

EQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE d'assistance aux maîtres d'ouvrage PLAN LOIRE GRANDEUR NATURE

Initiative de l'Etat, de l'E.P. Loire et de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne



Suivi des annexes hydrauliques
restaurées de la Loire moyenne sur le
plan des habitats piscicoles

Pierre FETTER



Maître de stage: MAMAN Lucien



DESS Ingénierie
Des Hydrosystèmes
Continents En Europe

DESS IHCE

Université François Rabelais
Faculté des Sciences et Techniques
Parc de Grandmont
37200 Tours

Octobre 2003

EQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE
d'assistance aux maîtres d'ouvrage
PLAN LOIRE GRANDEUR NATURE

Initiative de l'Etat, de l'E.P. Loire et de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Remerciements

Au terme de ce stage, je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Lucien MAMAN, ingénieur écologue au sein de l'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, pour les connaissances qu'il m'a permis d'acquérir et pour m'avoir guidé tout au long de cette expérience.

J'adresse également mes sincères remerciements à toute la Cellule Plan Loire du CSP qui se compose de Pierre STEINBACH (ingénieur), Bruno HOUSSET (technicien de l'environnement), Régis CHUPIN et Dominique BARD (agents techniques de l'environnement), pour les connaissances qu'ils m'ont apporté sur le milieu naturel et pour leur grande disponibilité.

Je remercie Francis OLIVEREAU et Jean-Yves LECUREUIL de la DIREN Centre, pour leur aide et leur participation active dans l'encadrement de ce stage

Je ne saurais oublier Michel BACCHI et Nina DIEU (enseignants dans les formations IMACOF et IHCE) qui m'ont apporté une aide précieuse dans le traitement des données hydrobiologiques.

Enfin, j'exprime ma reconnaissance à l'ensemble de l'équipe pluridisciplinaire pour leur accueil chaleureux, leur sympathie et leur soutien lors de la rédaction de ce rapport.

Mes études étant arrivées à leur terme, je tiens à remercier tous les intervenants de la MST IMACOF et du DESS IHCE et en particulier monsieur Jean-Pierre Berton (Directeur), qui m'ont inculqué des notions fondamentales dans le domaine passionnant de la gestion et de la restauration des milieux naturels.

Je tiens également à exprimer ma plus sincère gratitude à ma mère qui m'a toujours soutenue et qui m'a donné les moyens de réussir dans ce domaine.

EQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE
d'assistance aux maîtres d'ouvrage
PLAN LOIRE GRANDEUR NATURE

Initiative de l'Etat, de l'E.P. Loire et de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne

**Suivi des annexes hydrauliques restaurées
de la Loire moyenne sur le plan des habitats
piscicoles**

Sommaire

Sommaire	1
Résumé	3
Summary	4
Liste des abréviations	7
Introduction	8
I. Cadre de l'étude	9
1. Bassin Versant et historique des aménagements sur la Loire	9
1.1. Le fleuve et son contexte	9
1.2. Localisation du secteur d'étude	10
1.3. Topographie, géologie et hydrogéologie	11
1.4. Facteurs climatiques	11
1.5. Occupation du sol	11
1.6. Hydrologie	12
1.7. Aménagements	12
2. Le contexte partenarial	13
2.1. L'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature	13
2.2. Les autres acteurs impliqués dans l'étude	15
3. Les annexes étudiées	16
3.1. Généralités et choix des sept sites	16
3.2. Description des sites	19
II. Les objectifs de l'étude	34
1. Définitions relatives à l'hydrosystème	34
2. Fonctions des annexes	35
3. Causes de dysfonctionnements	35
3.1. L'extraction de granulats en lit mineur	35
3.2. La construction d'ouvrages de navigation.	36
3.3. La modification de l'occupation du sol depuis 1950.	36
4. Objectif de restauration: La fonctionnalité	37
5. Prise en compte de la biodiversité	38
III. Méthodologie	39
1. Cadre de l'étude et recueil de données	39
2. Le protocole actuellement mis en œuvre	40
2.1. Suivi de l'ichtyofaune	40
2.2. Suivi de la macrofaune benthique et du zooplancton	40
2.3. Suivi de la végétation	41
2.4. Suivi des paramètres physico-chimiques	41
IV. Bilan des travaux réalisés et situation actuelle dans les sept boires	42
1. Principe d'intervention	42

