois royales, peu directives sur le territoire national, offraient une gestion exclusivement locale sans une véritable cohérence territoriale. Le statut de la rivière variait entre « navigable » et « non-navigable »². Les activités économiques exploitant les ressources de la rivière étaient concentrées autour de la navigation fluviale mais aussi autour de l'utilisation de la force hydraulique par l'implantation de nombreux moulins partout en France, le « flottage du bois »¹ et de l'usage agricole (irrigation et drainage des parcelles). Cette hétérogénéité de la législation de l'eau sur le territoire national durant plusieurs siècles rend difficile la gestion efficace de la ressource. La situation révolutionnaire et post-révolution ne permet pas d'améliorer la législation. Il faut attendre 1865 pour obtenir un premier classement des cours d'eau selon le potentiel du cours d'eau à permettre aux espèces migratrices de remonter la rivière. Cet événement marque un début dans l'intérêt porté aux caractères écologiques du cours d'eau. La loi du 8 avril 1898 apporte des précisions et « dissocie le lit de la rivière qui appartient désormais aux riverains, et l'eau qui n'appartient à personne et sur laquelle peuvent s'exercer des droits d'usage »¹.

b) La deuxième moitié du XXème siècle : une gestion plus intégrée et cohérente au territoire national

Les années 1960 et les décennies qui suivent marquent un tournant dans la gestion des cours d'eau et de leur statut juridique. La première loi sur l'eau, loi n°64-1245 du 16 décembre 1964, intégrait pour la première fois une préoccupation environnementale à la gestion de la ressource. La loi définit le statut des cours d'eau selon un critère purement administratif et abandonne le « critère de navigabilité »¹. Les cours d'eau deviennent alors :

- « domaniaux » : appartenant à « l'État, aux collectivités territoriales ou à leurs groupements », les berges étant gérées par les propriétaires riverains, le lit et les « eaux courantes domaniales » appartenant au domaine public² ;
- « non-domaniaux » : la gestion relève alors du droit privé et correspond aux « cours d'eau non flottables et non-navigables¹ ».

Cette loi prévoit une gestion décentralisée de la ressource par la division du réseau national en six grands bassins versants, définis selon des critères hydromorphologiques comme la ligne de

1 Lévêque, 2016, « Quelles rivières pour demain ? »

2 Loi n°64-1245 du 16 décembre 1964

partage des eaux, et non sur des critères purement administratifs (limites régionales, départementales). La loi prévoit également la création de six Comités de Bassin qui sont chargés aujourd'hui d' « élaborer une politique de gestion de l'eau conciliant les besoins du bassin avec les orientations nationales »³. Les six Agences de l'Eau également créées par la loi sont en quelque sorte le pouvoir exécutif, elles ont en charge la coordination des actions menées sur leurs bassins versants respectifs.

Le législateur de 1964 intègre également un nouveau principe, celui du « pollueur-payeur » qui consiste à faire payer des redevances aux acteurs et usagers déversant des produits polluants dans les cours d'eau. Ces redevances sont perçues par les Agences de l'Eau, qui financent ensuite des programmes d'actions de lutte contre la pollution (plus tard, suivant l'évolution de la législation française et européenne, les Agences de l'Eau auront d'autres programmes à financer). Ce principe s'intègre dans une logique de préservation écologique des cours d'eau, et notamment dans la préservation d'une bonne qualité de l'eau.

Parallèlement, en 1971 a lieu la convention de Ramsar qui définit les « zones humides d'importance internationale » à laquelle la France se ratifie en 1986. Selon la convention une zone humide est une « étendue de marais, de fagnes, de tourbière, 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 par six mètres⁴ ». Cette reconnaissance marque le début, tardif par rapport à l'importance accordée aux cours d'eau, de la prise en compte de la biodiversité et des zones humides en France, et plus généralement dans le monde.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 vient remplacer, et renforcer, la législation de 1964. Conservant les éléments apportés par cette dernière, la loi de 1992 se fonde sur plusieurs principes pour une gestion intégrée de la ressource. Elle définit la ressource en eau comme « [faisant] partie du patrimoine commun de la nation »⁵. La protection, la valorisation et le développement de l'eau sont déclarés d'intérêt général, cette notion est considérée comme prioritaire. Les principes de la loi se basent alors sur le « caractère patrimonial de l'eau, la gestion équilibrée entre les différents usagers, la gestion globale sous toutes ses formes, la préservation des écosystèmes aquatiques et des zones humides, la priorité de l'alimentation en eau potable et [la considération de] l'eau comme ressource économique »⁶. Des outils de planification et de mise en œuvre de ces directives sont également instaurés par la loi. L'élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) est confiée aux Comités de Bassin, ils ont pour but d'organiser les directives à mener en lien avec les objectifs visés par la loi sur l'eau, ils sont appliqués par les Agences de l'Eau pour chaque bassin versant. Les Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) sont créés pour appliquer à échelle locale (sous bassin versant) les directives du SDAGE. Les Commissions Locales de l'Eau (CLE), outil de concertation des gestionnaires et des acteurs à l'échelle locale, sont créées par l'arrêté du 24 septembre 1992 et sont chargées de l'élaboration des SAGE. La loi de 1992 intègre également de nouvelles thématiques telles que la « préservation des zones humides », « la restauration de la qualité des eaux superficielles et souterraines » et le « libre écoulement des eaux »⁷.

Les politiques impulsées par l'État sur la ressource hydraulique durant la deuxième moitié du XX^e siècle représentent la première grande vague s'intéressant à la dimension écologique et économique des cours d'eau et des zones humides.

3 [Http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/france/02_instances.htm](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/france/02_instances.htm)

4 Article 1.1 de la Convention de Ramsar (traduction wikipédia)

5 Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

6 [Http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/OIEau_-_Gestion_de_l_eau_en_France.pdf](http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/OIEau_-_Gestion_de_l_eau_en_France.pdf)

7 Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (www.legifrance.gouv.fr)

c) Les dynamiques impulsées par l'Europe et l'adaptation en France

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE est adoptée par le parlement européen le 23 octobre 2000. La loi européenne s'appuie sur le mode de gestion hydraulique français et prévoit une gestion par bassin hydrographique pour chaque pays.

La DCE se base sur de grands principes tels que la fixation d'objectifs pour les masses d'eau européennes, une planification et une méthodologie précise pour l'application des mesures à mettre en œuvre, une « analyse des modalités de tarification de l'eau et une intégration des coûts environnementaux⁸ » (principe du pollueur-payeur), et une consultation du grand public afin de « renforcer la transparence de la politique de l'eau⁸ ». La DCE prévoit un certain nombre d'objectifs axés autour du « bon état des milieux aquatiques », de la « continuité écologique », de la « non-détérioration de l'état existant des masses d'eau » et de « supprimer les rejets de substances dangereuses, et diminuer les rejets de substances dites prioritaires »⁹, c'est à dire certains pesticides, hydrocarbures, métaux lourds, etc .

La législation européenne instaure un calendrier à respecter pour les états membres, auquel cas des amendes devront être payées. Ce dernier impose aux États la préparation des SDAGE, et des Programmes de Mesures (PdM), qui sont les plans d'actions qui identifient les actions à mettre en œuvre pour chaque bassin versant pour diminuer les pressions sur le milieu, sur une période de 6 ans avec des consultations publiques tous les deux ou trois ans environ. Puis les programmes doivent être adoptés au niveau national par les Comités de Bassin et sont mis en application sur le territoire du district hydrographique. Des plans de surveillance et de « rapportage » de données sont mis en place au niveau européen pour contrôler le respect des consignes de la DCE à l'échelle nationale. L'ultime délais pour « l'atteinte des objectifs fixés par chaque état membre » est finalement fixé en 2027¹⁰, l'objectif pour 2015 n'ayant pas été atteint.

La DCE découle finalement d'une prise de conscience collective au niveau des états européens concernant l'importance de la préservation de la ressource hydraulique. Elle permet de coordonner, grâce à l'établissement d'un cadre réglementaire européen, des actions au niveau des bassins versants nationaux afin d'améliorer la qualité et la répartition de l'eau entre les usagers.

La DCE est transposée au droit français par la loi du 21 avril 2004, qui instaure une révision de l'ensemble des SDAGE. Les états des lieux pour les différents bassins sont ensuite engagés, ainsi que la préparation des SDAGE et des PdM, le premier cycle de 6 ans de la mise en place de la directive européenne est lancé.

Les zones humides sont indirectement inscrites dans la directive à travers la gestion de l'eau par bassin hydrographique, en effet la DCE décrit les cours d'eau et les plans d'eau comme des masses d'eau alors que les zones humides n'en sont pas. Leur place est minime dans les objectifs à atteindre, elles apparaissent plus directement dans le « registre des zones protégées » élaboré lors de l'état des lieux dans chaque SDAGE¹¹.

En ce qui concerne la législation française, c'est la loi relative au « Développement des territoires ruraux » de 2005 qui inscrit la première définition officielle des milieux humides dans le code de l'environnement. Ils sont définis comme étant des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au

8 https://www.eaufrance.fr/s-informer/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/?id_article=35

9 <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/fr.pdf>

10 <http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/calendrierDCE.pdf>

11 http://www.eau2015-rhin-meuse.fr/fr/etat/distict-rhin/documents/doc_08_05_a_1.pdf

moins une partie de l'année »¹². Des précisions sont ensuite apportées : les « critères pour la définition des zones humides sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et la présence éventuelle de plantes hygrophiles »¹³. Un des deux critères est suffisant pour identifier les zones humides. La « délimitation [s'effectue] à l'aide des côtes de crue ou de niveau phréatique »¹³.

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (Lema) est promulguée le 30 décembre 2006. Elle complète la réglementation en posant les conditions pour atteindre les objectifs européens de la DCE. La loi adapte la législation aux changements climatiques et reconnaît le « droit à l'eau pour tous¹⁴ », deux grands principes qui illustrent les mesures adoptées.

Celles-ci s'inscrivent dans les grandes thématiques de la rénovation des institutions, le renforcement de la lutte contre les pollutions diffuses (grâce à une réforme des redevances versées aux agences de l'eau), « la reconquête de la qualité de l'eau et des cours d'eau¹⁵ », la « gestion quantitative » de l'eau, la « préservation et la restauration de la qualité de l'eau¹⁵ », des mesures concernant l'assainissement et le prix de l'eau sont également prises ainsi qu'une réorganisation de la pêche en eau douce. En effet le Conseil Supérieur de la Pêche laisse place à l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), « la taxe piscicole est abrogée et une redevance aux agences de l'eau s'y substitue »¹⁵.

Les lois étant établies il est désormais question de la distribution des compétences concernant la gestion des milieux aquatiques. La loi MAPTAM du 27 janvier 2014 prévoit une modification du code de l'environnement sur quatre alinéas. La compétence GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et de la Prévention des Inondations) y est incluse. Elle consiste en « l'aménagement d'un bassin hydrographique, l'entretien [des masses d'eaux] », la « défense contre les inondations », « la protection et la restauration des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines¹⁶ ». L'application de ces compétences est prévue pour janvier 2018. Les EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) à fiscalité propre exerceront celles-ci et pourront déléguer si besoin à des établissements publics tels que des syndicats mixtes, des EPTB (Établissement Public Territorial de Bassin), ou EPAGE (Établissement Public d'Aménagement et de Gestion de l'Eau). Aujourd'hui les communes et intercommunalités sont en discussion pour savoir à qui confier ces nouvelles compétences et comment réorganiser les structures locales en mutualisant les moyens financiers pour rendre plus efficace les travaux à mener.

La gestion de l'eau en France a donc évolué en passant du registre de la « propriété privée » à un « bien public » en privilégiant l'intérêt général (Fig. 2). Le législateur français ne reconnaît que très tardivement l'importance et l'intérêt écologique des zones humides, la gestion de la ressource en eau est restée pendant très longtemps la principale préoccupation des gestionnaires et usagers. A l'échelle européenne les zones humides restent également peu évoquées et mal définies.

12 Article 127 de la loi n°2005-157 du février 2005 relative au développement des territoires ruraux

13 Décret n°2007-397 du 22 mars 2007 modifiant l'Article L211-1 du Code de l'Environnement

14 Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (1)

15 http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/DGALN-Loi_sur_1_eau_cle01b31b.pdf

16 Article L211-7 du Code de l'Environnement

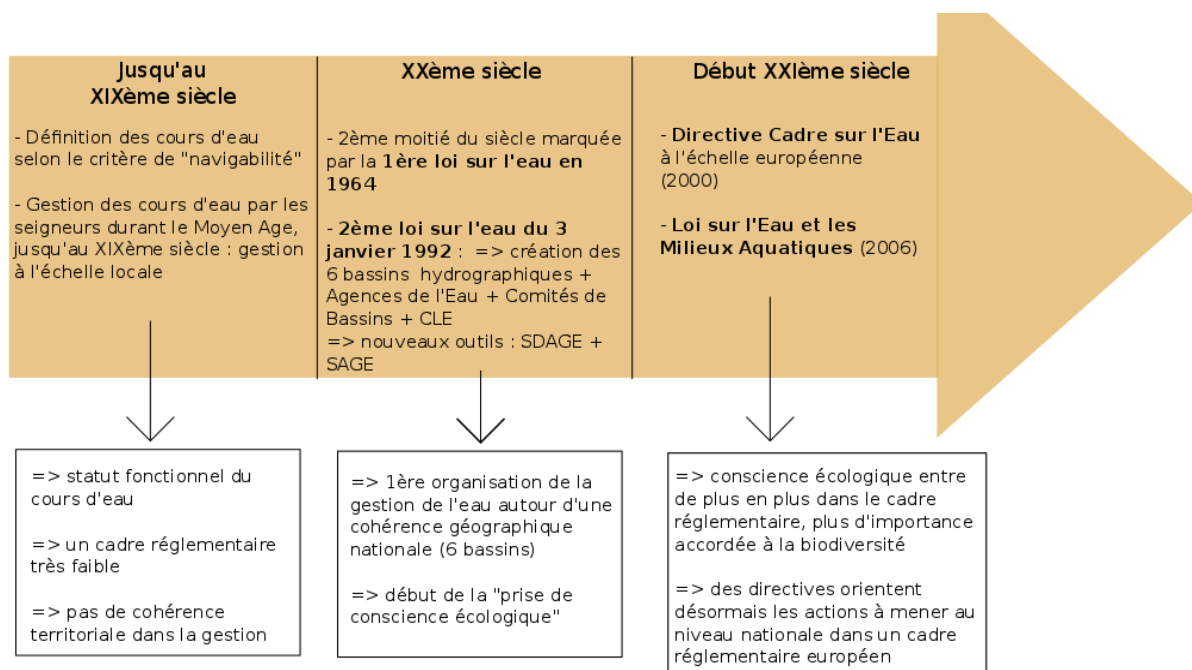


Figure 2 : Chronologie de la gestion de l'eau en France

2) L'objectif du « bon état écologique » de la DCE et la « restauration » : outil principal pour l'atteindre

a) Comment est défini le « bon état écologique » des masses d'eau par la directive européenne ? Quelles en sont les limites et les critiques ?

La directive européenne impose comme objectif l'atteinte du « bon état écologique des masses d'eau » d'ici 2027. L'état écologique correspond à « l'expression de la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface »¹⁷.

Pour les eaux superficielles le « bon état » dépend de : l'état physique et chimique, l'état biologique et l'état hydromorphologique. Cinq catégories classant les cours d'eau sont créées allant du « très bon état » au « très mauvais état » (Fig. 3). Les éléments qui définissent chaque état peuvent différer selon la nature de la masse d'eau (« cours d'eau, plan d'eau, eaux de transition, eaux côtières, eaux fortement modifiées ou artificielles »¹⁸). Nous détaillerons ici les états à atteindre pour les cours d'eau :

- *L'état biologique* se définit en évaluant la diversité de la faune et de la flore aquatique. Des bio-indicateurs sont utilisés en France concernant les populations d'espèces macrophytes et phythobenthos pour la flore, et concernant la faune benthique invertébrée (l'IBGN par exemple, avec des variantes selon la région) ou encore l'indicateur poisson pour la faune. L'indice de phytoplancton peut être utilisé sur les grands cours d'eau.

17 Circulaire DCE 2005/12 n°14 du 28 juillet 2005

18 Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010

- *L'état hydromorphologique* implique la qualité du « régime hydrologique, [une bonne] continuité de la rivière [et de bonnes] conditions morphologiques¹⁸ » (sinuosité, berges stables, bon écoulement,...), ainsi que la nature de la végétation présente. La continuité est l'un des paramètres importants qui permet de qualifier l'état écologique du cours d'eau. La DCE la définit selon « sa capacité à assurer « une migration non perturbée des organismes aquatiques et le transport des sédiments » »¹⁹.
- *L'état physique* inclut « les habitats pour la faune et la flore, ainsi que les débits et les transports sédimentaires »²⁰ (mesure de la température, du bilan d'oxygène, du pH, de la salinité). Il consiste à vérifier que la concentration des polluants « synthétiques et non synthétiques spécifiques »²¹ ne dépassent les normes NQE établies par la DCE. Les Normes de Qualité Environnementale sont définies dans le cadre de la DCE, dans l'objectif de prévenir et de réduire les pollutions des eaux. Elles « définissent la concentration dans l'eau, les sédiments, ou le biote, qui ne doit pas être dépassée²² ».

Les eaux souterraines sont évaluées différemment, selon leur état chimique et quantitatif :

- *L'état chimique* : l'état est considéré comme « bon lorsque les concentrations en polluant ne dépasse pas les NQE », lorsque l'état chimique des eaux souterraines ne vient pas « altérer celui des eaux de surface avec lesquelles elles sont en interaction, et lorsqu'il n'est constaté aucune intrusion d'eau salée du aux activités humaines²³ ».
- *L'état quantitatif* : le « bon état » quantitatif est atteint lorsque les « prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement²² ».

La méthodologie décrite par la DCE (Fig. 3) est commune à l'ensemble des pays membres. Chacun l'adapte ensuite à ses bassins hydrographiques suivant les caractéristiques locales. L'évaluation de ces trois états doit être réalisée pour chaque grand bassin, en France par les agences de l'eau ; des indicateurs peuvent également être ajoutés selon les caractéristiques locales. Le « principe de l'élément déclassant »²⁴ est mis en œuvre. Il prévoit que si l'un des trois états est facteur de dégradation de la qualité du milieu, l'ensemble de la masse d'eau est déclassée dans le tableau de l'état écologique.

L'état écologique se définit selon les « conditions de référence » d'un milieu. L'état de référence est défini selon la DCE comme l'état naturel, originel du cours d'eau, « en l'absence ou la quasi-absence de perturbations anthropiques »²⁵. Un moindre écart à cet état de référence correspond à un bon état écologique. Au contraire, un écart important à celui-ci correspond à un mauvais état, signe de perturbations dues à une pression anthropique sur le milieu. La DCE traduit finalement un bon état écologique comme un faible impact des activités humaines sur le milieu naturel. Retrouver un bon état écologique sur un cours d'eau correspond alors à la suppression de ces perturbations.

19 Beaudelin, 20/06/2013, « Le cadre législatif et réglementaire de la restauration de la continuité écologique », ONEMA

20 Levêque, 2016, « Quelles rivières pour demain ? »

21 Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010

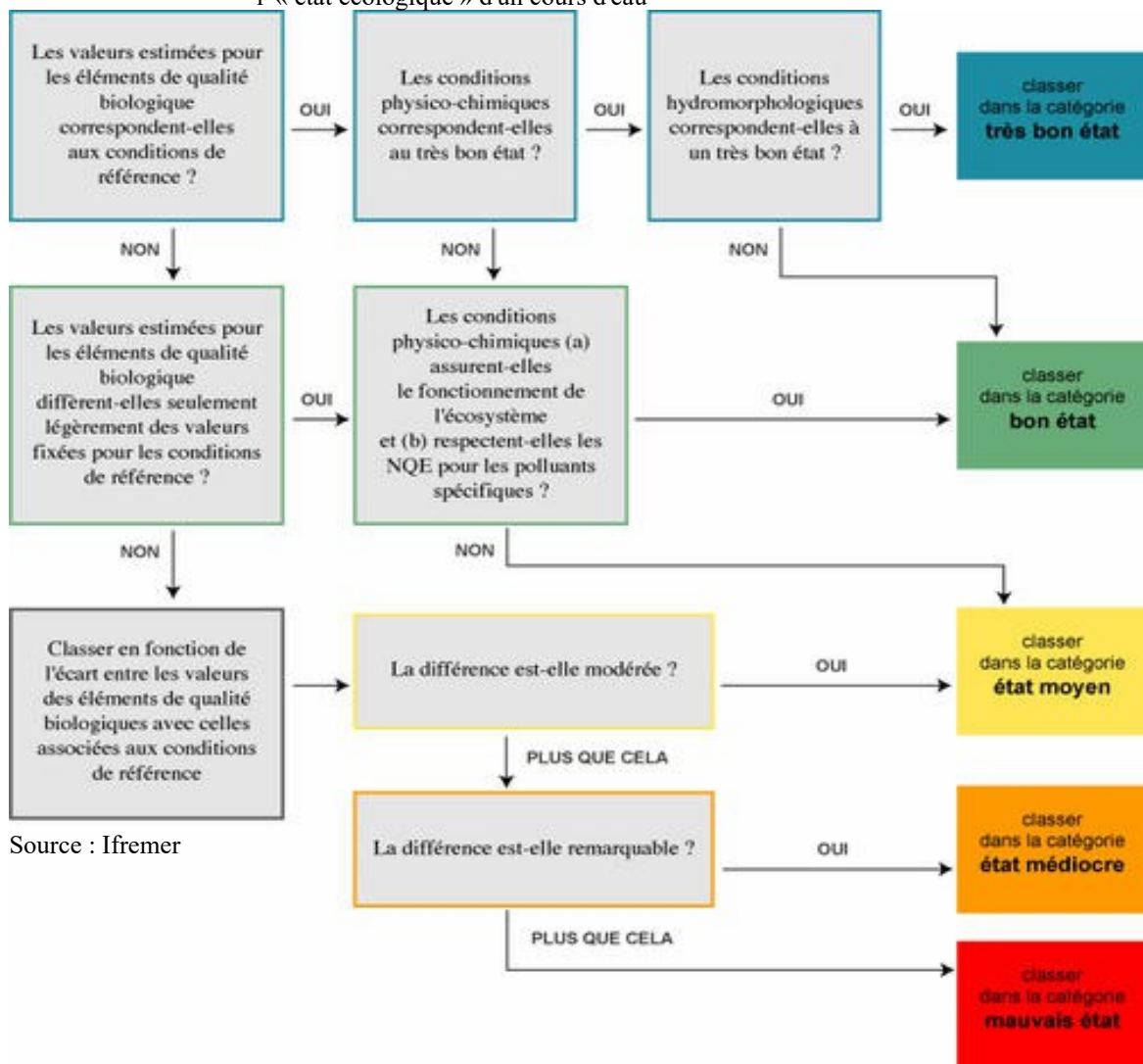
22 <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/9>

23 <http://www.eau-poitou-charentes.org/Le-bon-etat-des-eaux.html>

24 <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/le-bon-etat-ecologique-a3268.html>

25 Bouleau et Pont, 2014

Figure 3 : Simplification de la méthodologie de caractérisation de l' « état écologique » d'un cours d'eau



Source : Ifremer

La définition d'un état de référence semble cependant une théorie utopiste. De nombreux scientifiques critiquent cette notion aujourd'hui. Les interactions issues de la relation « cours d'eau-sociétés » sont incontestables, et la « co-évolution » entre les deux milieux datant au moins du Néolithique²⁶ rend difficile l'identification d'un milieu purement naturel. Si un bon état correspond à un milieu peu altéré par quelconques pressions anthropiques il est alors difficile aujourd'hui d'en trouver un exemple en Europe. Bouleau et Pont (socio-politiste et écologue des milieux aquatiques) rappellent également le caractère mobile du cours d'eau à la fois dans son lit-même mais aussi dans l'espace. L'évolution dans le temps du cours d'eau en lui-même (creusement du lit, transport sédimentaire, évolution des habitats, ...), dans l'espace, et les variabilités des changements climatiques seraient nécessaires à intégrer dans le calcul pour prendre en compte la notion temporelle lors de la définition du cadre référentiel.