2.	<i>Situation dans les boires</i>	43
2.1.	les Vallées	43
2.2.	Ousson-sur-Loire	44
2.3.	Muides-sur-Loire	45
2.4.	La Marinière	46
2.5.	Bois Chétif	47
2.6.	Sazilly	49
2.7.	Le Passage	50
V.	Résultats du suivi des annexes	51
1.	<i>Les paramètres physico-chimiques</i>	51
1.1.	Les nutriments	51
1.2.	La conductivité	51
1.3.	Le pH	51
1.4.	L'oxygène dissous	51
1.5.	La température	52
1.6.	Bilan sur chaque boires	52
2.	<i>Les données phytoécologiques</i>	52
2.1.	Espèces patrimoniales	52
2.2.	Espèces bioindicatrices	54
2.3.	Caractérisation des supports de ponte	54
3.	<i>Les invertébrés aquatiques</i>	57
3.1.	Suivi des macroinvertébrés	57
3.2.	Suivi du zooplancton	59
4.	<i>Les données piscicoles</i>	60
4.1.	La diversité des sources et formats de données	60
4.2.	Le Brochet: Bioindicateur de l'état de santé de l'écosystème	61
4.3.	L'analyse des données piscicoles	63
5.	<i>Les batraciens</i>	72
VI.	Préconisations afin d'améliorer le suivi des annexes	73
1.	<i>Les travaux d'aménagement</i>	73
1.1.	Cadre réglementaire	74
1.2.	Le réseau Natura 2000	75
1.3.	Concordance des travaux avec le réseau Natura 2000	77
2.	<i>Le suivi phytoécologique</i>	78
3.	<i>Le suivi du Zooplancton et des macroinvertébrés</i>	79
3.1.	Le zooplancton	79
3.2.	La macrofaune benthique	79
4.	<i>Le suivi piscicole et batracologique</i>	80
5.	<i>Le suivi des paramètres physico-chimiques</i>	80
6.	<i>Homogénéisation des rendus cartographiques</i>	81
	Conclusion	82
	Bibliographie	83
	Table des matières	86
	Liste des figures et des tableaux.	90
	Annexes	91

La Loire a connu depuis plusieurs siècles de nombreux aménagements qui ont limité son espace de liberté et qui l'ont privée d'une partie de sa charge solide. Ce déséquilibre dans la balance sédimentaire s'est traduit par un enfoncement de la ligne d'eau. Les annexes hydrauliques se sont alors trouvées déconnectées du cours principal.

Ces milieux jouent un rôle capital dans l'hydrosystème ligérien. C'est pourquoi, l'équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, au travers de son programme de Restauration des Milieux Naturels, ainsi que le CSP ont mis en place un suivi des annexes.

Le stage que j'ai réalisé doit permettre d'améliorer le suivi à partir de l'étude de sept boires de la Loire moyenne. Cinq ont fait l'objet de restaurations il y a quelques années et les deux autres n'ont pas encore été modifiées et servent de référence.

Le but de ces investigations est de définir les actions à entreprendre pour redonner aux boires leurs fonctionnalités.

Comme il n'est pas possible de suivre en permanence chaque site, les gestionnaires utilisent des indicateurs biologiques afin d'évaluer l'état de santé des annexes.

Comme il se trouve au sommet de la pyramide alimentaire, le brochet est le bioindicateur par excellence. On considère que si les populations de cette espèce se portent bien alors c'est l'ensemble de l'édifice qui est équilibré. D'autres compartiments comme la végétation, les macroinvertébrés ou la physico-chimie des eaux sont suivis chaque année. L'ensemble des informations recueillies doit mettre en évidence les aménagements qui redynamisent les boires.

Le recul disponible sur les actions déjà entreprises ne semble pas encore suffisant pour tirer des conclusions sur les types de travaux à préconiser. Afin d'obtenir des résultats le plus rapidement possible le suivi doit impérativement se poursuivre. Les gestionnaires doivent modifier leurs méthodes de manière à rendre les données comparables. En effet, certaines techniques de mesure, comme par exemple les prélèvements de zooplankton, ne sont pas standardisées et ne permettent pas de voir une évolution dans le temps.

Même si de nombreuses interrogations persistent quant à la politique de restauration à engager, le suivi a quand même permis d'enrichir considérablement les connaissances sur le fonctionnement des ces écosystèmes ligériens.

Summary

Tally of study

Installations that the Loire knew during history led the bed to insert and to forsake the hydraulic appendices little by little.

If the solution to restore the functionality of the sites were a raising of the watermark, it is not possible with short term. However, of many species are already in danger. It is a question, in these interventions, of adapting the hydraulic appendices river to the new hydrological conditions and to give a dynamics to them which allows the maintenance of the habitats.

The Loire represents a area extremely rich in term of fauna and flora. Indeed, it counts nearly 1500 vegetable species (1/3 of the French flora), more than 200 species of sedentary or migrating birds as well as a remarkable fish fauna since it is an axis of migration for the alose, salmon, the marine lamprey and eel.

Within the framework of the programme of restoration of the natural environments of the interregional program “Loire grandeur nature, the Multi-field team engaged a follow-up of the hydraulic appendices.

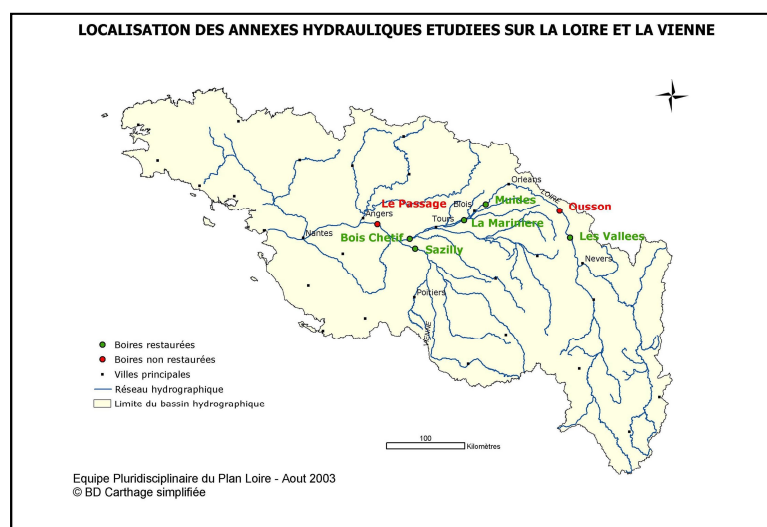
The evolution of five pilot sites, which were restored at the end of the Nineties, was analyzed in order to improve knowledge on these complex areas and to propose methods of restoration applicable to the whole of the middle Loire.

Studied sectors are :

- « Les Vallées » to Couargues (18)
- « Muides-sur-Loire » (41)
- « La Marinière » to Rilly-sur-Loire (41)
- « Bois Chétif » to La Chapelle-sur-Loire (37)
- « Sazilly » (37) on the Vienne

Not having sufficient information on the initial state of the boires, two sites, not having been restored yet, were selected: It is a question of “Ousson-sur-Loire” (45) and “Le Passage” to Saint-Rémy-la-Varenne (49).

Figure 1 makes it possible to locate these sites.



The hydraulic appendices which are located at the interface between the terrestrial environment and the aquatic environment (écotones) represents a major stake in the diversification of the flows and the habitats. They interact with the principal area thanks to the transverse exchanges. Unfortunately, in the current context of depression of the watermark, these exchanges are compromised.

Objectives of study

The goal of the committed follow-up is to find the original functionalities of hydraulic appendices. To arrive to this result, managers one decided using bioindicateurs able to intégrer as well as possible all components of the area in order to follow evolution of these areas.

In order to propose installations to improve the functionality of hydraulic appendices, it is essential to define as a preliminary what is the correct operation or, all at least, which it should be without the problems of depression of the watermark. For that, it is necessary to examine all the compartments of the ecosystem and to envisage to give a dynamics in these areas. It is necessary to support the maintenance of the appendices and not to put in danger one of the biological or morphological components.