²⁶ Bouleau et Pont, 2014

La santé écologique d'un cours d'eau ne dépend pas seulement des interactions internes en son sein. Le cours d'eau est inscrit dans un espace domestiqué par l'homme, et c'est cette dimension qui est complètement oubliée dans la directive. L'influence des activités agricoles, de chasse, de pêche, etc, est écartée du « fonctionnement écologique des écosystèmes » dans la définition de l'état de référence, alors que ces activités y sont pleinement intégrées. Cette réflexion a notamment été menée par P. Steyaert lors du « colloque de Nantes du programme Liteau-Beest, 2009 »²⁷. Il est vrai que l'enjeu qu'implique la directive est en principe centré sur cette question de l'interaction entre société et cours d'eau, et cependant elle est oubliée. Mais cela peut se justifier par la complexification de la démarche si l'on y inclut ces paramètres socio-économiques.

b) Pourquoi restaurer ? Les politiques d'aménagement et de remembrement de l'après-guerre en France

Avant de définir et de discuter de la pertinence de la notion de « restauration », il est nécessaire de comprendre le *pourquoi* de la restauration des cours d'eau et des zones humides. Les causes de la détérioration des cours d'eau et des zones humides sont multiples. L'intensification de l'agriculture et de l'industrie a nécessité de plus amples surfaces parcellaires et provoquée la suppression de nombreuses zones humides et le recalibrage de nombreux cours d'eau. L'accroissement démographique mondial s'accompagne d'une forte demande d'infrastructures, et donc d'espace. L'introduction d'espèces invasives et la surexploitation des ressources sont également des facteurs dégradants de ces milieux. L'ensemble de ces phénomènes ont provoqué une augmentation des pollutions diffuses et une dégradation des milieux humides. Pour ne pas trop s'éparpiller, j'ai décidé de me pencher particulièrement sur les causes des dégradations sur le territoire étudié durant le stage, sur le territoire du Pays de Retz.

En France, la seconde moitié du XX^{ème} siècle est marquée par des politiques de réaménagement des structures agraires ayant un impact significatif sur les paysages et l'environnement. En effet, des politiques de « remembrement » ont été initiées à partir des années 1950 et intensifiées par les lois d'orientations agricoles de 1960 et 1962. Cette politique d'aménagement foncier agricole existait déjà au XVIII^{ème} siècle et durant l'entre deux guerres²⁸ mais devient réellement un « outil d'utilité publique » grâce à cette dynamique de reconstruction territoriale. L'objectif visé par cette politique nationale est de regrouper « les propriétés pour faciliter l'exploitation des terres »²⁹ par la suppression des haies, l'arasement des talus, le « recalibrage des cours d'eau ³⁰ » et le creusement de fossés pour l'irrigation et le drainage. Cette réorganisation de l'espace agricole consiste également à tracer de plus grands axes permettant l'accès aux parcelles avec les nouveaux engins mécanisés. L'enjeu de l'époque était dans un premier temps d'atteindre l'autosuffisance alimentaire dans la période de reconstruction de l'après guerre, puis de s'intégrer à la compétitivité du nouveau marché européen et mondial, pour « entrer dans une économie non plus de subsistance mais de marché »³¹.

Les opérations de remembrement ont concerné « près de 18 millions d'ha cumulés »³⁰ en France modifiant les paysages et diminuant, dans certaines régions fortement remembrées, la richesse biologique des terres et les réseaux hydrauliques. De nombreux impacts environnementaux ont été relevés. L'arasement des talus et l'arrachage des haies entraînent très souvent une érosion des

27 Levêque, 2016

28 Lois « Chauveau » de 1918 et 1919, Gauvrit 2012, *Aménagement foncier et réorganisation des exploitations (remembrement, OGAF)*

29 Rougean, Sagarminaga, 1994, *Remembrement et aménagement foncier en France*

30 Flatrès H., Flatrès P., 1997, *Mutations agricoles et transformations des paysages en Europe*

31 Gauvrit 2012, *Aménagement foncier et réorganisation des exploitations (remembrement, OGAF)*

sols plus importante qu'auparavant, ainsi que des risques d'inondation accrus du fait de la suppression des obstacles au ruissellement. L'ouverture des parcelles agricoles crée des corridors favorables aux vents qui peuvent être dévastateurs pour les cultures. La restructuration du réseau hydraulique autour des parcelles, avec la déviation de cours d'eau, la création de fossés rectilignes pour l'irrigation et le drainage, accentue les risques d'inondation (débits d'écoulements accélérés) et participe à la modification, voire à la suppression, de certains habitats aquatiques. De plus la modernisation de l'agriculture et l'intensification des utilisations de produits phytosanitaires et d'intrants chimiques augmentent les risques de pollutions diffuses relayées par le nouveau tracé du réseau hydraulique.

Il est tout de même important de distinguer les régions françaises plus ou moins touchées par ces politiques. Trois grands espaces peuvent être identifiés selon Huguette et Pierre Flatrès³². Le nord de la France, et notamment les plaines d'Île-de-France, connaît des modifications des systèmes agraires dès le XVIII^{ème} siècle. Les agriculteurs se sont organisés très tôt pour ce remembrement précoce, le « terrain était déjà préparé » lors de l'arrivée des nouveaux engins mécanisés de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Aujourd'hui cet grand espace ancré historiquement dans le système d'openfield semble peu impacté par les « activités récréatives³¹ » qui souhaiteraient modifier ces systèmes afin d'y apporter une certaine sensibilisation écologique de la part des citoyens.

L'ouest de la France représente le grand espace de bocage, et l'espace le plus impacté par les politiques de remembrement, dont le Pays de Retz. Un retour au bocage originel semble aussi difficile que de retrouver un état de référence pour un cours d'eau (*cf* *Partie 2, a*). C'est pourquoi H. et P. Flatrès assurent qu'une bonne application de la politique agro-environnementale impulsée par la Communauté Européenne à partir des années 1980³¹ pourrait aider à trouver un « compromis entre l'ancien bocage et la table rase » donnant naissance à des « néo-paysages³¹ » structurés par des haies mais en l'absence de talus.

Les paysages méridionaux sont plus contrastés et se divisent en deux grands ensembles. Le paysage de plaine prit un nouvel aspect par la course à la production en voyant s'implanter sur des parcelles des serres en plastique ou en verre ; d'autres parcelles ont subi un remembrement plus ou moins léger avec seulement quelques modifications parcellaires mais rien de bien significatif. Dans l'arrière pays la déprise agricole a permis entre autre de conserver un paysage « naturel et sauvage tant recherché par les citadins », mais confronté en partie à la problématique de la fermeture des paysages.

Sur le territoire national c'est la région du grand ouest qui voit ses paysages agraires les plus impactés par les politiques de remembrement de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Aujourd'hui l'un des outils pour atteindre les objectifs de la directive européenne est la restauration des cours d'eau, fortement modifiés par les dynamiques agricoles de cette période. Comment peut-on définir ce concept de « restauration » ? Quel est son rôle pour retrouver un bon état écologique des cours d'eau ?

c) L'outil de « restauration écologique » et sa place dans les objectifs de la directive européenne

L'outil de « restauration » existe depuis longtemps dans de nombreux domaines. Il est très utilisé par exemple dans les sciences de l'art (restauration d'œuvres d'art), de l'architecture (restauration de monuments historiques) ou encore de l'archéologie, qui ont pour objectif de retrouver l'état originel du patrimoine culturel et historique. Dès le XIX^{ème} siècle la restauration dans le domaine des sciences de la vie et de la terre apparaît notamment avec la restauration des

32 Flatrès H., Flatrès P., 1997, *Mutations agricoles et transformations des paysages en Europe*

terrains de montagne (RTM) instaurée par les lois de 1860 et 1882³³. Les missions principales étaient la lutte contre l'érosion, la correction des linéaires torrentiels ainsi que des travaux de reboisement dans la logique d'une réponse aux risques de glissements de terrains.

G. Bouleau et C. Barthélémy se sont penchées sur la question du poids de la demande sociale comme facteur premier de l'évolution du poids de la restauration dans la gestion des cours d'eau. Elles constatent trois périodes distinctes. Au cours de la première période, comprise entre 1840 et 1941, la pêche se développe auprès des classes bourgeoises et amène petit à petit les usagers à revendiquer une « lutte contre le braconnage et contre la pollution industrielle³⁴ ». La seconde période est celle de l'après guerre et d'une avancée significative de la demande de la part des pêcheurs envers les pollutions, une demande qui sera d'ailleurs dépassée selon les auteures par une « nouvelle typologie des rivières » et de nouveaux « outils intégrateurs » mesurant d'autres « altérations anthropiques que la pollution »³⁴. De 1970 à aujourd'hui les auteures observent une rencontre entre deux mouvements : le « mouvement social de remise en cause de la société de consommation » (de mai 1968) et l'émergence de « l'écologie scientifique »³⁴. Leur analyse explique finalement comment la demande sociale est le principal facteur impulsif des grandes politiques de la gestion de l'eau ; mais au final, malgré une volonté de la DCE de faire participer les populations locales, l'opinion des habitants est très peu prise en compte.

D'autres travaux ont été réalisés sur cette chronologie de la restauration des cours d'eau. La chronologie établie par J.R. Malavoi et J.P. Bravard³⁵ débute à partir des années 1970 avec une prise de conscience des désastres causés par les Trentes Glorieuses et le productivisme agricole. Puis les années 1980 sont marquées par des travaux d'aménagement, plutôt que de restauration (le terme est trop fort pour la nature des opérations de l'époque), de renaturation et d'enrochement des berges pour une lutte contre l'érosion. Les premiers travaux significatifs contre les pollutions diffuses marquent également cette période. La troisième période qu'ils décrivent se distingue des autres par l'inscription dans la loi de la notion de restauration par la loi sur l'eau de 1992³⁶ et l'émergence de l'importance accordée au caractère écologique du cours d'eau.

Puis durant les années 2000 le concept prend une réelle importance écologique, en Europe grâce à la DCE, et en France grâce à la loi Lema et les lois Grenelles de l'environnement (2007 et 2009) avec notamment la mise en place des trames vertes et bleues. Ce nouveau millénaire marque la reconnaissance du « rôle structurant de la dynamique fluviale vis-à-vis de la diversité biologique³⁷ ». La restauration de cours d'eau prend alors la forme du rétablissement de la continuité écologique en supprimant les seuils et barrages n'ayant plus de fonction hydroélectrique et considérés comme obstacle à la continuité d'écoulement.

L'apparition de la restauration des cours d'eau s'inscrit et représente une branche de la « restauration écologique ». Celle-ci émane d'une volonté de retrouver des écosystèmes qui ont été endommagés par les activités de l'homme en combinant des connaissances scientifiques issues de différents domaines tel que le génie écologique, qui regroupe les connaissances de l'ingénierie avec celles de l'écologie. Ce courant de pensée s'initie durant la deuxième moitié du XXème siècle et se concrétise par la création de la « Société Internationale pour la Restauration Écologique³⁸ », une association de scientifiques, planificateurs, administrateurs, consultants, etc, qui regroupe des connaissances écologiques et d'ingénierie pour « promouvoir la restauration écologique dans le monde³⁸ ».

Déoulant de ce mouvement de pensée écologique, le nouvel objectif de la restauration des

33 <http://www.irma-grenoble.com>

34 Bouleau, Barthélémy, 2007

35 *Éléments d'hydromorphologie fluviale pp 214-217*

36 « restauration de la qualité des eaux superficielles »

37 Levêque, 2016

38 Dutoit, 2011

cours d'eau renvoie au rétablissement d'une certaine « hétérogénéité et variabilité »³⁹ au sein du système fluvial. Le terme de variabilité renvoie au régime hydraulique et climatique du cours d'eau. Celui-ci permet une meilleure diversification des habitats, et donc une plus forte hétérogénéité du milieu aquatique.

On retrouve plusieurs appellations synonymes de la restauration dite « écologique » telles que la « réhabilitation » qui « implique la mise en place d'une nouvelle structure physique et chimique, laquelle améliore la composition de la communauté biotique » (Gore & Shields, 1995, p. 142)⁴⁰. La « réaffectation » concerne les travaux visant l'affectation d'un nouvel usage à un cours d'eau ayant un usage défectueux ou détériorant pour l'environnement. Le concept de « création » est également souligné par C. Levêque dans son ouvrage, il le définit en tant que « transformation d'un écosystème en un autre qui n'existait pas auparavant ». Le concept de « renaturation » est une autre forme de restauration qui intègre l'aspect social de l'opération. Ce terme désigne généralement les travaux sur les berges de cours d'eau urbains et péri-urbains dans l'objectif d'obtenir un résultat esthétique pour le bien être des citoyens, la renaturation intègre largement la notion de paysage mais ne touche pas le lit du cours d'eau.

Le terme « restauration » renvoie finalement à un retour en arrière, il signifie retrouver le bon état originel d'un objet, il est souvent défini comme l' « action de remettre en bon état⁴¹ ». Comme nous l'avons discuté précédemment le bon état écologique est un objectif complexe à atteindre puisque l'état de référence ne semble pas si clair à définir. Étant donné la complexité du fonctionnement du système écologique d'un cours d'eau il est plus difficile de définir l'état de référence, originel d'un cours d'eau que celui d'une œuvre d'art. Et donc les moyens utilisés dans la restauration de cours d'eau et ses objectifs sont plus difficiles à définir que pour une restauration d'une peinture par exemple. De plus l'appellation de « restauration de cours d'eau » varie selon les pays et n'a pas les mêmes fonctions d'un cours d'eau à l'autre. Il est donc nécessaire d'établir un état des lieux et de comparer les méthodes entre les pays qui utilisent cet outil pour retrouver un bon état des masses d'eau.

3) État de l'art en France et comparaison avec d'autres pays et leurs méthodologies

a) La restauration de cours d'eau à l'échelle internationale

L'analyse de la répartition spatiale des publications scientifiques concernant la restauration écologique des cours d'eau, et l'étude du champ lexical employé selon la nationalité des scientifiques, réalisées par B. Morandi⁴² (2014), permettent de comprendre les différentes pratiques dans le monde de la restauration de cours d'eau. Il recense plus de 1200 publications relevant de la « *river restoration* » entre 1982 et 2011 dans le monde, ce qui représente moins de 1% de l'ensemble des publications scientifiques. Différentes conceptions selon les continents sont identifiées. Les études américaines utilisent majoritairement le terme de « *restoration* » et représentent près de la moitié des publications scientifiques dans le monde. Les publications

39 Levêque, 2016

40 Morandi, 2014

41 Définition du Centre National de Ressource Textuelles et Lexicales (CNRTL)

42 B. Morandi, 2014

scientifiques en Europe concernent environ 30% de l'ensemble du corpus scientifique, la conception européenne se rapproche de la définition américaine de la *restoration* mais porte une plus grande importance « au lexique de l'écologie et de l'hydromorphologie ». L'Océanie quant à elle ne représente qu'une petite proportion (moins de 10%)⁴² des publications mondiales. Cependant la conception des chercheurs australiens est différente de celle des américains et européens puisque le mot « *rehabilitation* » est plus utilisé dans leurs articles⁴², ils semblent élargir la conception de la restauration des zones humides et cours d'eau à d'autres thématiques scientifiques. La courbe de l'apparition des publications dans le temps confirme l'apparition d'une tendance écologique (précédemment évoquée concernant la France) à partir des années 1990-2000. Les disciplines les plus concernées sont les « sciences environnementales, l'écologie, l'hydrologie et la biologie marine et des eaux continentales » et un intérêt porté par l'ingénierie, notamment l'ingénierie biologique (avec la notion large de « restauration écologique »).

La conception américaine apparaît dès les années 1970 avec la publication des premiers articles scientifiques. Les États-Unis apparaissent alors comme le premier pays à se préoccuper de la bonne santé écologique de ses cours d'eau. C'est à partir des années 1990 que les américains intensifient leur intérêt porté à leurs cours d'eau notamment avec la montée en puissance du programme « *Dam Removal*⁴³ » qui consiste à démanteler les ouvrages transversaux. On retrouve ici l'influence et le poids de la demande sociale, impulsée par les associations grandissantes, dans les décisions politiques.

Le concept de *restoration river* (ou *rehabilitation*, selon les régions géographiques) découle finalement des programmes *dam removal* impulsés par des ONG aux États-Unis (dont notamment *Trout Unlimited*, *River Alliance*, *American Rivers*). Le bilan de ces démantèlements pose certains problèmes environnementaux et sociaux⁴⁴ mais les résultats quantitatifs concernant les barrages jugés inutiles semblent satisfaisants, près de 800⁴⁵ entre 1999 et 2016 selon l'association *American Rivers*. La somme des études scientifiques publiées ainsi que les résultats obtenus par les suppressions de barrages américains indique que la prise de conscience écologique s'est d'abord enclenchée au sein du monde scientifique et associatif pour les États-Unis. Les gestionnaires ont ensuite pris en considération la demande sociale à travers la mise en action de projets par des structures fédérales. La restauration écologique s'oriente intensément vers les cours d'eau pour les américains et notamment sur l'importance d'une restauration de la continuité écologique.

L'Australie, quant à elle, connaît des périodes de grandes sécheresses au début des années 2000. Dans un contexte de changements climatiques et de pressions anthropiques intenses sur la ressource en eau sur le territoire national, de grandes politiques de gestion technologique de l'eau sont mises en place par l'État fédéral au début du siècle⁴⁶. La période des Trente Glorieuses reflète les mêmes dynamiques que les autres pays développés, l'état fédéral australien met en place de nombreux barrages sur son territoire et notamment sur la côte est⁴⁷. A ceci s'élève comme un peu partout la prise de conscience écologique et la nécessité d'une gestion de l'eau respectueuse de l'environnement et donc la question de la restauration des cours d'eau. La première publication scientifique australienne sur la *river restoration* date de 1986, puis les articles se multiplient à partir des années 1990⁴⁸. La question de la restauration des cours d'eau émerge conjointement avec la création de groupes associatifs tels que la *Snowy River Alliance*. L'inscription de la notion de « restauration » dans la législation date de 2012 avec les *Basin Plans* qui ont pour objectifs d'améliorer la qualité et les usages de l'eau suivant différentes mesures devant être appliquées par

43 R. Barraud, 2011

44 R. Barraud, 2011

45 Rapport « *dam removal* » entre 1999 et 2016, *American Rivers*

46 O. Petit Jean, 2009

47 S. Flaminio, 2017

48 B. Morandi, 2014

bassin versant⁴⁹. Le plus grand bassin versant (*Murray-Darling Basin*) inscrit la gestion de l'eau dans une étude pluridisciplinaire entre sciences de l'environnement, sciences socio-économiques et autour de la gouvernance politique à toutes les échelles. La restauration des zones humides et des cours d'eau s'inscrit donc dans cette logique et a pour triple objectifs : la « bonne santé et résistance des rivières, [des] zones humides et [des] plaines alluviales », une « industrie productive et la confiance des communautés », de « meilleures décisions prises » par les différents niveaux de gouvernance. La logique australienne s'opère donc autour d'une considération de l'ensemble des acteurs et usagers concernés par une meilleure gestion environnementale de la ressource en eau⁵⁰. La question des zones humides et des cours d'eau, ainsi que de la « bonne santé » des écosystèmes est bien mise en avant et contribue à une avancée dans les politiques de gestion de l'eau en Australie.

b) L'état de la restauration à l'échelle européenne et nationale

A l'échelle européenne on recense une majorité de publications scientifiques concernant la restauration de cours d'eau au Royaume-Uni, avec 20% des publications européennes, et en Allemagne (15%). Le cadre européen institué par la directive de 2000 instaure des objectifs à atteindre pour tous les membres de l'Union Européenne, mais chaque pays est libre d'utiliser ses propres outils de mise en œuvre selon les spécificités nationales et locales. Cependant l'émergence du concept de restauration des cours d'eau et l'application des premiers projets avant la directive n'intervient pas à la même période selon les pays, même si la tendance internationale observée précédemment est vérifiée en Europe. Ainsi par exemple les Pays-Bas engagent leurs premiers projets de restauration un peu avant les années 1990, la Suisse et l'Allemagne débute au milieu des années 1990 et la France il n'y a seulement que quelques années, engagée concrètement dans la restauration depuis la loi Lema et les lois Grenelles⁵¹.

Avant la directive les pays mettent en œuvre des actions de restauration selon leurs besoins nationaux sur leur réseau hydrographique. Nous utiliseront ici trois exemples de gestions différentes.

Les Pays-Bas, confrontés à des pressions très fortes dues à leur croissance démographique élevée, au développement de son industrie lourde et de son secteur agricole doivent se confronter à des problématiques d'inondation, et à une « gestion horizontale des crues »⁵¹. Dans leurs projets de gestion des cours d'eau du XXème siècle la gestion des inondations et la restauration des habitats et des milieux naturels vont de pair, les projets se fondent dans une « logique multifonctionnelle » de la restauration.

La Suisse dispose d'un réseau hydrographique très impacté par les canalisations et les recouvrements de ses cours d'eau modifiés. L'ensemble de ces modifications résultent des aménagements et du développement du pays durant les Trente Glorieuses. Très rapidement les pouvoirs publics suisses se rendent compte du problème et instaurent dans la loi plusieurs mesures dont les ordonnances de 1992, qui contraignent « les cantons à des mesures de protection et d'entretien nécessaires dans les zones inventoriées »⁵¹ et ainsi de remettre les cours à l'air libre. La loi de 1999 introduit plus tard dans la législation la notion de « tracé naturel » et d' « espace minimal réservé »⁵². La gestion s'opère alors par canton, autour de la préservation de la nature et

49 Basin Plan, 2012 : <https://www.legislation.gov.au/Details/F2012L02240>

50 *Murray-Darling Basin water reforms : Framework for evaluating progress*, 2014

51 M. Fournier, C. Larrue, 2011

52 Loi fédérale sur la protection des eaux (Leaux) du 24 janvier 1991. La loi le définit comme étant « le lit du cours d'eau ainsi que l'espace nécessaire au bon fonctionnement écologique du cours d'eau ».

problématique des crues, à travers des projets de « renaturation » qui utilisent l'idée d'un tracé naturel et des berges élargies. Ces derniers ont la spécificité d'être pilotés par les cantons mais très appuyés aussi par les milieux associatifs environnementaux et les populations riveraines.

L'Allemagne présente une diversité de projets de restauration dont les premiers débutent dès les années 1960-1970, mais leur nombre augmente à partir des années 1990 avec un pic au début des années 2000⁵³. Bertrand Morandi (2014) réalise une comparaison intéressante entre les projets de « restauration écologique de cours d'eau » français et allemands de 1991 à 2011 (102 français et 270 allemands). Les causes des dégradations et des pressions menant à un projet de restauration écologique de cours d'eau dans les deux pays sont similaires, la « chenalisation » et les « altérations des habitats du lit du cours d'eau » en représentent plus de 50%. L'auteur observe également une similitude des principales actions menées sur l'ensemble des travaux franco-allemands, celles-ci se concentrent autour de « reconnexion [ou] créations d'annexes fluviales » (concerne plus de 50% des travaux pour les deux pays). Les deux pays ont donc les mêmes objectifs et la même conception de la restauration écologique des cours d'eau, les interventions sur les plaines alluviales sont souvent similaires. Cependant la France compte moins de projets sur la période de 1991 à 2011 du fait de son retard sur ses écrits scientifiques.