Functions of hydraulic appendices

hydraulic appendices are extremely rich areas which have many functions within the hydrosystème. They intervene in good numbers of biological but so geomorphological processes.

Their principal functions are:

- They are used as buffer zones in order to limit the impact of the risings.
- They make it possible to redeploy the energy of the river in the secondary channels.
- They are essential in the restoration and the maintenance of the biodiversity of the ecosystem.
- They provide a function of purification.
- The alluvial forest and appendices which are there play a role of interface between the river and the tablecloth. Indeed, the litter of these areas is an excellent engine of denitrification.
- They constitute zones of refuge for the major part of the piscicultural species in the event of strong rising.

It should be known that the principal causes of dysfunction are the aggregate extraction in minor bed, the construction of works of navigation and the modification of the occupation of the ground since 1950.

Methodology

The managers engaged a follow-up of the appendices restored so evaluate the relevance of installations. With this intention, various compartments are examined. Piscicultural populations, benthic macrofaune, physico-chemical parameters and vegetation are study.

Plants, like fish or macroinvertébrés, can be used like indicators to evaluate the health of the area or to understand their operation.

The two great types of interventions which are realizable on hydraulic appendices are a modification of topography to allow a better connectivity and an adapted treatment of the riverine vegetation and encumber.

Results of the study

follow-up of the physicochemical parameters allowed to identify the sector unfortunately polluted, the lack of informations relating to origin of water does not make it possible to draw the precise conclusions.

The follow-up of the vegetation made it possible to learn several lessons. Initially, it allowed to identify species reference mark and to use them as bioindicateurs. Patrimonial species were indexed on the boires. Lastly, the investigations allowed identification the supports of big shot used by pikes.

The taking away of macroinvertébrés as well as electric fishings informs us about the populations in place in the various mediums but still, the retreat is not sufficient to evaluate efficacy of work of restoration.

Recommendation to améliorer this follow-up

Principals recommendations concerning the follow-up relate to the respect of the European directive NATURA 2000 at the time of the operations of restoration. It will be also significant to continue the investigations to increase the size of the data bases. A detailed attention will have to be paid to made cartographic to homogenize datas.

Conclusion

Datas collected at the time of the follow-up made it possible to a little better understand the operation of these ecosystems but unfortunately, the retreat and still insufficient to propose installations. The pike is a good biological indicator but the other compartments should not be neglected if we want to give again with the dynamic appendices their original.

Liste des abréviations

ADESVV: Association pour le Développement d'Enseignements Supérieurs en Val de Vienne.
AELB: Agence de l'Eau Loire Bretagne.
CCTG: Cahier des Clauses Techniques Générales.
CCTP: Cahier des Clauses Techniques Particulières.
CDPNE: Centre Départemental de Protection de la Nature et de l'Environnement. (Loir-et-Cher)
CEA: Commissariat à l'Energie Atomique.
CPER: Contrat de Plan Etat Région.
CPNRC: Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre.
CRISTAL: Centre Régional Informatisé par Système de Télémessure pour l'Aménagement de la Loire.
CSP: Conseil Supérieur de la Pêche.
DBO5: Demande Biologique en Oxygène à 5 jours.
DCE: Directive Cadre Européenne sur l'eau.
DDAF: Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt.
DDE: Direction Départementale de l'Équipement.
DESS: Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées.
DIREN: Direction Régionale de l'Environnement.
DPF: Domaine Public Fluvial.
ENGREF: Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts.
EP Loire: Etablissement Public Loire (anciennement EPALA).
EPALA: Etablissement Public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents.
EPPLGN: Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature.
FDAAPPMA: Fédération Départementale des Associations Agréées Pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques.
IBGN: Indice Biotique Global Normalisé.
IGN: Institut Géographique National.
IHCE: Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe.
IMACOF: Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux.
INRA: Institut National de la Recherche Agronomique.
LHF: Laboratoire d'Hydraulique de France (groupe SOGREAH).
LPO: Ligue de Protection des Oiseaux.
MEDD: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
ONCFS: Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
PNR: Parc Naturel Régional.
POS: Plan d'Occupation des Sols.
RHP: Réseau Hydrobiologique et Piscicole.
RMN: Restauration des Milieux Naturels.
SAGE: Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux.
SCE: Stratégies, Conception, Etudes (bureau d'études)
SDAGE: Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.
SEMA: Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques.
SIEL: Système d'Information sur l'Evolution du lit de la Loire.
ZICO: Zone d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux.
ZNIEFF: Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique.
ZSC: Zone Spéciale de Conservation.