Le réseau européen sur la restauration écologique des cours d'eau s'est organisé récemment avec la création de l'*European Center of Rivers Restoration* (ECRR), inscrit dans l'instrument financier européen LIFE+. Fondé en 1995 au Royaume-Uni par des « centres nationaux » (dont notamment le Centre de Restauration des Rivières anglaises) et des « membres individuels⁵⁴ », dans le but de partager des connaissances pour promouvoir et améliorer les techniques de restauration des cours d'eau. Le programme *RESTORE* est lancé entre 2010 et 2013 et a travaillé au recensement d'un maximum de projets de restauration en Europe. Une « encyclopédie⁵⁴ » est créée sur la page web *RiverWiki* et permet aux professionnels et planificateurs de télécharger des études de cas de restauration de rivières dans 31 pays en Europe. Parmi les 1000 projets recensés, plus de la moitié se situent au Royaume-Uni. *RESTORE* organise également des conférences, ateliers, rendez-vous avec les praticiens pour appuyer leurs projets et les conseiller sur les techniques à privilégier.

Le programme européen oriente également ses objectifs vers une collaboration avec les gestionnaires de l'aménagement de l'espace public, avec la publication d'un guide qui leur est destiné pour les informer des intérêts socio-économiques et environnementaux de la *river restoration*⁵⁵. L'ECRR publie de nombreuses autres études et articles sur leur site web, comme un guide pour la délimitation de « l'espace de bon fonctionnement de cours d'eau⁵⁶ », des documents qui préconisent une « gestion des inondations » et non plus un « contrôle », un guide sur l'amélioration des aménagements situés en bord de mer, ou dans les estuaires⁵⁷, etc.

A l'échelle nationale l'objectif de chaque SDAGE est d'atteindre un bon état écologique de ses masses d'eau d'ici 2027 suivant la directive européenne. Les Agences de l'Eau ont regroupé leurs données en 2015 pour réaliser une carte du territoire national de l'état écologique des masses d'eau de surface (Fig. 4). Les objectifs français sont majoritairement écologiques et hydromorphologiques. Les objectifs sociaux, d'apprentissage (sensibilisation au public) et de meilleure qualité de l'eau sont minoritaires⁵⁸.

53 B. Morandi, 2014

54 Rapport de vulgarisation de *RESTORE* : LIFE09/INF/UK000032, 2014

55 *Rivers by Design, rethinking development and river restoration*, 2013

56 « Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau », rédigé par le comité de bassin Rhône Méditerranée, décembre 2016

57 <http://www.ecrr.org/Publications/tabid/2624/Default.aspx>

58 B. Morandi, 2014

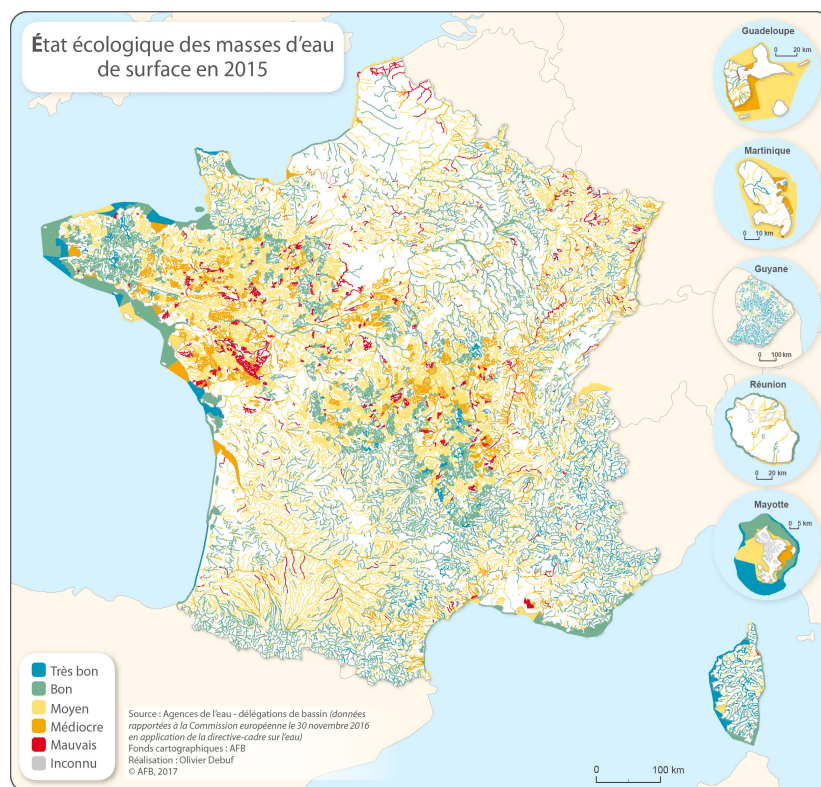


Figure 4 : Carte de l'état écologique des masses d'eau en 2015

Pour l'année 2015 le bon état écologique des cours d'eau semble atteint au sud-est du territoire au niveau des alpes, au sud du Massif Central, dans les départements de l'Ardenne, la Marne, l'Aube et la Haute-Marne ainsi que dans les Pyrénées, le Morbihan et les Côtes d'Armor (selon les cartes ci-dessous). L'est de la Bretagne et les Pays de la Loire sont les régions qui ont le plus de cours d'eau en mauvais état en 2015. Ces résultats sont à nuancer avec la carte des objectifs à atteindre pour 2021 et 2027. La Bretagne présente cependant un bon et très bon état de ses masses d'eau côtières. Peu de cours d'eau du Massif Central ont atteint un bon état écologique, la majorité sont classés comme ayant un état moyen et médiocre, voir mauvais dans certains cas, même situation pour la région Alsace-Lorraine. Les cours d'eau du bassin versant Adour-Garonne devront tous atteindre un bon état d'ici 2021, c'est le cas également du bassin du Rhône et de la Seine.

Les politiques de restauration ont permis d'atteindre les objectifs de la DCE uniquement auprès des cours d'eau de petite taille des grands bassins. Les grands fleuves de France restent classés comme ayant des états écologiques moyen à mauvais. L'enjeu du bon état écologique va se jouer essentiellement sur le bassin Loire-Bretagne (30% des cours d'eau en bon état⁵⁹, qui fait du bassin Loire-Bretagne le bassin en plus mauvais état), sur les cours d'eau du Massif Central, en Île-de-France et sur le bassin de la Garonne et du Rhin. La date limite étant repoussée par la directive européenne les acteurs publics française ont encore une petite dizaine d'années pour atteindre le bon état écologique de l'ensemble de ses cours d'eau.

⁵⁹ Agence de l'Eau Loire-Bretagne

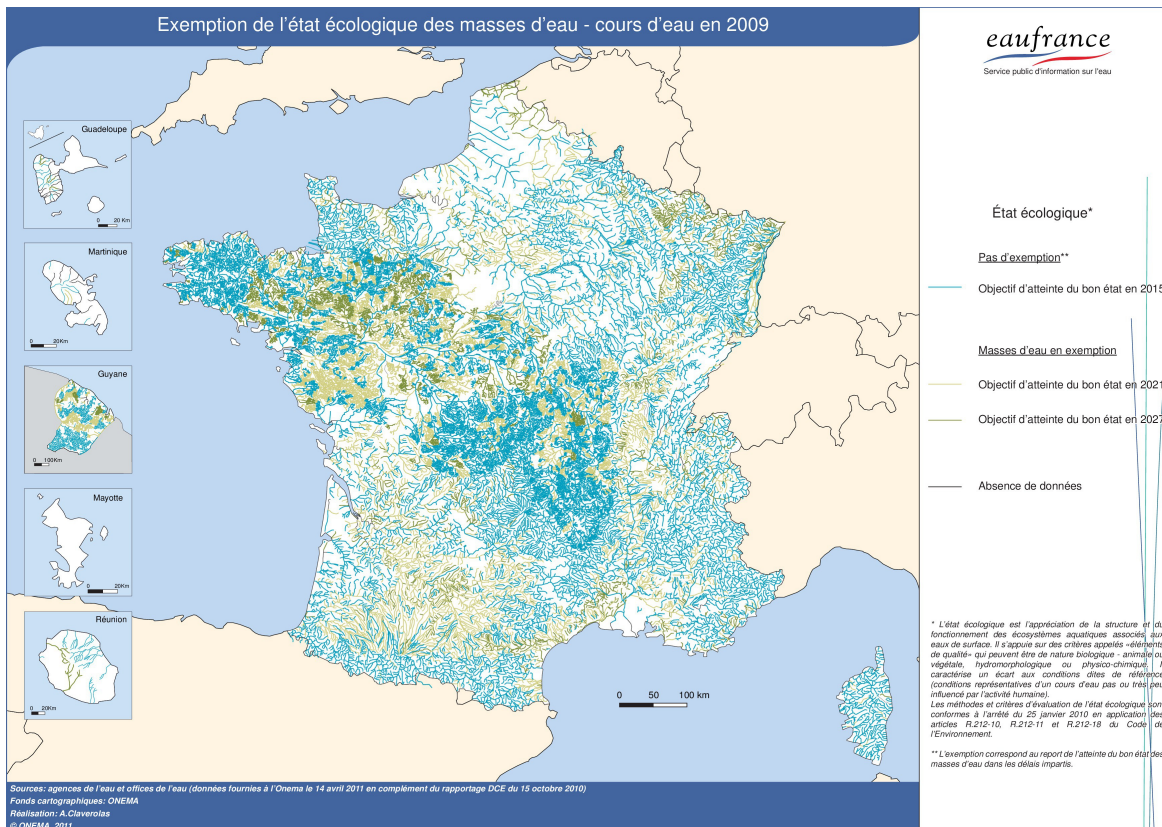


Figure 5 : Carte des objectifs de bon état à atteindre pour 2015, 2021 et 2027

c) L'état de l'art des zones humides dans le monde et les actions françaises

c.i) Le programme de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (EM)

L'EM est une organisation internationale née en 2000, qui a été missionnée pour évaluer « les conséquences des changements écosystémiques sur le bien être humain⁶⁰ ». Le groupe d'experts a notamment travaillé entre 2001 et 2005 pour recueillir des informations à toutes les échelles sur les zones humides⁶¹, afin de les évaluer, les regrouper, et proposer des scénarii pour l'avenir et des solutions pour les décideurs. L'inventaire des zones humides se découpe en trois catégories : « zones humides intérieures » (marais, tourbières, lacs, ...), « zones humides des côtes marines » (mangroves, récifs coraux, estuaires), « zones humides anthropiques⁶¹ » (rizières, réservoirs, barrages).

Dans le rapport est listé l'ensemble des ressources et des services rendus à l'homme par les zones humides. Elles constituent un stock d'alimentation riche en eau (grâce aux réserves d'eau souterraines et aux transferts réguliers) et en nourriture pour les populations (par leur riche biodiversité), et présentent un caractère auto épuratif (par le couvert végétal très présent) permettant une régulation des pollutions (diminution des concentrations en nitrates). Elles permettent la régulation du climat par leur « influence locale et régionale » sur la température et les précipitations ; les milieux humides permettent également la régulation des inondations et des

60 <http://www.millenniumassessment.org>

61 *Ecosystems and human well-being : wetlands and water*, 2015

processus d'érosion (par exemple : les mangroves), l'atténuation des changements climatiques et produisent des services culturels aux populations. Par « service culturel » le groupe de scientifiques entend des « services pédagogiques, d'esthétisme, récréationnels, spirituels et d'inspiration⁶¹ ».

La surface totale des zones humides toutes confondues est évaluée à 1 280 millions d'hectares dans le monde selon le rapport. Le XXème siècle a été particulièrement dévastateur puisque l'EM évalue une perte d'environ 50% de surface humide durant les 50 dernières années.

Quatre scénarios tendanciels sur l'évolution des écosystèmes et du « bien être humain » sont élaborés aux échelles globales et régionales à l'aide de modèles confectionnés avec des données économiques, sociales et environnementales. Les tendances observées jusqu'à aujourd'hui devraient aggraver la situation actuelle des zones humides si les politiques publiques ne s'orientent pas vers une gestion durable de l'économie mondiale en prenant en compte les écosystèmes.

Cette étude démontre finalement le rôle des écosystèmes et des zones humides dans le bien être de l'homme. L'ensemble des rapports réalisés par l'organisme sert en premier lieu à conseiller les décideurs de chaque pays sur la manière dont devrait s'organiser le développement mondial en prenant en compte les éléments environnementaux. Les scientifiques préconisent largement un développement économique et social tourné en faveur du bien être humain, qui réside essentiellement dans la « bonne santé » de l'environnement.

c.ii) L'évaluation monétaire des services écosystémiques et l'application française pour les zones humides

Suite à la publication de ces travaux de nombreux pays se lancent dans des programmes d'évaluation monétaire des services rendus par les écosystèmes. Ainsi la Grande-Bretagne, l'Espagne et le Portugal sont les premiers à se lancer dans de tels programmes. L'Union Européenne crée l'*Initiative Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES), à l'échelle internationale la Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) est chargée d'effectuer l'évaluation pour l'Europe et l'Asie Centrale⁶².

L'état français décide de lancer son propre programme : l'« Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques » (Efese) en 2012⁶³, qui vise à évaluer l'état des écosystèmes français et à « monétiser » les ressources environnementales et leurs services rendus à la population. Le but étant d'intégrer les politiques nationales sur la biodiversité aux politiques sectorielles de la santé, de la mobilité, des transports, Un des objectifs de l'Efese est aussi de sensibiliser les « citoyens et d'améliorer le pilotage des politiques en faveur de la reconquête de la biodiversité⁶⁴ ».

L'évolution des milieux humides en France s'intègre dans la logique internationale de dégradation et de suppression totale laissant place à l'aménagement massif de surfaces artificialisées. Selon le rapport intermédiaire de 2016 de la Efese les milieux humides et zones d'eau représentent 1% du territoire française, et ont connu une diminution de leurs surface de 50% entre 1960 et 1990. Les politiques « écologiques » des années 1990 ralentissent cette régression mais la perte de surface des prairies humides, des tourbières et des pannes dunaires continue encore aujourd'hui⁶⁴. Les mêmes causes que celles énoncées par l'EM en 2005 ont provoqué cette régression des zones humides en France.

A la loi sur l'eau de 1992 s'ajoute la directive Habitats qui a pour objectif une meilleure protection des espèces et habitats en créant notamment le réseau Natura 2000, dans lequel s'inscrit

62 « Cadre conceptuel de l'Efese », Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer en charge des relations internationales sur le climat, 2017

63 Ministère de la Transition écologique et solidaire

64 Rapport intermédiaire de l'Efese au 31 décembre 2016

une grande majorité des zones humides identifiées sur le territoire national. Cette même année est signée la Convention sur la diversité biologique (CDB) lors du sommet de la Terre à Rio de Janeiro ratifiée par la France. Celle-ci s'applique en France avec la « stratégie nationale pour la biodiversité » avec la première phase de 2004 à 2010. La seconde phase, de 2011 à 2020, s'opère dans l'atteinte des objectifs d'Aïchi qui se reflètent dans les objectifs de la Efese. Par exemple le premier objectif d'Aïchi est aussi celui de la Efese, il consiste en l' « amélioration de la sensibilisation des citoyens et des décideurs aux valeurs et services écosystémiques⁶⁴ ».

II) Présentation de la structure et méthodologies adoptées lors de la réalisation des projets

1) Présentation de la structure d'accueil

a) Historique du Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire et son action sur le territoire du Pays de Retz.

Le Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire est un établissement public de coopération intercommunale situé dans le pays de Retz et exerce ses compétences sur le territoire Sud Loire (figure 5). Créée en 1984 il prend le relais de l'Union des Marais dans les investissements des travaux menés sur les marais et le réseau hydraulique du Pays de Retz. Cette Union, créée en 1958, regroupe l'ensemble des syndicats de marais présents sur le territoire. En 1996 le Sah récupère la compétence « gestion et exploitation⁶⁵ » de l'ensemble des ouvrages et devient maître d'ouvrage, ce qui lui confère le rôle d'acteur et gestionnaire du réseau hydraulique. Son principal rôle est d'assurer le bon fonctionnement des ouvrages et le maintien du niveau d'eau destinée à l'usage agricole et des marais.

La directive européenne cadre sur l'eau de 2000 ajoute des compétences au Sah afin d'atteindre le bon état écologique des masses d'eau pour 2015. Le syndicat a pour mission de restaurer ses cours d'eau pour remplir les trois fonctions, hydraulique, biologique et physico-chimique (qualité de l'eau), qui définissent l'objectif de la DCE. Plusieurs travaux ont été menés par le syndicat depuis, la grande majorité concernait des travaux de suppression ou d'aménagement des seuils pour assurer une bonne continuité des écoulements. Ainsi des passes à poissons, notamment pour les civelles et les brochets, ont été installées sur différents ouvrages du réseau hydrographique afin de faciliter leur migration annuelle.

La loi Maptam de 2010 confie de nouvelles compétences aux structures publiques chargées de la gestion de l'eau. Depuis, le Sah a pris en charge le personnel, les ouvrages et les compétences de l'Union des Syndicats de Marais. Cependant l'Union des marais reste la seule structure fédératrice des syndicats de marais, elle reste chargée de représenter les propriétaires privés dans les différentes instances.

La répartition de la nouvelle compétence issue de la loi MAPTAM, concernant la Gestion des Milieux Aquatiques et de la Prévention des Inondations (GEMAPI) est encore en discussion. Chaque territoire est libre de la répartition de ces compétences. Sur celui du Sah la situation est complexe, les gestionnaires ont du faire appel à un bureau d'étude afin d'évaluer le potentiel de chaque structure à pouvoir gérer les nouvelles compétences. La mutualisation des différentes

⁶⁵ Ibid

structures présentes sur le territoire pourrait être une solution afin de recentrer les compétences et les financements au sein d'un même organisme.

Les activités du Sah s'inscrivent dans la logique du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau Loire-Bretagne et doivent répondre aux enjeux de plusieurs Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau mis en place sur son territoire : le SAGE de l'estuaire de la Loire, de la Baie de Bourgneuf et du marais Breton, et le SAGE Logne-Boulogne-Ognon-Grand-Lieu.



Figure 6 : Cartographie du réseau hydrographique géré par le Sah

Pour mettre en place ses plans d'actions le syndicat dispose de deux outils principaux de planification :

- le Contrat Territorial des Milieux Aquatiques (CTMA) est l'outil de l'Agence de l'Eau avec pour objectifs la diminution des sources de pollution des milieux aquatiques. Le Sah signe le premier contrat pour une période de 5 ans entre 2012 et 2016. Les travaux qui ont été effectués sur cette période se sont concentrés essentiellement sur les marais du territoire. Un nouveau contrat sera signé en juin 2017 pour la période 2018-2022 et les travaux seront centrés sur les cours d'eau.
- le Contrat Régional de Bassin Versant (CRBV), est l'outil de la mise en œuvre du SAGE. Les actions doivent concerner la « restauration de zones humides, des affluents, de la circulation piscicole et de l'amélioration des flux hydrologiques, [...] des actions de restauration de la qualité de l'eau⁶⁶ ». Le premier CRBV du syndicat concerne le bassin versant Boivre Acheneau Tenu et a été suivi entre 2012 et 2014. (Les nouveaux CRBV, pour ce bassin versant et celui du Falleron, sont en cours d'élaboration).

La modernisation des outils informatiques permet au syndicat d'accomplir à distance sa mission d'origine (gérer les niveaux d'eau pour les parcelles agricoles et les marais) grâce au logiciel Topkapi qui permet de manipuler les ouvrages et de mesurer les niveaux d'eau depuis un ordinateur.

b) Fonctionnement du réseau hydraulique

Le territoire sud Loire a la particularité de profiter d'une topographie très plane (Fig. 7) qui permet une circulation de l'eau à « double sens » (Fig. 6).



Figure 7 : Photographie aérienne du marais Breton

En hiver, le surplus d'eau est exondé, vers la Loire au nord par la rivière du Tenu et par l'Acheneau puis par le canal Maritime connecté directement par trois accès à la Loire. Vers le sud,

66 <http://www.paysdelaloire.fr/politiques-regionales/environnement/actu-detaillee/n/contrat-regional-de-bassin-versant-mise-en-oeuvre-des-sage/>

l'eau est évacuée par le Falleron et le Dain en direction de la Baie de Bourgneuf. En période estivale, l'eau de la Loire et du lac de Grand-Lieu est prélevée pour alimenter les parcelles agricoles et les marais connectés au réseau.

Un ensemble d'ouvrages a été installé progressivement le long du réseau afin de réguler les niveaux d'eau entre les différents bassins versants (Fig. 6), excepté celui du Boivre qui reste isolé des autres. On retrouve ainsi une dizaine de vannages importants et une station de pompage, la station du Pommeraie, qui est située au seul endroit, sur la commune de Machecoul, où la topographie ne permet plus une circulation libre de l'eau dans les deux sens.

La rivière du Tenu, qui draine l'un des deux principaux bassins versant du territoire, prend sa source à Touvois au sud du lac de Grand-Lieu et se déverse dans l'Acheneau. Ce dernier s'écoule du lac de Grand-Lieu vers la Loire en passant par le canal de Buzay. La rivière de la Blanche, affluent principal de l'Acheneau, s'écoule en sa direction vers le Nord.

Le cours d'eau du Falleron, qui draine l'autre grand bassin versant, prend sa source en Vendée dans la commune de Grand'Landes, il traverse le pays de Retz par le sud et se jette dans la baie de Bourgneuf au port du Collet. Le Dain se crée en aval du Falleron et parcourt les marais Breton avant de se jeter lui aussi dans la baie de Bourgneuf.

Le lac de Grand-Lieu se situe sur le territoire du pays de Retz, cependant son bassin versant s'étend bien au delà des limites du pays et se développe aux alentours de la rivière de la Boulogne au sud-est et de la rivière de l'Ognon à l'est. Le lac est classé *réserve naturelle nationale* du fait de sa riche biodiversité. Classé en grande partie en zone humide il s'étend en hiver et se rétrécit en période estival en ne dépassant pas les 1,20 mètres de profondeur en été, les niveaux d'eau sont ajustés par le système de vannage de Bouaye.

Le dernier bassin versant est celui de la rivière du Boivre, situé en grande partie sur la commune de Saint Père en Retz, dans lequel il puise sa source (nord ouest sur la carte). Il débouche sur l'estuaire de la Loire dans la commune de Saint Brévin les Pins, en alimentant au passage l'ensemble du marais de la Giguénais.

2) Présentation des projets de restauration de cours d'eau et zones humides

Les projets de restauration auxquels j'ai participé durant ce stage font partis des premiers projets de la sorte du Sah. Le syndicat avait travaillé sur la restauration de la rivière du Douavit sur le bassin versant du Falleron durant l'année 2016. Je me suis donc appuyé sur les travaux effectués sur le Douavit pour mieux comprendre les attentes du Sah.

Les deux projets s'inscrivent dans la logique du SAGE Estuaire de la Loire, qui s'étend de la commune de Saint-Nazaire jusqu'à celle d'Ancenis, et comprend le territoire « Boivre-Acheneau-Tenu » sur lequel se situe la commune de St Père en Retz de Sainte Pazanne. Le SAGE a pour objectifs l'obtention d'un « bon état pour les eaux et les milieux » en améliorant l'épuration des eaux en tête de bassin versant et « la non dégradation des eaux » en valorisant le rôle des prairies humides. Les objectifs de « régulation des débits et la limitation des risques de crues » ainsi que « le soutien d'étiage⁶⁷ » et le renforcement des rôles dits de tampons des zones humides seront également représentés à travers ce projet.



Figure 8 : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'Estuaire de la Loire

67 SAGE Estuaire Loire : <http://www.sage-estuaire-loire.org/>

a) Présentation du projet de Saint Père en Retz

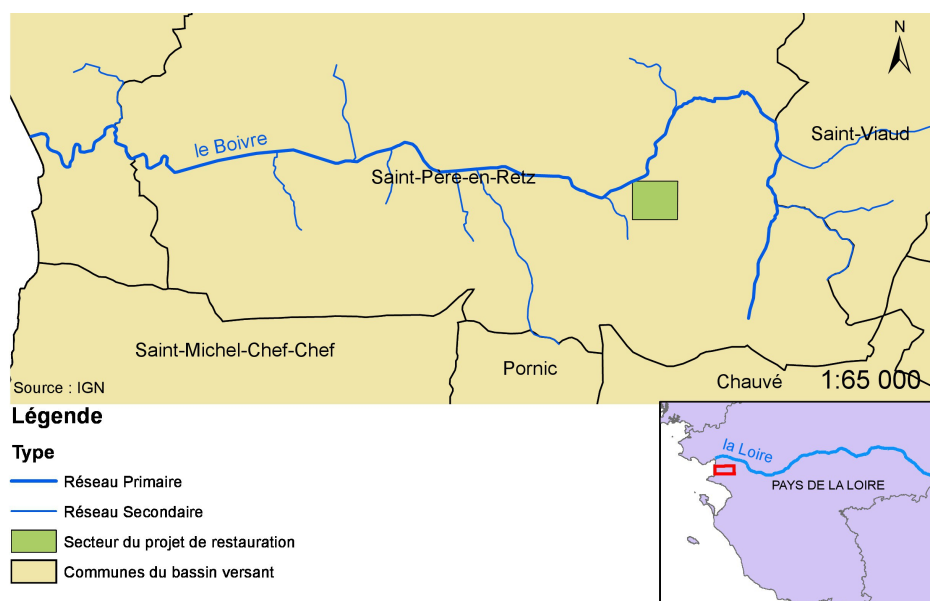


Figure 9 : Cartographie du bassin versant du Boivre

La commune de Saint Père en Retz couvre une grande partie du bassin versant de la rivière du Boivre. Vers la fin des années 1980 une réserve d'eau (0,4h d'envergure) est creusée sur une prairie humide par les services de la commune, simultanément avec l'installation de terrains de sports, afin d'assurer leur alimentation. Durant les années 1990 le creusement d'un plan d'eau (6,3h d'envergure) est autorisé par la commune à la Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA), qui est chargée aujourd'hui de la gestion de ce plan d'eau. Ce plan d'eau est alimenté par les écoulements gravitaires et les zones humides riveraines. La création artificielle de ces deux plans d'eau a modifié le milieu faisant disparaître les anciennes prairies humides. Le cours d'eau, le Moulin des Islettes, situé en aval de la réserve d'eau (secteur 2) est élevé au rang de Strahler 1 et alimente directement la rivière du Boivre.

Le schéma ci-dessous représente l'emplacement des deux secteurs visés par le projet de restauration du Sah. Le tracé bleu représente le réseau de fossé drainant les eaux de ruissellement en direction du Boivre, situé plus au nord. Le tracé pointillé représente la partie busée du fossé situé sous les lotissements qui ne fait pas l'objet du projet. L'eau se jette ensuite dans le cours d'eau, le Moulin des Islettes, situé entre deux établissements scolaires et parcourant une prairie humide avant de se jeter dans le Boivre.



Figure 10 : Localisation des 2 secteurs visés par le projet de restauration du Sah

En novembre 2015 les services techniques de la commune contactent le Sah au sujet d'une menace d'effondrement liée à l'érosion des berges de la réserve d'eau, représentant un risque d'inondation pour le camping voisin (Fig. 10). En observant le site, les techniciens de rivières du syndicat se rendent compte de l'aspect artificiel de cette réserve, et y voient une opportunité pour y restaurer l'ancienne prairie humide alimentée par une source naturelle. Afin que le travail soit efficace et complet, le Sah propose également de restaurer le cours d'eau en aval de la réserve d'eau situé entre les écoles primaires (Fig. 10, secteur 2). Le projet est discuté au sein du conseil municipal et le feu vert est donné au Sah pour proposer un plan d'actions en 2016.

Les objectifs du projet sont définis par le Sah et diffèrent selon les deux secteurs à restaurer. Pour le premier secteur (Fig. 11), l'objectif est de retrouver l'état originel de la prairie humide, anciennement située sur l'emplacement de la réserve d'eau actuelle, afin de favoriser une diversité des milieux et de résoudre le risque d'inondation sur le camping. La restauration du fossé permettra un écoulement des eaux contrôlé à travers la prairie et le bois, et permettra une auto épuration des eaux afin de participer à l'amélioration de la qualité de l'eau du Moulin des Islettes, et donc du Boivre plus en aval.



Légende

- | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|
| Prairies | Fossés encombrés (à restaurer) | ● Buses |
| ▨ Humide | — Busé | — Chemins |
| ▨ Potentiellement humide | — Fossés | ■ Terrains de football |
| Plans d'eau gérés par : | — Ancien fossé | ■ Camping |
| ■ Commune de St Père en Retz | | ▨ Retenues d'eau |
| ■ Fédération de Pêche Loire Atlantique | | ■ Végétation arborée |
| | | ■ Champ privé |

Figure 11 : Cartographie du Secteur 1

Sur le second secteur, l'objectif est de retrouver un tracé morphologique « naturel » du cours d'eau, lui redonner un gabarit adapté à son lit actuel et d'améliorer les interactions entre la nappe et la prairie humide située entre les deux écoles. Du fait de l'emplacement du cours d'eau entre deux écoles élémentaires, l'ensemble au sein d'une prairie humide, la commune propose de mettre en place un projet pédagogique de sensibilisation.



Légende

Cours d'eau existant

—••••• Busé sous lotissement

— A l'air libre

— Partie visée par la restauration

▨ Ecoles

▨ Prairies communales

▨ Domaine privé

▨ Mare privée

■ Végétation arborée

Figure 12 : Cartographie du Secteur 2 (secteur des écoles)

Les enjeux de ce projet sont donc à la fois hydromorphologiques, par l'amélioration de la qualité d'écoulement des eaux en tête de bassin versant et par la diversification des faciès d'écoulement, écologiques, par la restauration de prairies humides et d'un réseau de fossés à sec permettant une plus grande diversité des habitats, paysagers, et pédagogiques par la possibilité de

mettre en place un parcours de sensibilisation entre les zones humides et le Moulin des Islettes en aval. Étant le premier projet du syndicat mêlant plusieurs enjeux, il sera considéré comme « site vitrine », en espérant promouvoir ce type d'aménagement aux autres communes du Pays de Retz.

Lorsque je suis arrivé au Sah, mon maître de stage m'a proposé de travailler sur ce nouveau projet. La principale tâche qui m'a été confiée a été d'établir une fiche d'actions illustrant les intentions du syndicat afin de présenter clairement le projet aux élus de la commune. A l'aide du pré-diagnostic réalisé conjointement par le Sah et un bureau d'étude, j'ai été chargé de décrire les étapes du projet de restauration, à la fois de la prairie humide en amont, mais aussi du cours d'eau en aval. Nous avons ensuite présenté, avec mon maître de stage, la fiche d'actions aux élus de la commune durant une réunion qui s'est tenue fin mai 2017. L'idée de mettre en place un parcours pédagogique pour sensibiliser les habitants a été mise de côté pour cause de manque de temps, il sera réalisé par un organisme spécialisé en communication suite aux travaux.

b) Présentation du projet de Sainte Pazanne

La commune de Sainte Pazanne se situe en tête de bassin versant de la rivière du Tenu, à l'ouest du Lac de Grand-Lieu. Le cours d'eau, le « Petit Beusse » (rang Strahler 1), parcourt une partie de la commune avant de se jeter dans un affluent du Tenu.



Figure 13 : Localisation du projet de Sainte Pazanne

Le cours d'eau parcourt la zone de loisir communale dite la « Coulée Verte ». Il se situe entre deux prairies non utilisées par la commune. Sur la première partie, le cours d'eau présente un aspect rectiligne sur-creusé et des berges abruptes où la végétation crée des obstacles au bon écoulement de l'eau (Fig. 14 et 15).

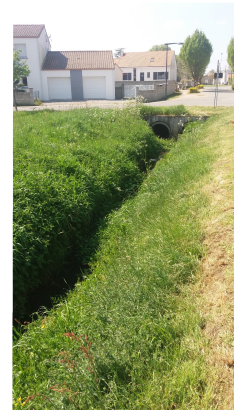


Figure 14 et 15 : photos du Petit Beusse actuel

En 2016 la commune décide d'aménager cette zone de loisir et fait appel au Sah concernant la restauration du cours d'eau pour l'intégrer dans le projet d'aménagement paysager de la Coulée Verte. Sur ce projet la commune est maître d'ouvrage et fait appel au bureau d'étude ATLAM qui se chargera des phases diagnostics, inventaires, fiche d'action et travaux. Le Sah prend le rôle de conseiller technique.

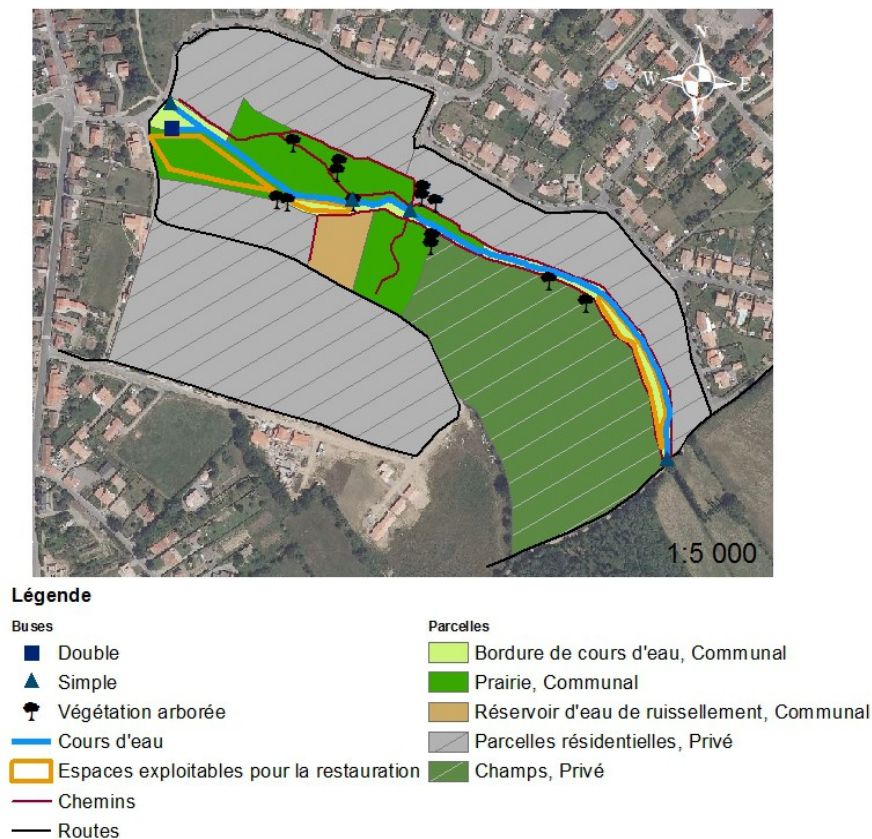


Figure 16 : Cartographie de la Coulée Verte à Sainte Pazanne

Lorsque je suis arrivé au Sah, le projet était déjà bien avancé. Les diagnostics hydromorphologique et topographique avaient été réalisés par le bureau d'étude, et les inventaires faune/flore étaient en cours. Mon maître de stage m'a proposé d'utiliser ce projet comme exercice avant de me lancer sur le projet de Saint Père en Retz. En m'appuyant sur les documents du bureau d'étude, j'ai dessiné des croquis et des cartes formant une fiche d'actions réalisables pour la restauration du Petit Beusse et des prairies voisines. L'idée était de proposer un plan de restauration du cours d'eau et de comparer ensuite mes résultats avec le travail final réalisé par le bureau d'étude. En mai 2017, nous avons assisté avec le Sah à la réunion de présentation des résultats du bureau d'étude aux élus de la commune. Cette réunion m'a permis de discuter avec le responsable du bureau d'étude et de lui expliquer mes démarches et mes idées.

La restauration du Petit Beusse a pour objectifs l'amélioration quantitative de l'eau, afin d'améliorer et de maîtriser les transferts hydraulique entre la nappe et le lit d'étiage. Le projet vise également à restituer les échanges hydraulique entre la prairie et la ligne pleins bords du cours d'eau afin de maîtriser les crues et les assecs. Restaurer à la fois le cours d'eau et les prairies permettra de diversifier les habitats dans le lit mineur et sur les bandes riveraines. L'enjeu du projet étant de valoriser le patrimoine naturel de la commune, un parcours pédagogique est envisagé par la commune afin de sensibiliser le grand public sur les thèmes de l'hydromorphologie, la biodiversité et l'importance des interactions entre le cours d'eau et les prairies .

3) Méthodologie employée pour la réalisation des projets de restauration de cours d'eau et de zones humides

La méthodologie à utiliser pour ce type de restauration est essentiellement bâtie sur les préconisations de l'ONEMA et des Agences de l'eau⁶⁸. Elle se découpe en quatre étapes générales, pour ce type de cours d'eau en tête de bassin versant :

- 1) Un état des lieux, appelé également « pré-diagnostic », qui permet d'identifier les tronçons de cours d'eau à restaurer ainsi que leur caractéristiques.
- 2) Un diagnostic hydromorphologique, des inventaires floristique et faunistique pour mieux connaître le milieu en question.
- 3) L'élaboration du projet en détaillant les actions à mener et les différentes techniques à employer pour répondre aux objectifs visés.
- 4) Une étude de suivi d'après travaux permettant de mesurer les impacts positifs ou négatifs des travaux de restauration sur le cours d'eau et ses habitats, à l'aide d'indicateurs de suivis correspondant aux caractéristiques du cours d'eau.

Durant ce stage je n'ai pas eu le temps d'établir un diagnostic complet des milieux à restaurer, ni de mettre en place des indicateurs de suivis d'après travaux (puisque'ils n'ont pas encore commencé). J'ai participé à l'état des lieux en identifiant la classification des prairies visées par les deux projets. J'ai recherché un état de référence à partir d'études diachroniques d'images satellites, pour les prairies et les cours d'eau à restaurer. Le pré-diagnostic hydromorphologique réalisé par le Sah sur la commune de Saint Père en Retz, ainsi que le diagnostic réalisé par le bureau d'étude à Sainte Pazanne, m'ont permis d'établir un découpage en segments afin de préciser ensuite les actions à mener lors des travaux de restauration.

L'ensemble de cette méthodologie se base sur les documents de préconisations de l'ONEMA, de certaines Agences de l'eau, de différents retours d'expériences en tête de bassin versant, ainsi que sur le premier projet de restauration mené par le Sah sur la rivière du Douavit (Touvois, 44).

a) Identification des zones humides et recherche d'un état de référence

a.i) Saint Père en Retz

Afin de préciser le caractère humide des zones humides concernées par les projets de restauration, je me suis appuyé sur une étude sollicitée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, et réalisée par deux équipes de l'INRA d'Orléans et d'Agrocampus Ouest de Rennes. Les deux équipes ont été chargées de cartographier les zones humides, selon des typologies différentes dont celle de « potentiellement humide ». Les zones

68 http://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/docutheque/2017-03/01Manuel_restoration.pdf

potentiellement humides sont caractérisées comme des milieux qui devraient posséder les caractéristiques des zones humides « en l'absence de toute intervention de l'homme⁶⁹ ». Les PLU ont permis de préciser l'orientation de la gestion communale pour chaque cas.

Sur la commune de Saint Père en Retz la cartographie de l'INRA et d'Agrocampus indique qu'une partie de la prairie humide du secteur 1, dont la retenue d'eau, est identifiée comme potentiellement humide avec une assez forte probabilité. L'autre partie du secteur amont est classée potentiellement en zone humide avec une forte probabilité. En aval, sur le secteur 2, l'ensemble de la prairie riveraine du cours d'eau est classé potentiellement humide avec une très forte probabilité. Ces données nous donne une idée de la nature de ces milieux s'ils n'avaient pas subit d'interventions humaines. Concernant la prairie du secteur 1, il est cependant nécessaire d'approfondir les recherches pour identifier la nature du milieu avant la création de la réserve d'eau, et ainsi trouver un état de référence pour la restauration. Pour cela, j'ai réalisé une étude diachronique à l'aide de photographies aériennes recueillies sur le site internet de l'IGN⁷⁰.

Sur ces images on observe le creusement artificiel de la réserve d'eau au sein d'une prairie humide (texture grossière encerclée en bleu sur la photographie de 1985) vers la fin des années 1980 et le début des années 1990, accompagnant la création de terrains de sports.

Figure 18 : Étude de l'évolution historique de la réserve d'eau



Figure 19 : photographie récente de la prairie de référence

69 <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/typologie-pee>

70 <https://remonterletemps.ign.fr/>

Cette prairie dispose d'indicateurs floristiques permettant de caractériser la prairie en tant qu'humide. De plus le PLU de la commune classe cette zone en tant que « zone humide » (cf Annexe 1). Le maintien de cette prairie humide voisine à la réserve d'eau au fil du temps (en fond jaune sur la Fig. 18), permet d'obtenir un état de référence pour la restauration de la prairie humide de la réserve d'eau.

Le secteur 1 sur la commune de Saint Père en Retz ne possède aucun cours d'eau classé comme tel. Seul un réseau de fossé est présent sur ce site, à l'image des figures ci-dessous.



Figure 20 et 21 : (de gauche à droite) fossé situé en contre bas du plan d'eau, fossé situé entre la réserve d'eau et la prairie de référence

Sur le secteur 2 le Moulin des Islettes est bien cartographié sur les cartes de l'IGN. Selon une étude des photographies aériennes entre 1971 et aujourd'hui, on constate une rectification du tracé sur la deuxième partie du linéaire entre 1985 et 1993. Aujourd'hui il est impossible de retrouver le tracé originel du cours d'eau, du fait de la présence d'un parking à son emplacement (encadré noir sur la photo de 2015).

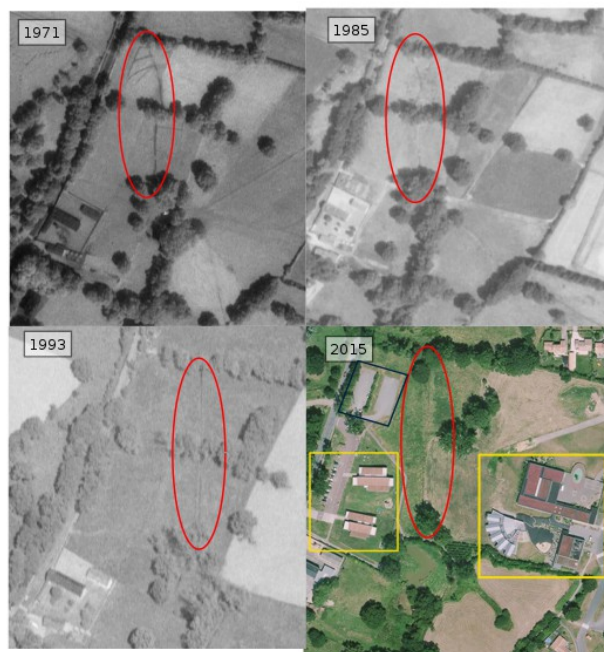


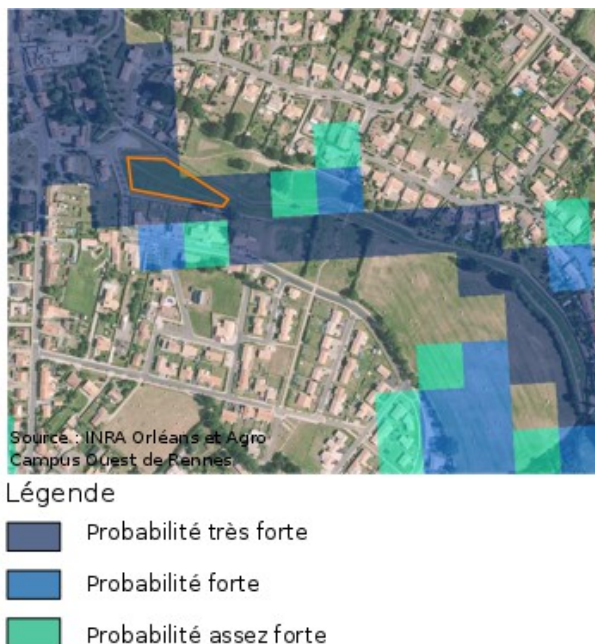
Figure 22 : Photographies aériennes du Moulin des Islettes entre 1971 et 2015

L'état naturel du cours semble difficile à retrouver pour ce cas. Les actions menées sur ce tronçon seront plutôt de nature à améliorer le cours d'eau plutôt que de le restaurer, au sens strict du terme.

a.ii) Sainte Pazanne

Sur la commune de Sainte Pazanne la prairie humide concernée (encadré orange sur la carte) est classée en zone potentiellement humide avec une probabilité très forte, l'ensemble du cours d'eau ainsi que ses berges le sont également. Cependant la commune a décidé d'intégrer cette prairie au sein du projet de restauration et donc de classer cet espace comme un « secteur pour la création de plan d'eau et d'espaces de promenade ouverts au public » dans le PLU, modifié en 2016 (cf Annexe 2). La présence d'une prairie humide avant l'action humaine est donc vérifiable sur ce site.

Figure 23 : Cartographie des zones potentiellement humide sur la commune de Sainte Pazanne



En observant la carte de l'État Major, on remarque que le tracé du Petit Beusse est similaire à celui d'aujourd'hui. L'état de référence à prendre en compte est donc l'état actuel du cours d'eau.



Figure 24 : Carte de l'État Major centrée sur la commune de Sainte Pazanne

b) La méthode de segmentation des secteurs à restaurer pour chaque secteur identifiés

Afin de préciser les actions à mener lors de ces projets de restauration j'ai procédé à une segmentation des terrains d'étude. Quatre composants du milieu déterminent la segmentation : la morphologie du lit mineur, la bande riveraine (type d'occupation du sol, nature de la ripisylve), la présence d'obstacle à la continuité des écoulements et la présence d'un réseau hydraulique annexe. Le long du linéaire si l'un de ces composants est modifié alors il y a rupture entre les segments. Les données utilisées pour la segmentation sont tirées des pré-diagnostic des techniciens de rivières et des visites de terrain que j'ai pu faire, pour Saint Père en Retz, et du diagnostic réalisé par le bureau d'étude en charge du projet, pour Sainte Pazanne. Cette méthode de segmentation me permet par la suite de détailler clairement les étapes de la fiche d'actions.

b.i) Saint Père en Retz

Sur la commune de Saint Père en Retz, j'ai procédé à un découpage en 4 segments pour le premier secteur en amont, et en deux segments pour le deuxième secteur en aval.



Figure 25 : Segmentation pour le secteur 1

Sur ce **premier secteur** les composants retenus pour élaborer cette segmentation ont été la nature de la bande riveraine et la présence d'obstacle à l'écoulement. N'ayant pas de cours d'eau à proprement parlé, nous n'avons pas retenu les autres critères.

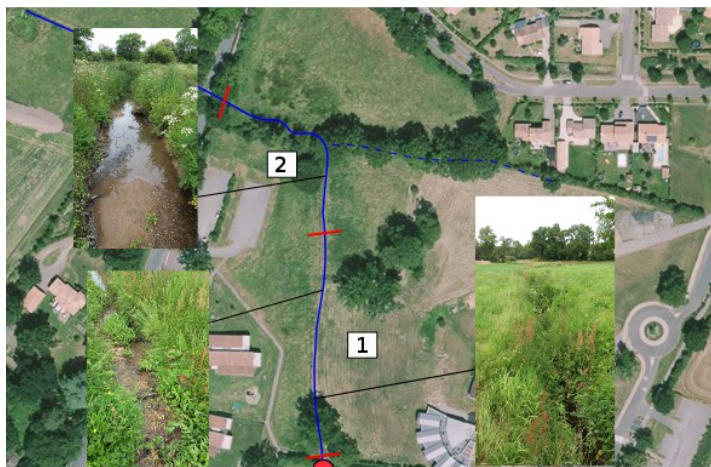
Le premier segment est caractérisé par un sol de prairie humide et d'une végétation composée essentiellement d'arbres.