Introduction

La restriction de l'espace de liberté du fleuve et l'abaissement de la ligne d'eau ont conduit à l'isolement des annexes fluviales du lit vif, de plus en plus fréquemment et longtemps. Les modifications des surfaces et des durées d'inondation lors des épisodes de hautes eaux se répercutent sur l'ensemble des biocénoses inféodées à la plaine d'inondation.

Ces milieux, pourvus d'habitats diversifiés, abritent en temps normal une grande quantité d'espèces animales et végétales. Ils contribuent pour une large part à la biodiversité de l'écosystème ligérien.

Le brochet, ayant un cycle vital très exigeant en terme d'habitat et de conditions hydrologiques, représente un indicateur pertinent dans le cadre de la restauration des boires (appellation ligérienne des bras morts). La précocité de sa phase de reproduction et la sensibilité des brochetons vis-à-vis de leur milieu font de ce prédateur un excellent indicateur biologique. Le choix d'une espèce extrêmement sensible aux dégradations de l'habitat fluvial permet d'optimiser les actions de réhabilitation du milieu en favorisant par la même occasion le recrutement d'espèces moins exigeantes.

Les pêcheurs du val de Loire font preuve d'un attachement tout particulier à cette espèce "noble". La pêche fait partie du patrimoine culturel local et elle revêt un intérêt économique et social qui doit être intégré à tout projet d'aménagement. La Loire moyenne compte environ 163 000 pêcheurs soit plus de 8% des détenteurs de carte de pêche en France.

Si la solution pour rétablir la fonctionnalité des sites était un rehaussement de la ligne d'eau, elle n'est pas envisageable à court terme. Or, de nombreuses espèces sont déjà en danger. Il s'agit, dans ces interventions, d'adapter les annexes fluviales aux nouvelles conditions hydrologiques et de leur redonner une dynamique qui permette l'auto-entretien des habitats.

Nous sommes dans le cadre d'une gestion durable et non d'interventions ponctuelles visant à améliorer le fonctionnement d'un compartiment sur une courte période.

Mon travail consistait à collecter les informations existantes sur 7 boires de Loire moyenne. Parmi ces annexes hydrauliques, cinq avaient déjà fait l'objet d'un aménagement et deux n'avaient pas encore été modifiées. Il s'agissait d'évaluer l'état des connaissances sur ces systèmes et la pertinence du suivi scientifique engagé.

Après avoir présenté le contexte dans lequel s'est déroulé le stage, Il s'agira, dans un deuxième temps, d'énoncer les objectifs de la restauration des annexes hydrauliques.

La méthodologie mise en œuvre pour collecter les données, ainsi que les protocoles de mesure employés par les gestionnaires, feront l'objet de la troisième partie.

Le bilan des travaux permettra ensuite de comprendre l'état actuel des boires. Après quoi, l'analyse des résultats permettra de tirer les premières conclusions sur le suivi.

Enfin, dans la dernière partie, il s'agira de critiquer les méthodes utilisées et de proposer des modifications du suivi afin d'optimiser la base de données sur les annexes hydrauliques de la Loire.

I. Cadre de l'étude

1. Bassin Versant et historique des aménagements sur la Loire

1.1. Le fleuve et son contexte

La Loire est le plus long fleuve de France. Elle parcourt 1012km, depuis le Mont Gerbier de Jonc à 1408m d'altitude jusqu'à son embouchure à St-Nazaire où elle se jette dans l'océan Atlantique. Son bassin versant s'étend sur une superficie de 117054 Km², ce qui représente 1/5ème du territoire national.