La présence d'une buse marque la rupture entre le premier et le second segment. La végétation comprenant une strate arbustive et une strate arborée (présence de huit chênes alignés) définit l'aspect spécifique du segment 2.

Le troisième segment débute à l'emplacement de deux buses permettant le passage d'un chemin piéton. Le fossé présent permet un écoulement à travers une végétation herbacée en sous-bois.

Le dernier segment est caractérisé par un fossé rectiligne et des arbres plantés le long de la bande riveraine sur la berge côté rive droite. Le segment prend fin à l'embouchure sur un fossé de drainage de la parcelle agricole en amont.

Figure 26 : Segmentation pour le deuxième secteur



Sur le **deuxième secteur** il n'y a pas d'obstacle à écoulement excepté au début du linéaire et nous observons l'absence de réseau hydraulique annexe. Le seul critère que nous avons utilisé ici a été la morphologie du lit mineur, à noter que la nature de la bande riveraine est la même sur l'ensemble du linéaire excepté sur la fin du segment 2, qui semble en bon état et ne subira pas de travaux. Sur le segment 1 la hauteur entre le fond du lit et le bord des berges s'élève à 1,20 mètre, puis diminue à environ 0,90 mètres à mi-chemin au niveau du saule jusqu'à la fin du segment 2. La largeur plein bord évolue beaucoup plus puisqu'elle passe de 2 mètres environ à 3 mètres entre les deux segments. Le type de granulat évolue également entre des sédiments fins sur l'ensemble du segment 1 et de la vase et des sables sur le segment 2.

b.ii) Sainte Pazanne

Les données utilisées pour la segmentation sont celles mesurées par le bureau d'étude dans le diagnostic : les mesures morphologiques (coupes transversales en rouge sur la carte ci-dessous) et les données de sondages des substrats (en marron).

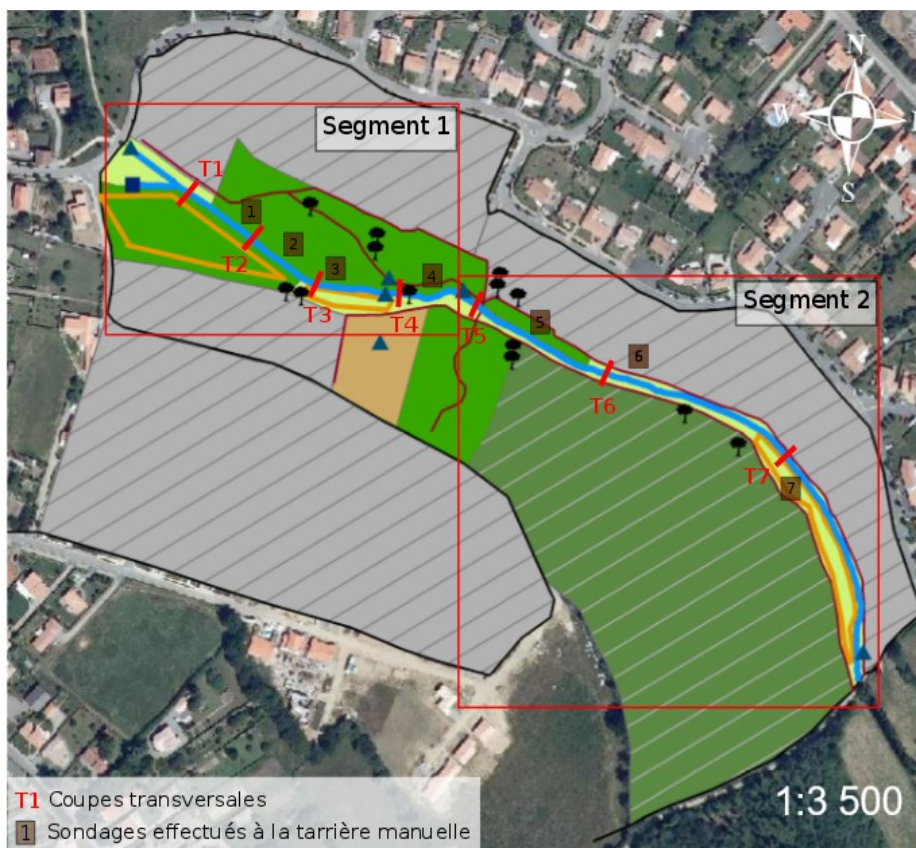


Figure 27 : Schéma de la segmentation du linéaire à restaurer

Le **premier segment** comprend les quatre premières coupes transversales et sondages de substrats. On observe une hauteur des berges peu fluctuante pour ce segment : entre la coupe T1 et T4 une moyenne de 2,2 mètres de hauteur pour la rive gauche et de 2,5 mètres pour la rive droite. La largeur pleins bords augmente légèrement entre les coupes T1 et T4, variant de 5,2 mètres à 7 mètres. La largeur du lit varie peu, entre 1,2 mètres (T4) et 1,5 mètres (T2 et T3).

D'après les sondages effectués sur le segment 1, on observe un cumul de 20 centimètres de vases et limons sur le premier sondage du à la confluence des deux ruisseaux en amont, puis une couche de 20 centimètres de graviers et de roche altérée avant d'atteindre la roche mère pour le premier sondage. Pour les autres sondages (2 à 4) on observe une couche directe de 20 centimètres de graviers et roche altérée avant d'atteindre la roche mère à 20 centimètres de profondeur.

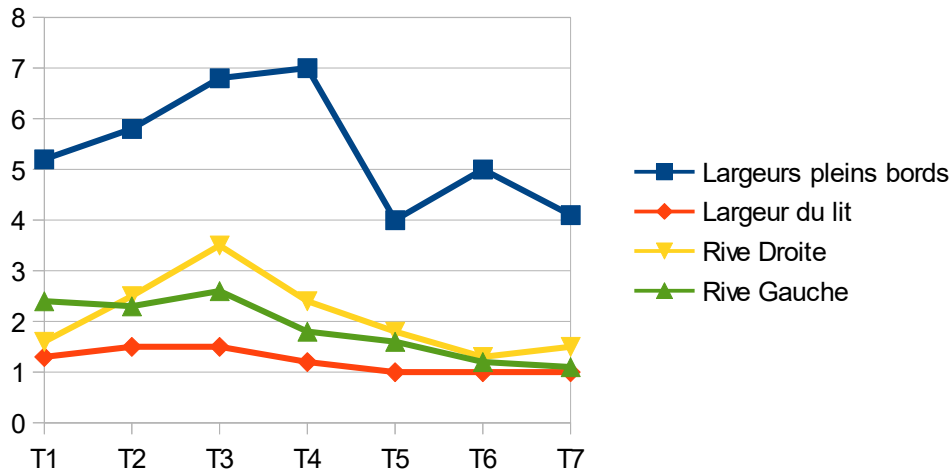


Figure 28 : Mesures de la morphologie du cours d'eau réalisées par le bureau d'étude (NB : les mesures représentées par des triangles sont les hauteurs de berges)

Le **second segment** comprend les coupes transversales et les sondages de substrats n°5 à 7. Sur ce segment la hauteur des berges se rejoint pour atteindre une moyenne de 1,25 mètres pour les deux berges. La largeur du lit se maintient sur l'ensemble du segment autour de 1 mètre. Les fluctuations de la largeur pleins bords s'expliquent par la présence d'une passerelle de passage sur la coupe T5 rapprochant les deux berges.

Le substrat observé sur l'ensemble du second segment présente une couche de limons argileux d'au moins 80 centimètres de profondeur et une absence totale de graviers (du moins sur le premier mètre de profondeur) sur l'ensemble des trois échantillons du segment 2.

Sur l'ensemble du cours d'eau les inventaires faune/flore indique la présence entre autre de l'Anguille jaune traduisant l'importance de l'amélioration de la continuité écologique avec le Tenu en aval. D'autres espèces apparaissent dans les documents du bureau d'étude indiquant un potentiel environnemental intéressant pour le projet. Par ailleurs la ripisylve est quasiment inexistante sur l'ensemble du linéaire.

c) Les techniques à utiliser pour mener à bien les actions prévues

Les techniques que je présente ici sont tirées de recherches bibliographiques, de retours d'expériences répertoriés par les Agence de l'eau, ainsi que des conseils des techniciens que j'ai pu côtoyer durant mon stage. Les actions que je propose ensuite sont donc entièrement appuyées sur ces techniques-là.

Le « reméandrage » est une technique permettant d'atteindre la majorité des objectifs énumérés dans ces deux projets de restauration. Plusieurs techniques de reméandrage existent, mais dans le cas des deux projets sur lesquels je me suis penché, la « création et le terrassement de nouveaux méandres⁷¹ » est la technique qui sera le plus utilisée.

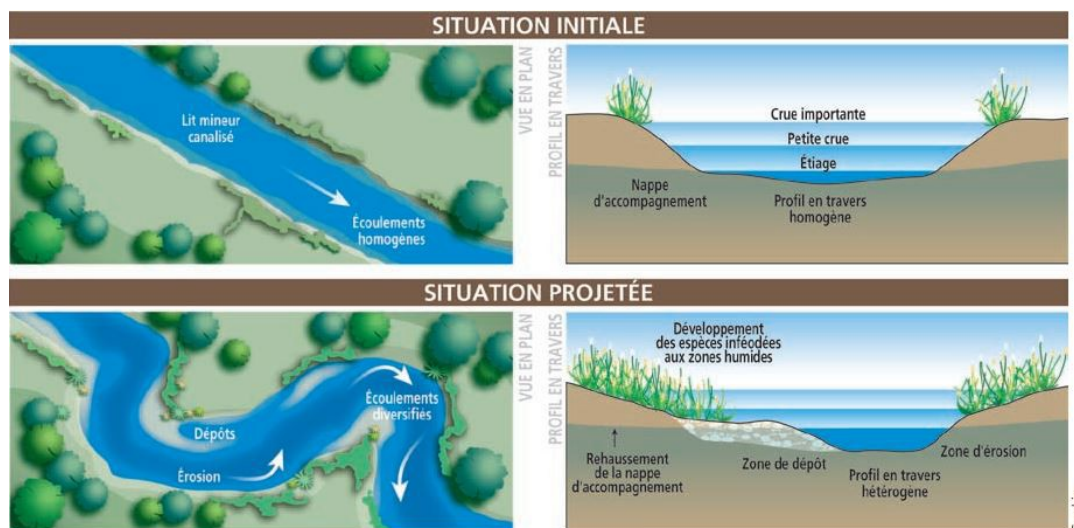
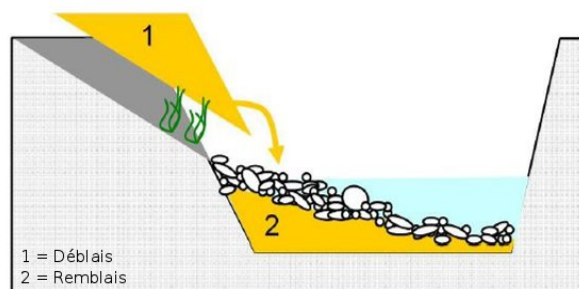


Figure 29 : Schéma théorique du reméandrage

La technique dite de « déblais-remblais » consiste en l'adoucissement de la pente des berges et en l'élévation de la ligne d'eau. Elle vient s'inscrire dans la logique de reméandrage du cours d'eau. En temps de crue, l'eau qui déborde est maîtrisée puisqu'elle s'épand sur la parcelle dont la berge a été abaissée. Les échanges entre les zones humides et le cours d'eau sont alors rétablis. Cette technique permet également de modifier les profils en travers afin de diversifier le profil en long trop homogène.

Figure 30 : Schéma de la technique déblais/remblais



Source : Bardon E, 2009

71 Document Onema : <http://www.documentation.eaufrance.fr/entrepotsOAI/AERMC/R111/52.pdf>

La recharge granulométrique est un outil très souvent utilisé dans les cas de restauration de cours d'eau. Elle a pour but de relever la ligne d'eau et de créer un lit d'étiage au cours d'eau. Cette technique permet également de diversifier les faciès d'écoulement, qui favorise la diversification des habitats. Les granulats permettent aussi une auto épuration de l'eau, grâce au frottement de l'eau sur les gravats.



Figure 31 : Tracé d'un lit d'étiage pour le Douavit (1er projet de restauration du Sah) grâce à la recharge granulométrique

Favoriser une alternance entre des fosses et des radiers permet de renforcer ou de créer une hétérogénéité des écoulements et donc des habitats aquatiques. Les fosses présentent des habitats d'eaux calmes où peuvent se reposer les poissons migrateurs lorsqu'ils remontent les courants plus forts au niveau des radiers. La création de radiers peut se faire sous différentes formes, mais essentiellement avec des matériaux naturels, tels que des rondins de bois ou des granulats dans le fond du lit.

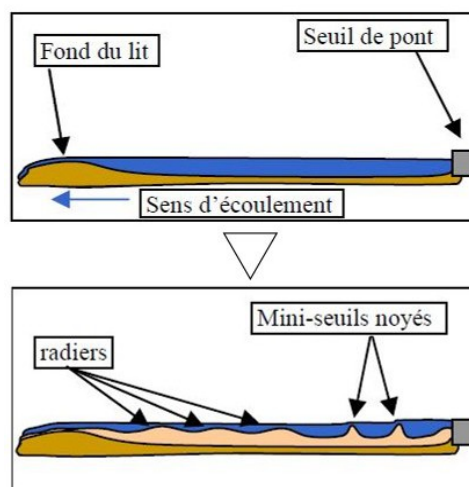


Figure 32 : Alternance fosses/radiers, et de « mini-seuils noyés » (Bramard M, 2010)

III) Projets de restauration de cours d'eau et de zones humides au sein du Syndicat d'Aménagement Hydraulique Sud Loire

Les actions présentées dans cette troisième partie sont les résultats de deux mois de travail de terrain et de cartographie.

Les résultats pour la commune de Saint Père en Retz ont été présentés aux élus lors d'une réunion, fin mai 2017, afin de leur expliquer clairement ce que projetait de réaliser le Sah. Les résultats pour la commune de Sainte Pazanne n'ont pas été retenus car ils ne représentaient qu'un exercice d'introduction aux pratiques de restauration. Ils n'ont volontairement pas été modifiés dans le but de pouvoir comparer ensuite mes résultats avec ceux du bureau d'étude et du projet final.

1) Résultats obtenus pour le Petit Beusse à Sainte Pazanne

Selon la méthodologie employée de segmentation du terrain d'étude je me suis appuyé sur les données du diagnostic réalisé par le bureau d'étude en charge du projet. Les fonds de cartes ont été digitalisés sur une orthophotographie, puis le dessin du nouveau tracé des berges et du lit mineur a été réalisé sur Inkscape.

Le réseau communal des eaux usées situé le long du cours d'eau actuel sur la berge rive gauche empêche tout aménagement du cours d'eau sur la rive gauche. La prairie communale est un espace inutilisé et représente un gros potentiel spatial pour le reméandrage du cours d'eau.

La proposition ci-dessous expose la possibilité de creuser un nouveau lit méandriforme au cours d'eau. Le lit du cours d'eau sera emboîté afin de conserver un lit d'étiage en été. Des actions de recharges en granulats sur le fond du lit se feront sur l'ensemble du linéaire afin d'installer un matelas alluvial qui participera à une diversification des habitats. La technique de déblais-remblais permettra de retrouver des berges adoucies, qui conduira à une reconnexion entre le cours d'eau et la prairie humide, afin de restaurer son rôle de zone tampon entre deux méandres, et de limiter l'impact des écoulements en période de crue. Des enrochements seront installés après la confluence des deux canaux en amont afin de rompre la force hydraulique de cette confluence. Des arbres seront replantés sur les berges essentiellement sur la berge rive droite afin de créer des zones d'ombre sur le cours d'eau. Une mare pourrait être créée dans le creux de deux méandres. L'apport en eau se ferait par débordement lors des crues, un exutoire sera installé en contre bas.

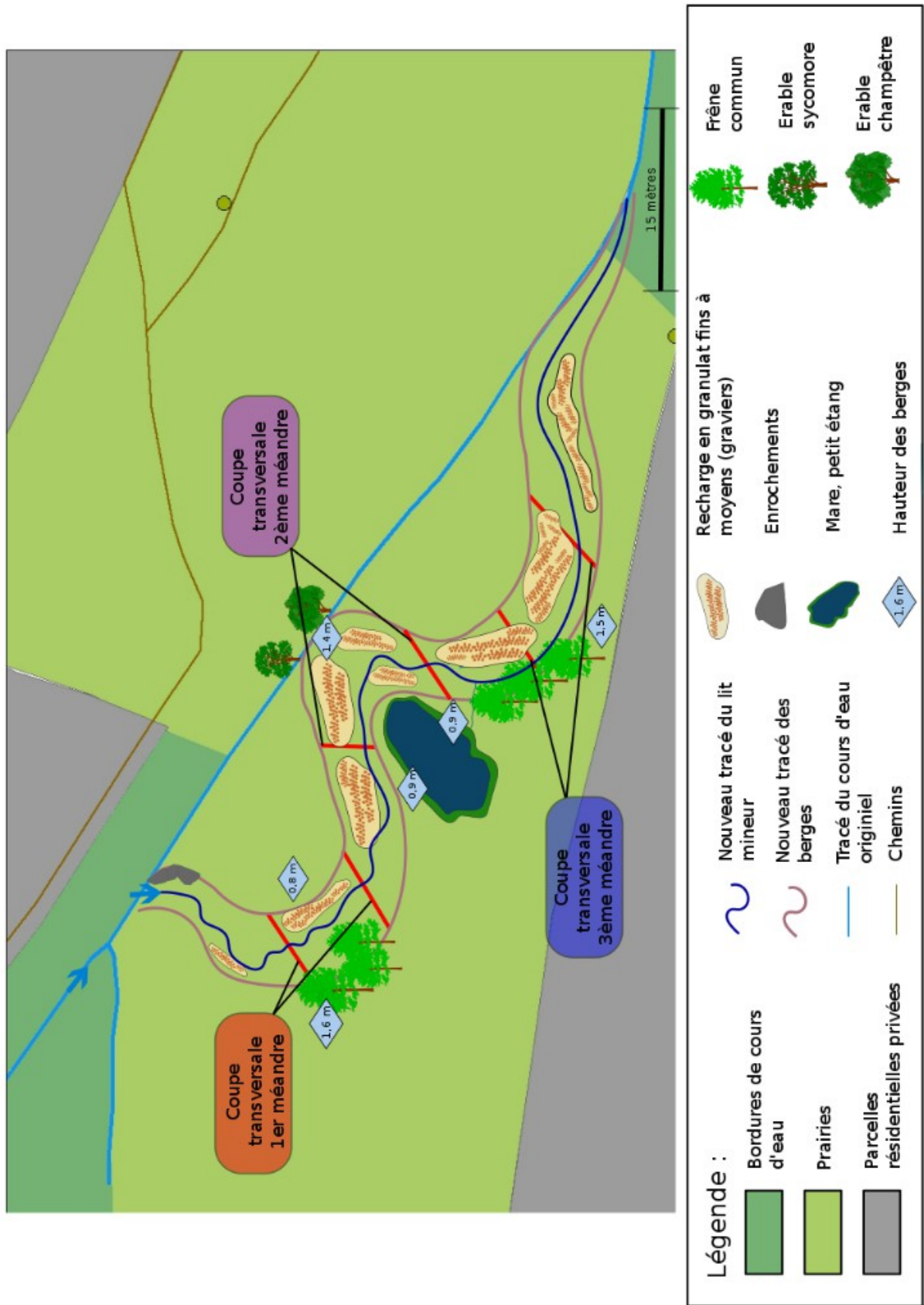
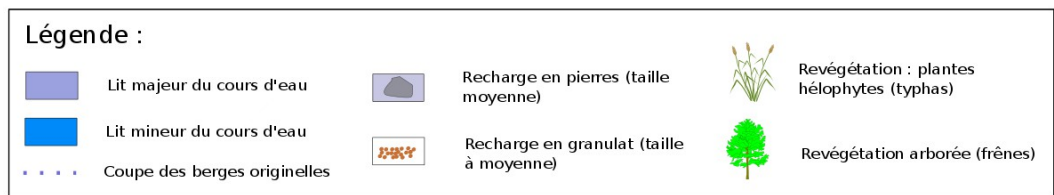
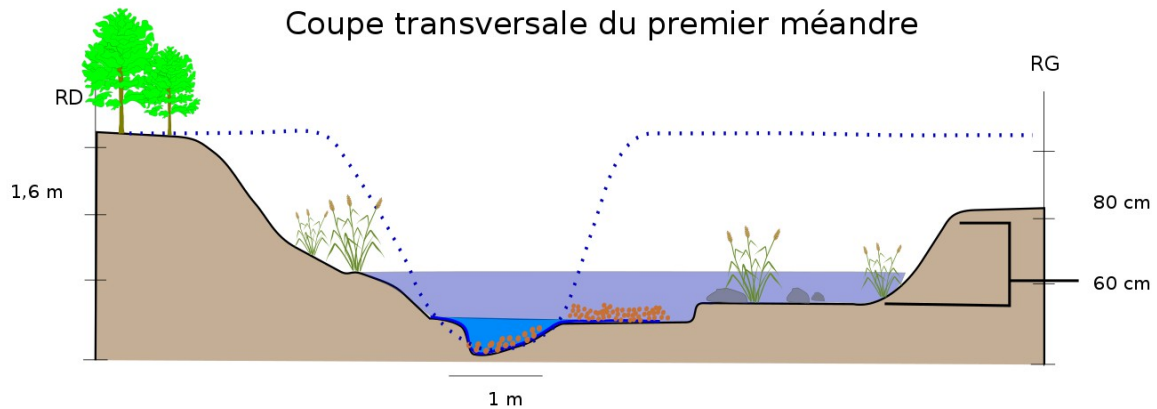


Figure 33 : Proposition de reméandrage sur la prairie humide communale de la 1ère partie du projet de restauration



L'action principale à mener pour le premier méandre serait de creuser un lit emboîté, avec un lit d'étiage resserré, permettant un débordement contrôlé sur la rive gauche. La berge de la rive gauche sera volontairement moins élevée que celle de la rive droite pour permettre ce débordement qui reconnectera naturellement le cours et la prairie humide en période de crue.

Une première terrasse sera recouverte d'une banquette de granulats de taille moyenne. Des plantes hélophytes, submersibles en période de crue, seront plantées sur la seconde terrasse pour favoriser la création de nouveaux habitats (Fig. 34).

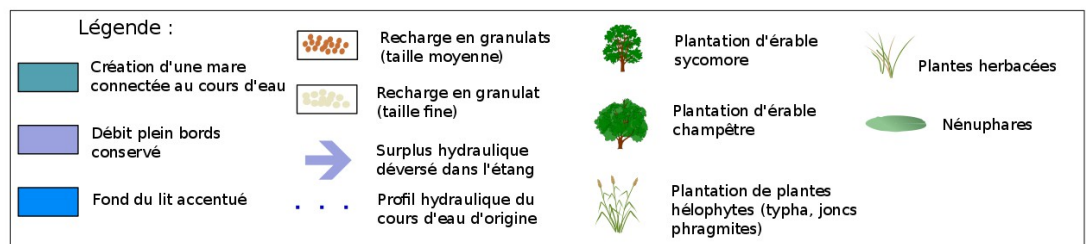
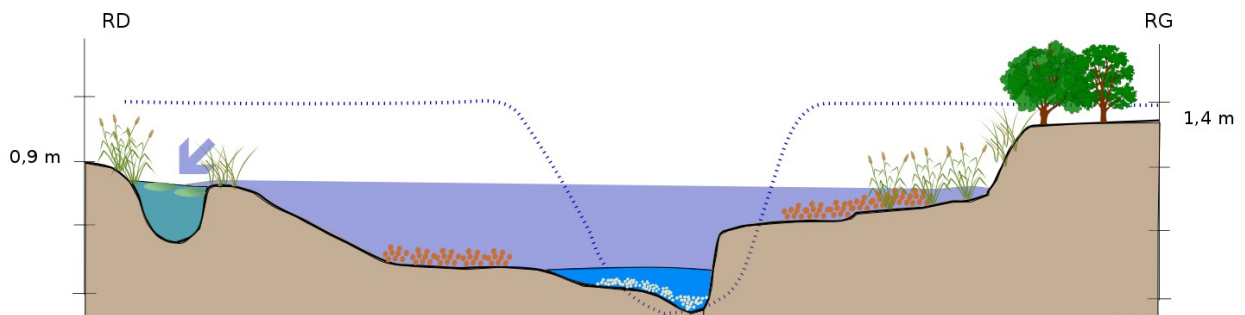
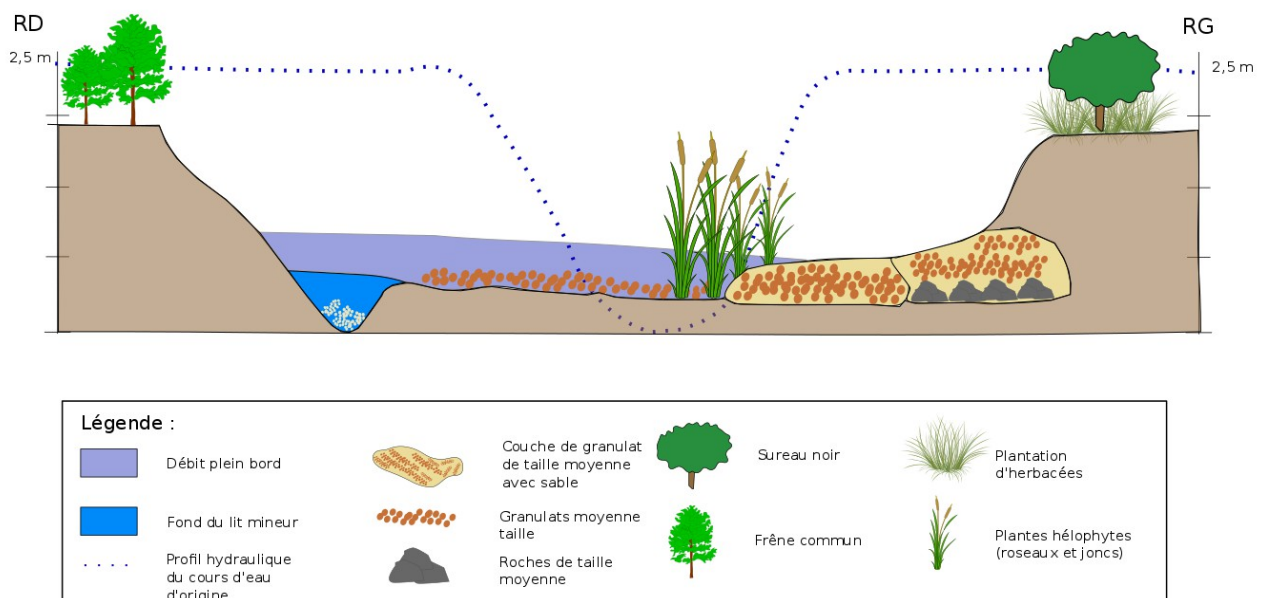


Figure 35 : Coupe transversale du 2ème méandre

Sur le deuxième méandre la création d'une mare de faible profondeur en rive droite est envisageable et permettrait une diversification des habitats aquatiques. La berge rive droite devra être plus creusée que celle en rive gauche afin d'encourager les débordements en temps de crue sur cette mare. Le lit d'étiage sera creusé selon le même modèle que le premier méandre. Des érables seront plantés sur la rive gauche et des plantes hélophytes à leur pied. Des frênes sont à ajouter autour de la mare pour créer une zone d'ombre empêchant une évaporation trop forte de l'eau lors de la période d'étiage du cours d'eau.

Le dernier méandre est basé sur la même méthodologie que le premier mise à part une implantation plus importante de roseaux, joncs et autres plantes caractéristiques des zones humides sur la rive gauche. Des banquettes sédimentaires seront aménagées au pied de la rive gauche pour contenir l'érosion en temps de crue et favoriser l'épandage sédimentaire naturelle en aval.

Figure 36 : Coupe transversale du 3ème méandre



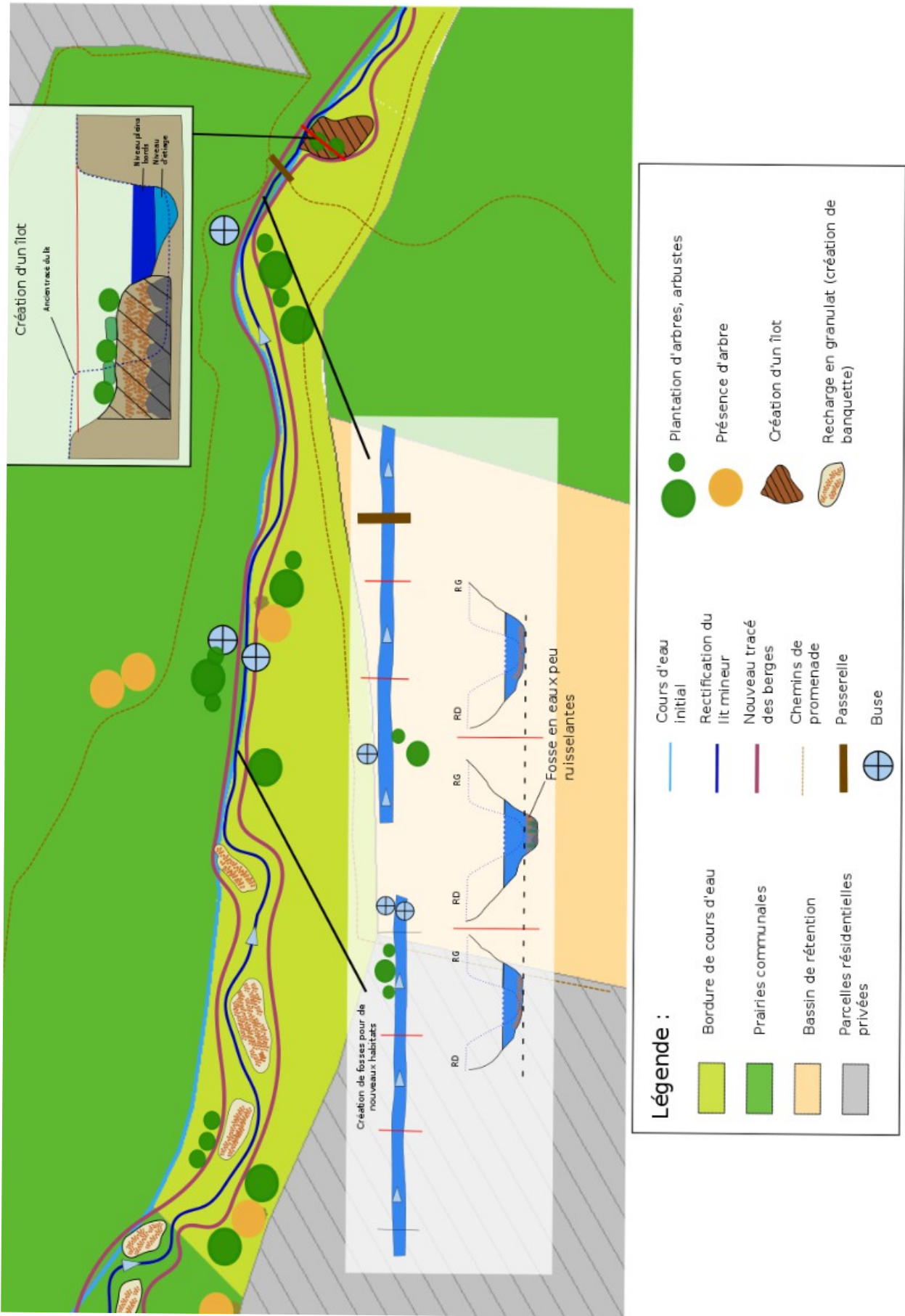


Figure 37 : Proposition de restauration de la seconde partie du cours d'eau

La seconde partie de la segmentation du projet de restauration concerne essentiellement le lit du cours d'eau. Le réseau des eaux usées le long de la rive gauche et le faible espace disponible en rive droite ne permettent pas un reméandrage semblable à la première partie.

La majeure partie des actions portera sur une atténuation des berges de la rive droite au début du segment grâce à la technique de déblais/remblais, utilisée précédemment, permettant de rehausser le niveau de la ligne d'eau et la continuité du lit emboîté. Des banquettes de granulats seront aménagées essentiellement sur la partie amont du linéaire encourageant un transport sédimentaire naturel par le cours d'eau d'amont en aval. Puis des fosses de dissipation et des radiers seront aménagés comme sur le schéma ci-dessus afin de diversifier les écoulements en le ralentissant lors de son passage sur les fosses et en l'accéléralant par la chute au radier.

Finalement le projet proposé par le bureau d'étude ATLAM est adopté par les élus de la commune. La deuxième partie en aval consiste à abaisser les berges en rive droite et à créer des fosses et radiers pour diversifier les faciès d'écoulement. La partie en amont sur la prairie humide présentée par le projet est finalement différente de ce que j'avais projeté. La mare a paru trop compliquée à mettre en place lors des discussions en réunion avec les élus, le bureau d'étude et le Sah, cette idée est abandonnée. Le bureau d'étude proposait cependant une partie en amont avec deux écoulements et la création d'une risberme au centre, puis de réunir les deux lits mineurs. L'idée étant de dissiper l'énergie du cours en accompagnant la confluence des deux ruisseaux en amont. D'un point de vue esthétique seront observables durant l'été deux linéaires et un seul durant l'hiver.

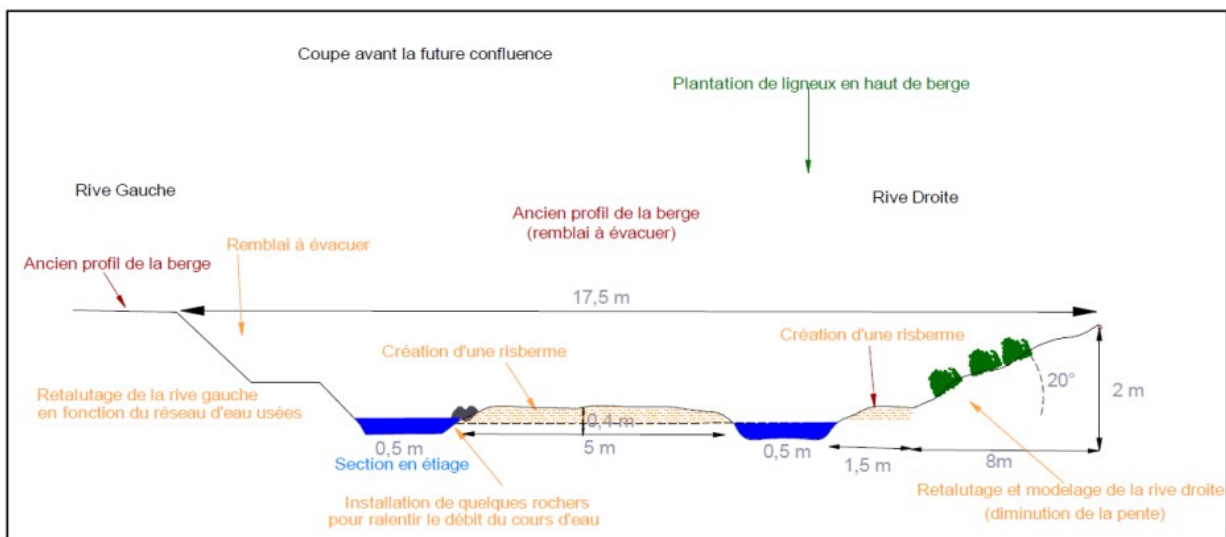


Figure 38 : Coupe transversale correspondant au commencement du linéaire restauré (réalisée par le bureau d'étude ATLAM, accepté par le conseil municipal)

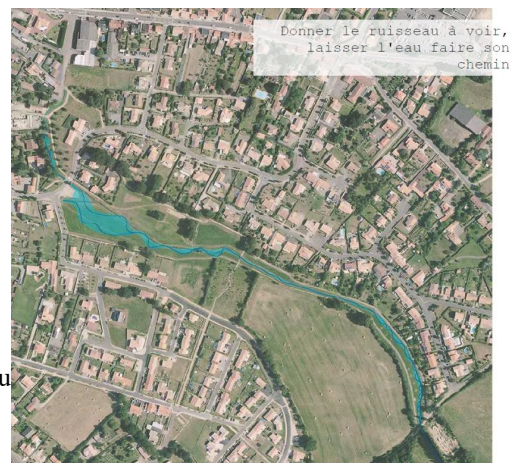


Figure 39 : Schéma du nouveau linéaire du cours d'eau une fois restauré.

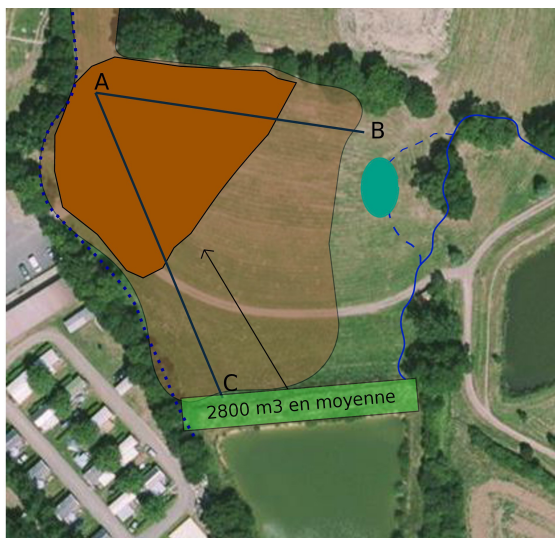
2) Restauration de cours d'eau et de prairies humides sur la commune de Saint Père en Retz :

La segmentation des deux secteurs visés par le projet de restauration permet de détailler dans cette partie les propositions des actions à mener dans le cadre de la restauration de la zone humide et du réseau de fossés qui en découle en amont, ainsi que du cours d'eau en aval et de ses prairies.

a) Secteur 1

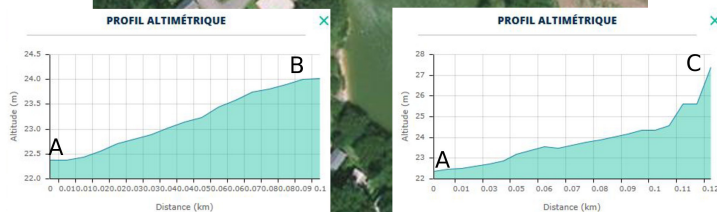
L'idée du projet implique la mise à « l'air libre » des fossés busés, en particulier sur le segment 1. Les chemins de promenade existants ne seront pas modifiés sur l'ensemble du secteur, exceptés les deux emplacements pour un aménagement de franchissement du fossé (les polygones noirs sur la figure 21 : Segmentation du secteur 1). Les obstacles aux écoulements les plus gênants seront remplacés par des aménagements plus efficaces, tels que des ponts cadre si le budget le permet. Des préconisations de diagnostics spécifiques à chaque segment sont présentés afin de s'assurer de la faisabilité des propositions de restauration.

a.i) Première partie : restauration de la prairie humide par le régalinge des matériaux de la digue



La prairie communale présentée ci-contre représente le point de départ du projet, par la restauration de la première prairie humide. Celle-ci présente une pente AB de 1,6%. Le point A (22,5 mètres) étant le plus bas et B le plus élevé (24 mètres).

Il est prévu d'ajuster la topographie en régalinge les matériaux de la digue sur la prairie, avec une inversion de la pente AB en surélevant la zone foncée du schéma et en la faisant pencher vers la partie est. Ainsi l'écoulement des eaux sera naturellement sur la partie est de la prairie et le nouveau fossé créée à cette occasion.



- Remblaiement de la prairie (6700 m² environ) avec l'effacement de la digue
- Effacement de la digue
- Réhaussement de la prairie humide plus important (du fait des différences de l'altimétrie)
- Nouveau tracé du fossé
- Alimentation, exutoire de la mare
- Fossé existant à remblayer
- Création d'une mare

Figure 40 : Schéma pour le régalinge de la prairie humide

La création d'une mare au pied du saule permettra de récupérer les eaux de ruissellement provenant de la prairie, des canaux d'exutoire seront aménagés afin de diriger le surplus d'eau vers le fossé en aval. Un rehaussement sera nécessaire derrière le site de la mare, au niveau du point B, afin d'éviter un débordement sur les terrains de sports et maîtriser l'espace de liberté de la mare.

Un fossé devra être créé préalablement afin de vidanger lentement la réserve d'eau vers le nouveau réseau. L'installation d'une pompe de vidange sera ensuite nécessaire pour pouvoir vider en grande partie le plan d'eau.

a.ii) Seconde partie : précisions quant aux segments restaurés

– Proposition de restauration pour le **1er segment** :

Le premier fossé permettra de délimiter la prairie humide en drainant naturellement les eaux de ruissellement de celle-ci. Il sera creusé au sein du petit massif de végétation schématisé ci-contre. Il est préférable de diminuer la hauteur de la berge rive droite (représenté par coupe transversale sur la photo) afin de créer une zone de débordement des eaux qui serait contrôlée naturellement par la végétation présente (composée d'arbres, arbustes et herbes diverses).

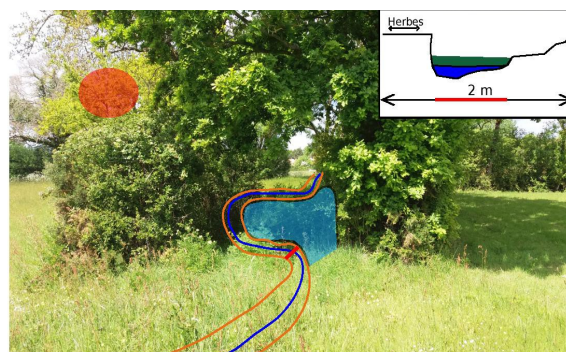


Figure 41 : 1er segment de fossé du réseau découlant de la prairie







-  Création de la mare humide
-  Coupe
-  Aménagement de franchissement
-  Zone de débordement

Figure 42 : Schéma pour la création de la mare sur la prairie humide

Afin de restaurer une partie de la prairie humide il est proposé de créer une mare d'une profondeur de 0,5 à 1 mètre sur un diamètre de 3 à 4 mètres, avec des berges adoucies au devant et sur le côté gauche de la mare. L'alimentation de la mare se fera par un petit canal dérivant du fossé, légèrement supérieur à la ligne d'eau en période d'étiage du fossé. Ce qui permettra une alimentation en période hivernale. Un exutoire est à prévoir en sortie de la mare afin d'exonder le surplus d'eau en période hivernale. La largeur du canal d'exondation sera moins importante que celle du canal d'alimentation afin de permettre à la mare de s'étendre naturellement dans un périmètre maîtrisé et d'alimenter une partie de la prairie humide. Des plantations arborées pourraient être aménagées sur la partie sud de la mare afin de créer une zone d'ombre en été pour éviter une évaporation totale de la mare.

Le fossé suivra son cours derrière le petit massif de végétation, le linéaire est dessiné sur la carte de la figure 21 : Segmentation du secteur 1.

Diagnostic spécifique au segment 1 :

- *Géomorphologie* : carottes sédimentaires à l'aide d'une terrière pour identifier la nature des sols sur la zone d'implantation potentielle d'une mare humide. Cette dernière sera installée sur des sols réceptifs à la stagnation des eaux, tel qu'un sol argileux.
- *Hydrologie* : installation d'un piézomètre au niveau de la prairie humide sur l'emplacement potentiel d'installation de la mare, avec un suivi régulier. (cf : *carte de segmentation du secteur 1*).

– Proposition de restauration pour le **2ème segment** :

Le deuxième segment débute au niveau de la buse débouchant sur le fossé parallèle au plan d'eau de la Fédération de Pêche (cf figure 21). La buse sera déterrée et un aménagement sera à prévoir selon le budget au travers du chemin de promenade que l'on distingue sur la photo de gauche ci-contre.

Au centre du massif de végétation (situé entre le fossé et le chemin de promenade) un ancien fossé est encore présent, il sera partiellement utilisé dans le cadre de cette seconde partie de restauration. L'idée consiste à creuser partiellement des passages entre le massif de végétation et le chemin de promenade pour rendre au fossé un aspect méandrique. Chaque cercle de couleur indique un passage du fossé qui circulera à la fois le long du chemin et au centre du massif de végétation, ce qui lui permettra de déborder au centre du massif durant les période de hautes eaux. Le changement entre zones d'ombre, au centre du massif, et zones ensoleillées le long du chemin constitue un atout pour la diversification des habitats. Une fine recharge en granulat fins à moyens est préférable uniquement sur la partie du segment ci-dessus, la présence d'une buse en aval (proche du cercle rouge sur la photo ci-dessous) indique un risque d'embouchure et d'un débordement par dessus le chemin piéton. La recharge en granulat et l'aspect méandrique du fossé contribueront à faire chanter l'eau dans le fossé avec pour objectif de créer une ambiance naturelle et agréable pour les promeneurs.

Plan d'eau Fédéré de Pêche

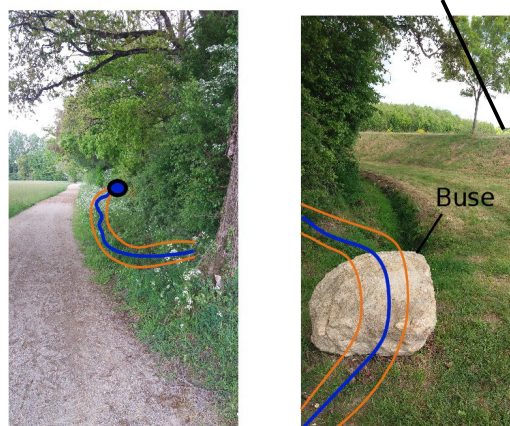


Figure 43 : Photos et schémas pour le 2ème segment

Le fossé suivra son cours derrière le petit massif de végétation, le linéaire est dessiné sur la carte de la figure 21 : Segmentation du secteur 1.

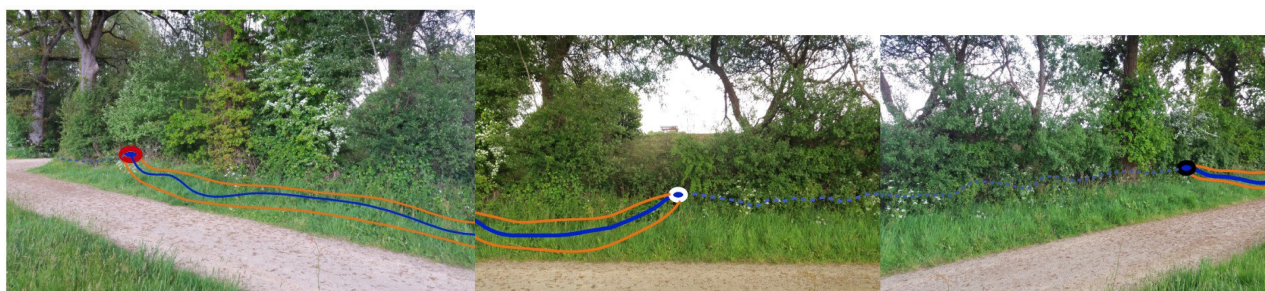


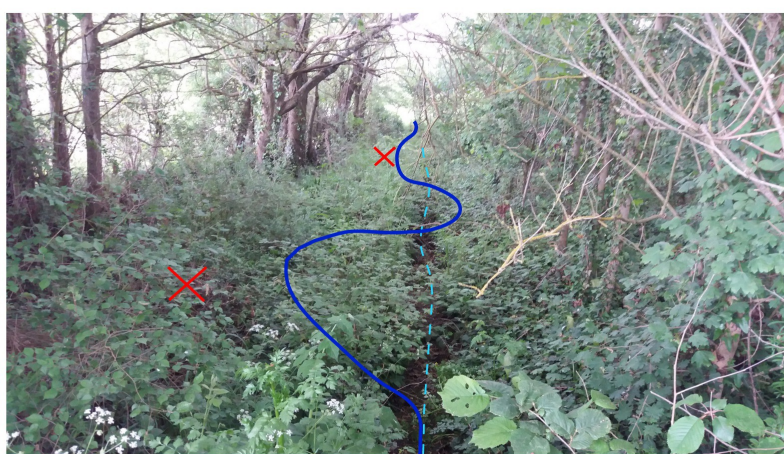
Figure 44 : Illustration latérale de l'alternance entre fossé intérieur et extérieur

Diagnostic spécifique au segment 2 :

- *Inventaire faune/flore* : le suivi des espèces et de leurs habitats en ces lieux devra être irréprochable en raison d'une flore abondante, les chênes et autres grands arbustes ne devront être épargnés le mieux possible.
- *Topographie* : une vérification entre les niveaux topographiques internes (massif de végétation) et externes (le long du chemin piéton) devra être précisée afin d'assurer un bon fonctionnement des points de passage.

– Proposition de restauration pour le 3^{ème} segment :

Le segment 3, débutant après la buse passant sous le chemin de promenade, présente la particularité de se trouver intégralement dans un corridor végétal. Il est ainsi possible de retracer le fond du lit afin de faire méandrer le nouveau tracé. Un requalibrage de granulat est prévu dans le fond du fossé en début de linéaire afin de permettre au cours d'eau de répartir naturellement sa granulométrie depuis la sortie de la buse (située au niveau de la prise de la photo).



--- Fossé existant
— Nouveau tracé proposé
X Carottage sédimentaire et relevés piézométriques

Figure 45 : Reméandrage du fossé sur le segment 3

Le creusement d'une fosse de dissipation au niveau de la seconde carotte sédimentaire favorisera l'installation naturelle de nouveaux habitats et ralentira l'écoulement avant le dernier méandre sur la droite avant de sortir sur la prairie. L'élargissement des berges à ce niveau permettront une zone d'expansion des hautes eaux.

La végétation herbacées peut être endommagée par les travaux, cependant les arbustes et arbres en bordures de corridor devront être conservés car ils joueront le rôle d'épuration de l'eau en période hivernale.

La fin du corridor débouche sur le segment 4, sur celui-ci un fossé existe déjà et suit son cours à travers le sous-bois situé sur la droite au fond de la photo. Les eaux s'écouleront à travers le sous bois avant de retrouver le fossé de drainage de la parcelle agricole en amont (en jaune sur la figure 21).

Des carottes sédimentaires à l'aide de tarière manuelle seront à réaliser sur les emplacements indiqués ci-dessus pour connaître exactement la nature du sol sur ce segment, afin de confirmer la faisabilité des projections pour ce segment.

- Proposition de restauration pour le **4ème segment** :



- | | | | |
|-------|--|---------|---|
| ✗ | Carottes sédimentaires + relevé piézométrique au niveau de la mare | — | Fossé de déviation pour alimenter la mare |
| | Conservation du fossé pré-existant | - - - - | Fossés d'alimentation de la mare |

Figure 46 : Conservation du fossé intérieur et dérivation vers une mare humide

Sur cette dernière partie de la restauration du secteur 1, un fossé (tracé en pointillé sur le dessin ci-dessous) assure la continuité de l'écoulement du cours d'eau du segment 3 vers le fossé de drainage en aval (cf figure 21). Cet ancien fossé sera conservé car il permettra une expansion de crue dans le massif de végétation et une autoépuration de l'eau grâce à la végétation déjà présente. La création d'un nouveau fossé au sein de la prairie a été écarté car il représenterait un obstacle à l'entretien de la prairie par les services techniques de la commune.

Cependant un fossé annexe sera creusé afin de permettre une alimentation et une exondation des eaux de la mare, comme illustré sur la figure 45 ci-dessus. Selon les visites de terrain et l'observation conjointe du bureau d'étude et du Sah confirme la nature humide de la prairie et permet de proposer la création d'une mare au pied du saule. Celle-ci serait alimentée de la même manière que celle du premier segment et permettrait une autre zone d' « expansion de crue » ainsi que la diversification d'habitats. La présence du saule lui permettrait de bénéficier d'une zone d'ombre durant la plupart de la journée et ainsi empêcher un assec de la mare en été.

Suivant ce nouveau tracé on identifie deux types d'habitats au moins, de nature différente : le fossé dans le massif de végétation (tracé pointillé) et la mare au pied du saule.

Diagnostic spécifique au segment 3 :

- *Hydro-morphologique* : des relevés piézométriques sont nécessaires au niveau de la zone potentielle d'installation d'une mare humide pour vérifier la faisabilité du projet.
- *Géomorphologique* : identifier la nature du substrat au pied du saule et en contre bas pour assurer l'efficacité de l'écoulement et vérifier la porosité des sols.



Figure 47 : Aménagement de banquettes sur le dernier linéaire du secteur 1

La continuité du fossé existant en sous bois débouche sur ce fossé ci-contre. Il fera l'objet d'une recharge ponctuelle en granulats sous forme de banquettes, dans l'objectif de ralentir et de diversifier les écoulements. Cette aménagement léger permet de resserrer le lit afin d'assurer un lit d'étiage en été.

L'ensemble du fossé et ses différentes connexions permettront un bon écoulement des eaux de la prairie humide et de la source naturelle se trouvant au niveau de la réserve d'eau. Cet écoulement rejoint le fossé de drainage de la parcelle agricole représenté par le linéaire jaune sur la figure 21, et s'écouleront dans le même fossé qui est ensuite busé sous les lotissement et rejoint le cours d'eau, le Moulin des Islettes, du second secteur.

b) Secteur 2

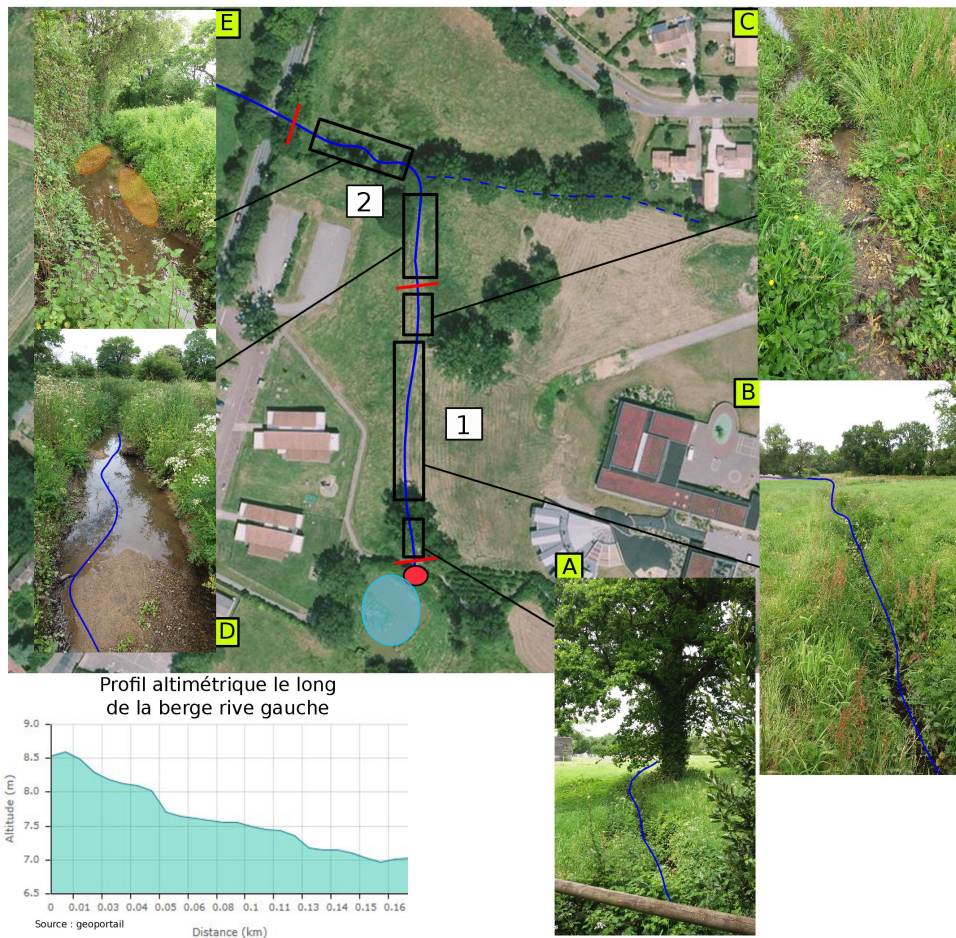


Figure 48 : Schématisation des différents tronçons du secteur 2 à restaurer

Différents types d'actions seront mises en œuvre pour restaurer le cours d'eau le Moulin des Isletttes. Le découpage du secteur en deux segments permet de détailler et d'illustrer les opérations de restauration spécifiques à chaque tronçon.

La photo A illustre le début du linéaire à hauteur du passage piéton visible sur la carte ci-dessus. Le linéaire en ce début de cours d'eau est très encaissé et des phénomènes d'érosion au niveau du fond du lit sont observables (la végétation dense des berges retombant dans le lit ne permis par durant la visite de terrain d'obtenir une photo convenable). La présence d'une buse, permettant l'écoulement depuis l'étang privé (en bleu clair sur la carte) et marquant le début du linéaire, est à l'origine de la fosse de dissipation provoquant l'érosion des berges. Il sera nécessaire d'installer des roches au niveau de cette fosse afin d'améliorer l'écoulement.

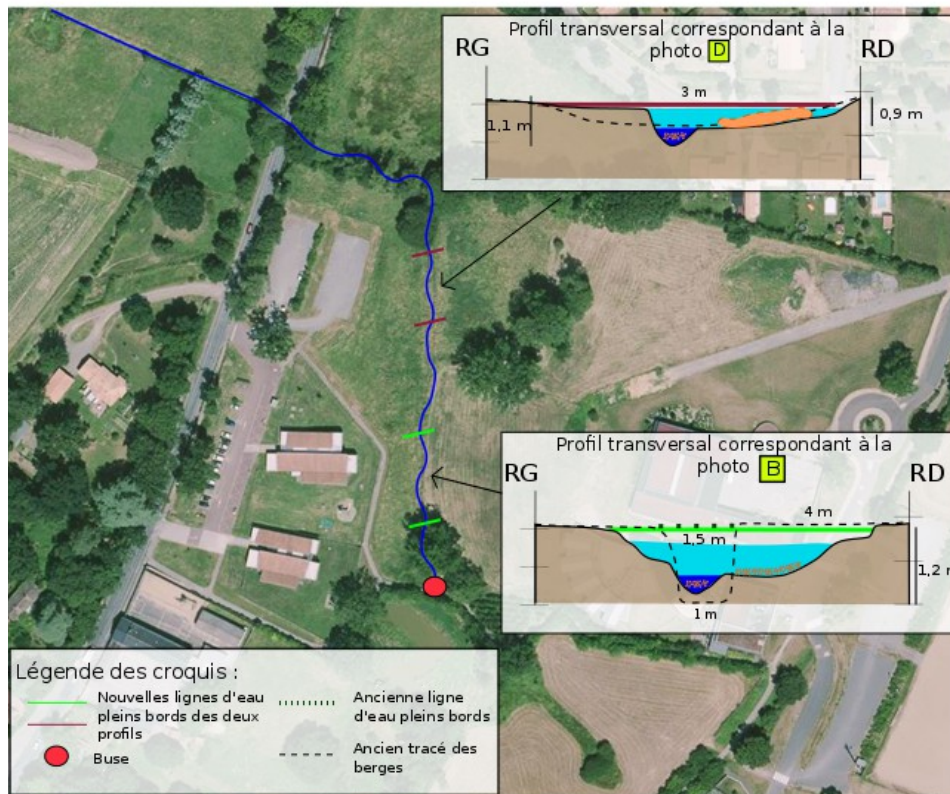


Figure 49 : Reméandrage et coupes transversales illustrant les modifications sur le linéaire

Au niveau de la photo B le lit mineur est trop incisé et les berges trop raides. La technique utilisée de déblais/remblais permettra d'adoucir les berges de la rive droite sur une distance de 15-20 mètres. Des recharges ponctuelles en granulat permettront de relever la ligne d'eau qui, selon la topographie, ne bousculera pas l'écoulement déjà observé. Cette abaissement des berges favorisera une reconnexion du cours d'eau avec la prairie humide et augmentera les interactions entre les deux milieux, créant par ailleurs de nouveaux habitats. Le rôle de zone tampon de la prairie humide sera également retrouvée, elle pourra contenir une partie des eaux de crue.

La partie du segment 1 illustré par la photo C ne nécessite pas d'opération particulière étant donné l'aspect méandrique du lit que le cours d'eau a réussi à conserver. Le rétrécissement du lit à cet endroit et la faible hauteur des berges permettra au cours de d'eau de déborder en même temps sur les deux berges.

La première partie du segment 2, partie la plus envasée du linéaire, fera l'objet de recharges ponctuelles en granulats sous forme de banquettes ainsi que le creusement léger d'un lit d'étiage emboîté (photo D). Ainsi de nouveaux faciès d'écoulement apparaîtront et l'écoulement estival sera contenu lorsque les banquettes de granulats resteront à sec en été. Des méandres se créeront naturellement grâce aux banquettes installées.

La dernière partie du segment 2 ne fera l'objet que d'un rechargement de granulat en banquettes. Comme le montre la photo E le cours d'eau a conservé un aspect méandrique et ne nécessite pas d'autres opérations.

Afin de s'assurer de l'efficacité durable de ce projet il est primordial d'y intégrer une fiche de préconisation des pratiques d'entretien pour la commune, à exercer suite aux travaux pour conserver le bon état des prairies humides et du cours d'eau fraîchement restaurés.

c) Préconisations de pratiques d'entretien pour les prairies humides et le cours d'eau restaurés

Selon les services techniques de la commune que j'ai contacté pour avoir des renseignements sur les pratiques d'entretien d'aujourd'hui, les prairies humides (la première située au niveau de la réserve d'eau, la seconde visible sur les photos des figures 46 et 47, et les deux prairies du secteur 2) sont fauchées début juin puis le foin est récolté par un agriculteur local. Entre le mois d'août et le mois de juin les prairies sont laissées pousser sans entretien particulier. Une partie de la prairie du secteur 2 est aujourd'hui laissée pousser pour laisser le milieu naturel se développer. La prairie de la réserve d'eau (secteur 1) est cependant entretenue d'une manière particulière car des courses hippiques y ont lieu au delà de la zone prévue pour la restauration de la prairie humide. Le terrain est tondu proprement pour accueillir durant l'été des événements sportifs et des randonneurs.

Suite aux actions menées sur le cours d'eau et les prairies humides l'entretien permettra de maintenir les efforts pour conserver et valoriser ces espaces restaurés. Le bon entretien régulier du cours d'eau permet de « le maintenir dans son profil, de permettre un bon écoulement naturel des eaux et de contribuer [maintenir dans notre cas] au bon état écologique par l'enlèvement des débris et par l'élagage de la végétation des rives⁷² ». Le bon entretien de la prairie humide permettra d'assurer son rôle de zone tampon et d'auto-épuration de l'eau, de ralentissement des écoulements et d'abris pour de nombreuses espèces.

Deux solutions peuvent être préconisées pour l'entretien des prairies humides :

- un pâturage occasionnel, aussi appelé « éco-pâturage », qui permet d'entretenir une parcelle de la prairie naturellement en faisant appel à un éleveur à qui la commune loue quelques têtes le temps de la fauche. Cette technique pourrait s'accoupler avec des activités pédagogiques autour du rôle du pâturage dans l'écosystème prairie humide – cours d'eau durant l'été (juin-juillet).
- Une fauche contrôlée à partir de début juin après la floraison et la nidification des oiseaux permet de ne pas trop perturber le milieu. Plusieurs techniques⁷³ pour ne pas perturber les cycles de nidification et de floraison peuvent être mises en place.

→ La fauche dite « centrifuge » consiste à débiter la fauche au centre et progresser lentement vers les bordures afin de laisser aux animaux le temps de sortir de la parcelle.

→ Laisser une bande non fauchée, dite « zone refuge⁷⁴ » de 5-6 mètres jusqu'à fin août permet à la faune de s'y réfugier durant la fauche du reste de la prairie.

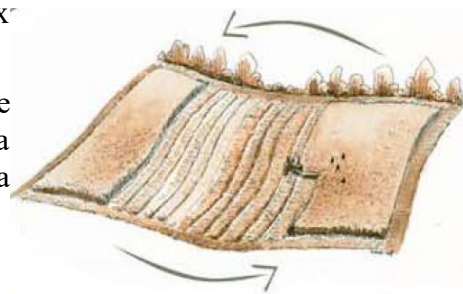


Figure 49 : Schéma de la fauche « centrifuge »

Concernant le Moulin des Islettes une végétalisation des berges n'est pas encore prévue par

72 Article L215-14 du Code de l'Environnement

73 Forum des Agriculteurs Responsables Respectueux de l'Environnement (FARRE), « Les prairies fauchées et pâturées »

74

le projet de restauration. La commune décidera suite aux opérations de replanter des espèces inféodées au milieu aquatique et semi-aquatique.

Cependant il est préférable de planter quelques aulnes ou saules afin de préserver les berges de l'érosion et de créer des zones d'ombres sur le linéaire à découvert pour éviter une élévation trop forte de la température en période d'étiage.

→ Si des arbres sont replantés sur les berges il faudra adapter les pratiques d'entretien : élagage en hiver sur les branches tombant sur le cours d'eau menaçant d'être un obstacle à l'écoulement, et une coupe au ras du tronc sans blesser l'écorce.

Les berges du Moulin des Islettes sont recouvertes par une végétation essentiellement herbacée, excepté le chêne situé à l'amont au niveau de la buse, et d'une végétation arbustive et plus arborée située en aval du cours d'eau. Un fauchage trop à ras des herbacés entraînant une mise à nue des berges, peut avoir des impacts conséquents : une diminution ou annulation du rôle des végétaux (habitats, rôle d'auto-épuration de l'eau, qualité des paysages, ...), une exposition plus forte à l'érosion, une augmentation de l'ensoleillement qui favorise la repousse d'espèces telles que des ronces, orties, prunellier,...

d) Les indicateurs de suivis d'après travaux

La dernière phase d'un projet de restauration, de cours d'eau comme de zone humides, est indispensable pour s'assurer de l'efficacité des travaux effectués. Cette partie ne m'a pas été confié par le Sah, mais je me suis rendu compte de l'importance de cette étape et je me suis documenté afin d'établir une liste des indicateurs qu'il faudrait mettre en place après les travaux.

Chaque cours d'eau ayant ses spécificités, la méthodologie est à adapter au milieu restauré. La longueur du linéaire restauré sur Saint Père en Retz étant inférieur à « 100 fois la largeur minimale du lit pleins bords⁷⁵ », le suivi se réalisera sur l'ensemble du linéaire. Au contraire le cours d'eau de Sainte Pazanne est supérieur à 100 fois la largeur minimale du lit pleins bords, le suivi se réalisera sur deux stations.

La mise en place de station de suivi suit la méthodologie stricte du « protocole CarHyCE⁷⁶ » mis en place par l'Onema. Ces stations doivent être établies avant travaux afin d'avoir un état initial du cours d'eau. Après travaux des indicateurs de suivis sont à mettre en place pour évaluer le bon fonctionnement des interventions sur le cours d'eau.

Ces indicateurs fournissent des informations sur la qualité de l'hydromorphologie, la qualité biologique et physico-chimique du cours d'eau. Ces trois indicateurs seront utilisés dans la phase de suivis d'après travaux sur les deux sites de restauration.

Le premier suivi hydromorphologique est à réaliser juste après les travaux, et le suivant après 3 ans (N+3), suivant la crue morphogène entre N+3 et N+6. Le protocole CarHyCE impose la station de suivi selon les caractéristiques hydromorphologiques du cours d'eau. La station est délimitée par la largeur pleins bords, la pente de la ligne d'eau, l'identification des faciès d'écoulement, le débit pleins bords, le type de substrat sur le radier, le colmatage profond, le type de ripisylve et la nature des berges. Le suivi d'après travaux analyse l'évolution de ces indicateurs par rapport à l'état initial établi.

75 Navarro et al., 2012

76 Caractérisation de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau

Le suivi biologique est réalisé à partir de l'année N+3 puis doit être répété tous les ans durant 3 ans. Il est mesuré grâce à deux indices :

- l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN-DCE) permet d'évaluer la qualité de l'eau en analysant le peuplement des macro-invertébrés. Ces organismes sont représentatifs du milieu car ils sont sédentaires et présentent des sensibilités différentielles aux toxiques. Comparer les IBGN d'après travaux avec ceux mesuré à l'état initial permet d'évaluer l'efficacité des interventions ayant pour objectif une amélioration de la qualité biologique du cours d'eau.
- L'Indice Poisson Rivière (IPR) peut être utilisé dans ces stations de suivis, si l'état de référence révèle un peuplement piscicole minimal, ce qui sera sûrement le cas pour le cours d'eau de Sainte Pazanne, pas certains pour celui de Sainte Père en Retz.

Le suivi physico-chimique s'effectue sur la même durée que le suivi biologique. Il intègre plusieurs paramètres tels que la température mesurée suivant le protocole thermique de l'Onema, la teneur en O₂ dissous et le taux de saturation, les mesures de substances chimiques, la conductivité de l'eau et le pH ainsi que les débits et les débits de crue.

Conclusion :

Ces deux projets de restauration de zones humides et de cours d'eau en tête de bassin versant sont les premiers travaux du Sah sur le territoire du Pays de Retz. De ce fait, j'ai été introduit rapidement dans le contexte politique locale, et confronté directement aux incompréhensions de certains élus vis-à-vis de ces nouveaux projets, dont les motivations sont parfois difficiles à comprendre. La naissance de chacun des projets est de nature différente, mais ils ont tous les deux des objectifs semblables.

Le projet sur la commune de Sainte Pazanne relève de la seule volonté des élus. La commune est maître d'ouvrage, un bureau d'étude a été retenu pour mener les inventaires et diagnostics ainsi que pour proposer un plan d'actions, et le Sah n'a qu'un rôle de conseiller technique. La communication entre élus locaux et les différents acteurs du projet est donc facilitée par un travail en amont du conseil municipal.

Le projet sur la commune de Saint Père en Retz naît sous l'initiative du Sah, appuyé par les services techniques de la commune. Il a fallu expliquer aux élus les intérêts d'un projet comme celui-ci pour la commune les convaincre de l'utilité des projets.

L'expérience de ce stage m'a immergé premièrement dans l'esprit d'un technicien de rivière au sens technique du terme, ce qui m'a permis de comprendre le fonctionnement d'un cours d'eau et d'une zone humide ainsi que leurs interconnections, et plus en général du milieu dont il est responsable. Par la suite j'ai pu participer à une partie des rouages de la politique locale dans le domaine de l'environnement. L'arrivée de ce concept de restauration, qui est bien présent dans la littérature scientifique depuis le début du millénaire mais presque inconnu à l'échelle locale, nécessite du temps afin d'expliquer pourquoi faut-il restaurer, améliorer un cours d'eau et/ou une zone humide. Il faut d'abord expliquer comment fonctionne le cours d'eau, quels services peut-il rendre aux habitants de la commune, autre que le prélèvement ou le rejet d'eau.

Ces concepts de restauration sont bien connus aujourd'hui pour un scientifique spécialisé dans ces démarches, et des questions sont encore en suspens, notamment en ce qui concerne l'évaluation socio-économique des écosystèmes. La pédagogie locale tournée vers l'environnement commence à émerger mais nécessite des projets comme celui de Sainte Pazanne et Saint Père en Retz pour se développer, en particuliers dans les espaces ruraux comme le Pays de Retz. Les parcours de sensibilisation qui sont à mettre en place pour ces deux communes sont d'une importance cruciale, leur originalité doit aiguïser l'intérêt des habitants pour une prise de conscience environnementale qui n'est acquise qu'à l'échelle nationale et européenne. Porter une sensibilisation à une échelle locale, telle qu'une commune ou intercommunalité, permettrait une meilleure connaissance des habitants pour leurs rivières et leurs zones humides.

La recherche dans le domaine de la restauration des cours d'eau et des zones humides s'est accélérée depuis quelques années, et continue d'intéresser de nombreux scientifiques partout dans le monde. Cependant cette recherche est utile pour la société uniquement si l'on peut la partager, la vulgariser, pour enrichir l'esprit collectif de cette société. Cette recherche scientifique environnementale devrait s'enrichir d'étude de communication et de sociologie pour innover dans des formes de sensibilisation pour améliorer les rapports homme-nature.

Bibliographie

AE Adour-Garonne, AE Rhône-Méditerranée-Corse, AE Loire Bretagne, AE Artois-Picardie, AE Rhin-Meuse, AE Seine-Normandie, « Guide technique sur les zones humides et la ressource en eau », n°89, 297 p.

URL : <http://www.documentation.eaufrance.fr/entrepotsOAI/EIA/B16851.pdf>

Agence de l'eau Loire Bretagne, « Réseau partenarial des Données sur les Zones Humides »,

URL : <http://sig.reseau-zones-humides.org/>

Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2005, « Zones humides & Directive cadre sur l'eau : état des lieux », 35 p.

URL : http://www.eau2015-rhin-meuse.fr/fr/etat/district-rhin/documents/doc_08_05_a_1.pdf

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2016, « Règlement du label « Rivière en bon état », 3 p.

URL : http://www.eaurmc.fr/fileadmin/connaissances/documents/2016_Reglement-Label.pdf

American River Association, 2017, « Dams removed from 1999 to 2016 », 124 p., URL : https://s3.amazonaws.com/american-rivers-website/wp-content/uploads/2017/02/15104536/DamsRemoved_1999-2016.pdf

Assemblée des Chambres Françaises de Commerce et d'Industrie, janvier 2007, « Fiche pratique sur la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques », 4 p.

URL : <http://www.cciexpert.net/ged/16-fiche-pratique-loi-eau-2006-1772.pdf>

Barraud R., 2011, « Rivières du futur *wild rivers?* », Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 10, URL : <https://vertigo.revues.org/11411#quotation>

Beaudelin P., juin 2013, « Le cadre législatif et réglementaire de la restauration de la continuité écologique », DREAL Midi-Pyrénées, ONEMA, 12 p.

URL : https://www.fne.asso.fr/eau/2_cadrereglementaire_drealpb4.pdf

Bonnefond M., Fournier M., 2010 « La maîtrise foncière : un défi pour l'action publique au sein des espaces ruraux : l'exemple des projets de restauration/renaturation sur le bassin de la Veyle (Ain) », INRA/SFER/CIRAD, 19 p.

Bouleau G., Barthelemy C., 2007, « Demande sociale à l'origine du concept : Les demandes sociales de restauration des rivières et leurs traductions scientifiques et politiques », Techniques Sciences Methodes , ASTEE/EDP Sciences, pp. 68 – 76, URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/453886/filename/MO2007-PUB00021540.pdf>

Bouleau G., Pont D., 2014, « Les conditions de référence de la directive cadre européenne sur l'eau face à la dynamique des hydrosystèmes et des usages », Nature Sciences Sociétés, 22, pp. 3 – 14. URL : <https://www.nss-journal.org/articles/nss/pdf/2014/01/nss140016.pdf>

Bouleau G., Pont D., 2015, « *Did you say reference conditions? Ecological and Socio-economic perspectives on the European Water Framework Directive* », Environmental Science and Policy, pp. 32-41.

URL : https://www.academia.edu/9409065/Bouleau_G._Pont_D_2015_Did_You_Say_Reference_Conditions_Ecological_and_Socio-economic_Perspectives_on_the_European_Water_Framework_Directive?auto=download

Boutet-Berry L., novembre 2009, « Méthode d'évaluation de la qualité hydromorphologique des cours d'eau : Etat initial et suivis après restauration hydromorphologique », ONEMA, 38p.

URL : <http://www.cpa-lathus.asso.fr/tmr/fichiers/117/2/ONEMA%20-%20Indicateurs%20de%20suivi.pdf>

Bramard M., mai 2010, « La recharge en granulats : premiers retours d'expériences sur les travaux menés dans le Centre-Ouest de la France sur des petits cours d'eau », ONEMA Centre Poitou-Charentes, 57 p.

Bramard M., novembre 2015, « Aménager une banquette en rivière : Pourquoi? Comment? Retours d'expériences et conseils pratiques », ONEMA, 54 p.

Bravard J-P., 2010, « Historique de la restauration physique de cours d'eau. Évolution en rapport aux connaissances et en lien avec les grandes politiques de l'eau », 17 p.

URL : http://www.reseauxrivieres.org/docs/20100706_Bravard.pdf

Bureau d'étude Micha Bunusevac, 2008, *Renaturation des cours d'eau, restauration des habitats humides*, sous la direction du Ministère de l'Environnement, et du Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire, 99 p.

Burke T., Minister of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 2012, *Water Act 2007 Basin Plan*, URL : <https://www.legislation.gov.au/Details/F2012L02240>

Centre Régional de la Propriété Forestière de Poitou-Charentes, « Les essences de la ripisylve », 2 p.

URL : http://www.crfp-poitou-charentes.fr/IMG/pdf/Essences_ripisylve.pdf

Charrais J., Andriamahefa H., Caudron D., Detry P., Luczyszyn H., Malavoi J-R., Taquet M., 2013, « Un label pour les Rivières Sauvages : étapes de la construction de la grille multicritère. Rapport du Groupe de travail sur la définition des critères de la « valeur sauvage » », Projet Rivières Sauvages – ENR France, 27 p.

URL : http://www.rivieres-sauvages.fr/wp-content/uploads/sites/20/2015/02/rapport_grp_sauvagitude_dec2013_VF_web.pdf

Collectif Loire Amont Vivante, juillet 2010, « La reconstitution du matelas alluvial », ONEMA, 18p.

URL : https://issuu.com/clav42/docs/iv_07_reconstitution_matelas_alluvial

Communauté de Commune du Pays d'Ancenis, octobre 2013, « Etude préalable à la restauration/entretien des cours d'eau et marais du bassin versant Hâvre, Grée et affluents de la Loire en Pays d'Ancenis », 11 p.

URL : http://www.pays-ancenis.com/fileadmin/user_upload/Note_de_synthese_Phase_I.pdf

DDT de l'Indre, 2016, « Guide d'information sur l'entretien des cours d'eau dans le département de l'Indre », 20 p.

URL : <http://www.indre.gouv.fr/content/download/12872/98675/file/guide%20entretien%20cours%20d'eau%202016.pdf>

DDT du Puy-De-Dôme, « Fiche de recommandations entretien des prairies humides », 2p.

URL : http://www.puy-de-dome.gouv.fr/IMG/pdf/Fiche_de_recommandations_pour_l_entretien_des_prairies_humides.pdf

Direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, février 2009, « La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 », Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

URL : http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/DGALN-Loi_sur_l_eau_cle01b31b.pdf

Doran J., Jones C., 2011, « *The National Water Initiative-report says there's more scope for reform* », Clayton UTZ,

URL : <https://www.claytonutz.com/knowledge/2011/october/the-national-water-initiative-report-says-there-s-more-scope-for-reform>

DREAL Centre, janvier 2014, « Les macro-invertébrés benthiques : bio indicateurs de la qualité de nos rivières », Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

URL : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_0011957&search

DREAL Pays de la Loire, 2011, « Le plateau bocager méridional », Atlas des paysages de Loire-Atlantique.

URL : http://www.paysages.loire-atlantique.gouv.fr/indexa8c3.html?_pg=paysage&_p=1&_up=37

Dutoit T., 2011, « La Société Internationale pour la restauration écologique, une association pour promouvoir la restauration écologiques des écosystèmes au niveau mondial », Sciences Eaux & Territoires, Numéro 5, pp. 6-9, disponible sur Cairn.

URL : <http://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2011-2-page-6.htm>

Eaufrance, juin 2015, Synthèse n°12 « L'état des eaux de surface et des eaux souterraines », 12 p. URL : http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/evaluation_2010-2013_201506.pdf

Eaufrance, « Les zones humides », URL : <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/identifier/identifier-2/delimiter-pour-la-reglementation-2/critere-relatif-aux-plantes-hygrophes>

Flaminio S., 2017, « L'eau en Australie : de l'exploitation des ressources à la gestion des milieux? L'exemple du bassin versant du Grodon en Tasmanie », Géoconfluences.

URL : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/ailleurs/eau-australie-tasmanie>

Flatrès H., Flatrès P., 1997, « Mutations agricoles et transformations des paysages en Europe », Norois, Vol. 173, pp.173-193, disponible sur Persée, URL :

http://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1997_num_173_1_6779#noroi_0029-182x_1997_num_173_1_T1_0176_0000

Forum des Agriculteurs Responsables Respectueux de l'Environnement (FARRE), 2016, « Fiche pratique pour l'entretien des prairies fauchées et pâturées », 6 p.

URL : http://www.farre.org/fileadmin/medias/pdf/fiche_techique_09.pdfnes-humides.org/iso_album/mallette_d_indicateurs.pdf

Forum des Marais Atlantiques, avril 2014, « Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides », Agence de l'Eau Loire-Bretagne, Conseil régional des Pays de la Loire 190 p.

URL : http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/mallette_d_indicateurs.pdf

Forum des Marais Atlantiques, février 2009, « Mettre en place un projet de restauration de zones humides. Guide pour les porteurs de projet », 33 p.

URL : http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/guide_decideurs_restauracion_zh.pdf

Forum des Marais Atlantiques, « Grille de choix d'indicateurs ».

URL : http://www.forum-zones-humides.org/iso_album/grille_de_choix_d_indicateurs.pdf

Fournier M., Larrue C., « La renaturation des cours d'eau : modalités de régulation et effets d'une activité nouvelle au sein d'espaces ruraux français, néerlandais et suisses »

France Nature Environnement, juillet 2014, « Restauration de la continuité écologique des cours d'eau et des milieux aquatiques. Idées reçues et préjugés », 32 p.

URL : <https://www.fne.asso.fr/eau/idees-recues-sur-la-continuite-a-cologique.pdf>

Gautier M., juillet 2010, « Paysages urbains, paysages ruraux en Pays de Retz », Société des Historiens du Pays de Retz.

Germaine M-A., Barraud R., 04/2013, « Les Rivières de L'ouest de La France Sont-Elles Seulement Des Infrastructures Naturelles ? Les Modèles de Gestion À L'épreuve de La Directive-Cadre Sur L'eau, » Nature Sciences et Sociétés, Vol. 21, pp 373–84.

URL : <http://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2013-4-page-373.htm>

Gobster Paul H., Hull R. Bruce, 2000, *Restoring Nature, perspectives from the Social Sciences and Humanities*, Island Press, 27 p.

Gumiero B., Mant J., Hein T., Elso J., Boz B., 2012, « *Linking the restoration of rivers and riparian zones/wetlands in Europe : Sharing knowledge through case studies* », Elsevier.

URL : <http://www.ecrr.org/Portals/27/linking%20the%20restoration%20of%20rivers%20and%20riparian%20zones.pdf>

Hauteclair P., février 2010, « Fiche de gestion : Prairies de fauche, prairies fleuries », Natagora, 26 p.

URL : http://www.natagora.be/fileadmin/Reseau_nature/Fiche_de_gestion/Prairies_Fleuries_Fauches.pdf

IFREMER Environnement, État écologique Directive Cadre sur l'Eau.

URL : http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/etat_ecologique

Institution Interdépartementale du bassin de la Sèvre Nantaise, mai 2011, « Restauration du réseau hydraulique tertiaire d'intérêt collectif dans le marais Poitevin ».

Le Bihan M., janvier 2013, « Formation sur la restauration des cours d'eau en tête de bassin versant. Session 1 : connaissances de base et caractérisation des dysfonctionnements », ONEMA

Le Bihan M., janvier 2013, « Formation sur la restauration des cours d'eau en tête de bassin versant. Session 2 : Méthodes et techniques de restauration », ONEMA

Le Bihan M., décembre 2016, « Têtes de bassin versant : fonctions, services rendus et enjeux », ONEMA, 22 p.

Levêque C., 2016, *Quelles Rivières Pour Demain? Réflexions Sur L'écologie et La Restauration Des Cours D'eau*. Edition Quae, 287 p.

Levêque C., juin 2011, « Synthèse du projet BEEST : vers une approche multicritère du Bon État écologique des grands ESTuaires ».

URL :

http://www1.liteau.net/uploads/projet_documents/LITEAU_III_2007_Leveque_Rapport_Scientifique.pdf

Licensed from the Murray-Darling Basin Authority, under a Creative Commons Attribution 3,0 Australian Licence, 2014, *Murray-Darling Basin water reformes: Framework for evaluating progress*, 34 p., URL : <https://www.mdba.gov.au/sites/default/files/pubs/Basin-Plan-Evaluation-Framework-final.pdf>

Loi n°2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 200060/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000, Journal officiel, n°95 du 22 avril 2004 page 7327. URL : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000418424&dateTexte=&categorieLien=id>

Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, Journal Officiel, URL : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000649171>

Malavoi J-R., Bravard J-P., 2010, *Éléments D'hydromorphologie Fluviale*, Physio-Géo, Vol. 5, disponible sur le site de l'Agence Française de la Biodiversité.

URL : <http://www.onema.fr/elements-d-hydromorphologie-fluviale-1>

Mathieu A., août 2010, « Cours d'eau enterrés en tête de bassin : préconisations pour leur restauration », Délégation Interrégionale Nord-Est de l'ONEMA.

URL : [http://cdi.eau-rhin-](http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDFile/Guide_20restauration_20des_20cours_20d_eau_20enterres.pdf?Archive=202478002065&File=Guide%2520restauration%2520des%2520cours%2520d%27eau%2520enterres_pdf)

[meuse.fr/GEIDFile/Guide_20restauration_20des_20cours_20d_eau_20enterres.pdf?Archive=202478002065&File=Guide%2520restauration%2520des%2520cours%2520d%27eau%2520enterres_pdf](http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDFile/Guide_20restauration_20des_20cours_20d_eau_20enterres.pdf?Archive=202478002065&File=Guide%2520restauration%2520des%2520cours%2520d%27eau%2520enterres_pdf)

MEDDE, GIS Sol., 2014, Enveloppes des milieux potentiellement humides de la France métropolitaine. Programme de modélisation des milieux potentiellement humides de France, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Groupement d'Intérêt Scientifique Sol, 50 p.

URL : http://geowww.agrocampus-ouest.fr/metadata/pdf/Notice_MPH_France-1.pdf

Millenium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being : Wetlands and Water Synthesis*, 80 p.

URL : <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>

Ministère de la Transition écologique et solidaire, avril 2017, *L'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques, Cadre conceptuel*, 88p.

URL : <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Thema%20-%20Efese%20-%20Le%20cadre%20conceptuel.pdf>

Morandi B., 2014, *La restauration des cours d'eau en France et à l'étranger : de la définition d'un concept à l'évaluation de l'action, Eléments de recherche applicables*. Géographie, Ecole Normale Supérieure de Lyon – ENS Lyon, 431 p.

URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01126880/document>

Morandi B., Piégay H., Johnstone K., Miralles D., mai 2016, « Les Agences de l'eau et la restauration : 50 ans de tensions entre hydraulique et écologique, Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 16 Numéro 1.

URL : <http://vertigo.revues.org/17194#quotation>

Navarro L., Peress J., Malavoi J-R., septembre 2012, « Aide à la définition d'une étude de suivi – recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau », ONEMA, 48 p.

Observatoire des territoires, 2012, « Indice poisson rivière ».

URL : <http://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/observatoire-des-territoires/fr/indice-poissons-riviere>

Office International de l'Eau, juin 2009, *Organisation de la gestion de l'eau en France*, 36 p.

URL : <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Thema%20-%20Efese%20-%20Le%20cadre%20conceptuel.pdf>

ONEMA, mai 2015, « Informations techniques : l'entretien des cours d'eau et des fossés ».

URL : http://www.onema.fr/sites/default/files/Fiche1_crsdeau-fosse.pdf

Petitjean O., 2009, « La sécheresse permanente en Australie? », Partage des Eaux, rubrique *Eau et changements climatiques*.

URL : <http://www.partagedeseaux.info/La-secheresse-permanente-en-Australie>

Petitjean O., 2015, « Pourquoi démanteler un barrage? L'exemple de l'Elwha aux États-Unis », Partage des Eaux, rubrique *La question des barrages*, URL :

<http://www.partagedeseaux.info/Pourquoi-demanteler-un-barrage-L-exemple-des-barrages-de-l-Elwha-aux-Etats-Unis>

Poux J., 1972, « Le remembrement », reportage pour l'Office national de radiodiffusion française, *La France défigurée*, disponible sur le site de l'INA (20 min).

URL : <http://www.ina.fr/video/CAF93027342>

Rapportages des Agences de l'Eau pour la Directive Cadre sur l'Eau, 2010, 2012, 2016,

URL : <http://www.rapportage.eaufrance.fr/dce/introduction>

RESTORE, 2013, « Restauration des cours d'eau en Europe : l'art du possible », 19 p.

URL : http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE09_INF_UK_000032_LAYMAN_FR.pdf

Restoring Europe's Rivers, « wikirivers ». URL : https://restorerivers.eu/wiki/index.php?title=Main_Page

Rougean P., Sagarminaga Y., 1994, « Remembrement et aménagement foncier en France », Lurralde. URL : <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur17/17rougea/17rougea.htm>

SAH Sud Loire, 2016, « Note justificative et technique de la restauration du Douavit », Contrat Territorial des Milieux Aquatiques (CTMA) Baie de Bourgneuf

SAH Sud Loire, juin 2016, « Travaux de réfection des berges du Dain », rédigé par le bureau d'études A+B Urbanisme&Environnement

Service de l'Environnement, du Changement Climatique et de l'Eau NSW, Australie, 2011, *Final Report by NSW Rivers Environmental, Restoration program*, 62 p., URL : <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/environmentalwater/110240-rerp-final-report.pdf>

Snowy River Alliance, 2017, « *Snowy river still in jeopardy* ». URL : <http://www.snowyriveralliance.com.au/?p=64>

Steyaert P., Ollivier G., 2007, « *The European Water Framework Directive : How ecological assumptions frame technical and social change* », *Ecology and Society*, Vol. 12 Numero 1 Art. 25. URL : <https://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art25/>

Syndicat intercommunal d'assainissement de la région de Riom, 2004, « L'entretien du cours d'eau : ça coule de source ! Guide pratique à l'usage des propriétaires riverains », 32 p. URL : http://www.menetrol.fr/IMG/pdf/Guide_SIARR.pdf

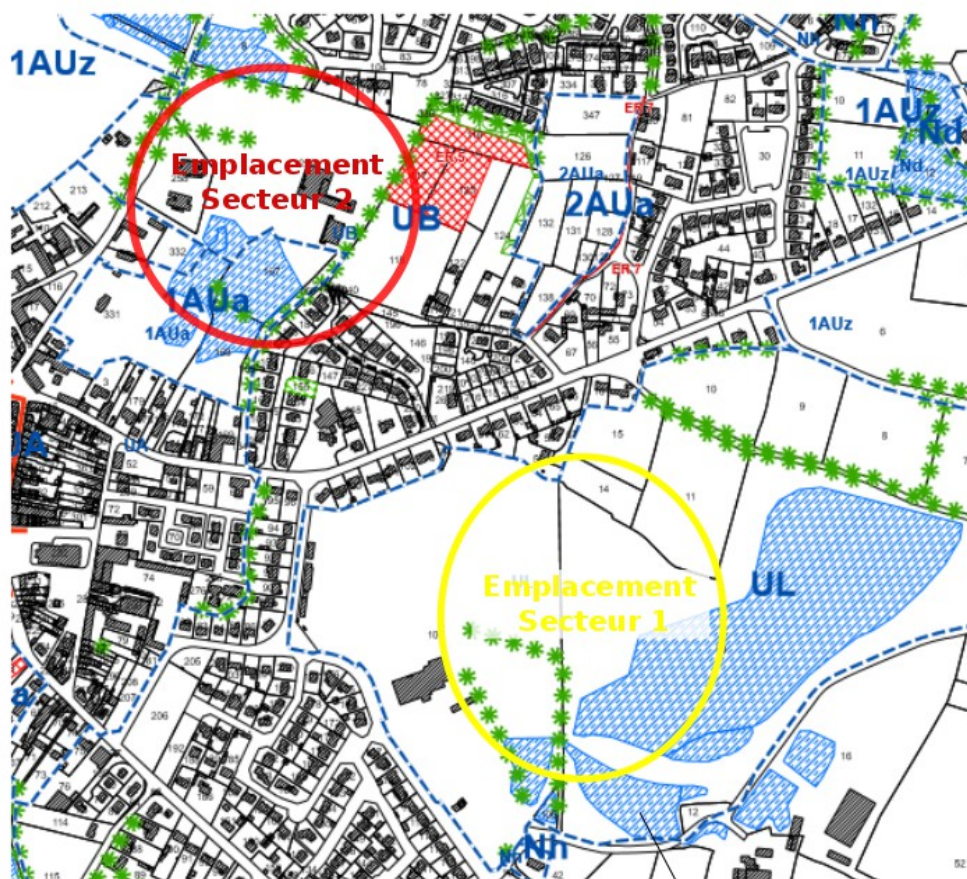
Terrier B., Stroffek S., décembre 2016, « Guide technique du SDAGE : Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau », Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 182 p. URL : <http://www.ecrr.org/Portals/27/Guide-tech-SDAGE-EBF-cours-d-eau.pdf>

Vigier L., Caudron A., 2011, « Evaluation de la restauration de l'habitat physique d'un cours d'eau de Haute-Savoie (le Dadon) : mise en place, premiers résultats et perspectives », *Sciences Eaux & Territoires*, N° 5, pp. 26-31. URL : http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=SET_005_0026&DocId=395207&hits=3189+3188+3187+3186+3185+2613+2612+2611+2610+2609

Wohl E., Angermeier Paul L., Bledsoe B., Kondolf G. Mathias, MacDonnell L., Merritt David M., Palmer Margaret A., Leroy Poff, N. Tarboton D., 2005, « *River Restoration* », *Agu Journal*, URL : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005WR003985/full>

Annexes

Annexe 1 : Extrait du PLU de Saint Père en Retz concernant les deux secteurs à restaurer :



	Limite de zone
UA	Nom de zone
	Emplacement réservé
	Entité archéologique
	Espace boisé classé
	Zone humide
	Cours d'eau
	Terrain cultivé à protéger
	Haie à préserver
	Linéaire commercial

Prairie de référence

Source : PLU communal