De sa source à son embouchure dans l'océan, la Loire présente différentes formes de vallées, appelées secteurs géomorphologiques, depuis la Loire des montagnes en Auvergne et Forez, jusqu'aux vastes plaines bordant l'estuaire, dans la région des Pays de la Loire, en passant par la Loire moyenne.

La Loire des montagnes

De sa source, au Mont Gerbier de Jonc, jusqu'à Villerest, la Loire présente deux visages, ou faciès morphologiques, très différents :

- **L'unité amont**, de 150 Km de longueur environ jusqu'à la retenue de Grangent, est composée d'une succession de gorges et de petits bassins alluviaux (sur les départements de l'Ardèche, de la Haute-Loire et de la Loire).
- **L'unité aval**, comporte la plaine du Forez, sur 50 Km environ, à laquelle succèdent des gorges jusqu'au barrage de Villerest. La plaine du Forez comporte une Loire surexploitée pour ses matériaux alluvionnaires, avec un enfoncement du plancher alluvial de 1 à 2 mètres, mais de nombreuses berges non endiguées.

La Loire bourguignonne

De Villerest au Bec d'Allier, le fleuve parcourt, sur 200 kilomètres une vaste plaine inondable de 1 à plus de 4 kilomètres de large, en dessinant de vastes méandres. La Loire y conserve encore un espace de divagation conséquent, qu'il faut préserver car ces alluvions sont indispensables pour enrayer l'enfoncement de la ligne d'eau, plus en aval. Cette politique nécessite des mesures de gestion de l'espace et de maîtrise foncière concertées avec les riverains.

La Loire moyenne

Entre le Bec d'Allier et le Bec de Maine, le fleuve s'écoule majoritairement dans un lit majeur endigué, c'est-à-dire bordé par des hautes levées de terre, datant de plusieurs siècles, qui protègent une vaste plaine alluviale (les vals). Ces vals sont très exploités par l'agriculture et assez urbanisés, notamment autour des principales agglomérations : Nevers, Orléans, Blois et Tours. Ces vals aménagés constituent actuellement de considérables enjeux économiques soumis aux risques d'inondations.

La Loire dans l'estuaire

L'estuaire de la Loire, situé sur la façade atlantique en Loire-Atlantique s'étire sur plus de 90 Km depuis l'amont de Saint Nazaire.

Il se trouve dans une vaste dépression enclavée entre deux coteaux : le sillon de Bretagne et le coteau de Saint-Père-en-Retz. Il s'ensuit une succession d'étranglements et d'élargissements, qui complexifient notablement la configuration des courants et contraignent les chenaux du lit à divaguer successivement entre les deux rives de l'estuaire.

Contexte actuel

La Loire comme tous les cours d'eau se caractérise par un régime hydrologique irrégulier avec des étiages parfois très sévères en période estivale et de très fortes crues hivernales ou printanières. Ces variations de débit, ainsi que la mobilité de son lit ont toujours rendu difficile la navigation, conduisant de nombreux acteurs ligériens à l'abandonner sur son cours moyen et l'Etat à la déclasser des voies navigables. Cependant, d'anciens ouvrages servant autrefois à canaliser le courant, persistent. Ces aménagements, ainsi que l'extraction de granulats dans le lit mineur, ont induit un enfoncement de la ligne d'eau. De nos jours, il n'y a plus d'autres embarcations que les canoës et les bateaux traditionnels, utilisés pour les loisirs ;

Cette concentration de l'écoulement, également due à la diminution de l'espace de liberté, a isolé peu à peu les annexes hydrauliques.

L'irrégularité du régime hydrique a amené les autorités à prendre des mesures de soutien d'étiage et de protection contre les crues. Un barrage a été construit à l'amont afin d'écarter les crues (Villerest). Un autre aménagement (Naussac, sur un affluent de l'Allier, très en amont) assure, avec Villerest, un débit minimum, le soutien d'étiage). Depuis la Loire moyenne, des digues (levées) ont été érigées pour se protéger des crues et plus récemment un système de prévention a été mis en place pour limiter les dégâts en période de crue. (Réseau CRISTAL, Centre Régional Informatisé par système de Télémessure pour l'Aménagement de la Loire). La prise en considération des phénomènes géodynamiques ces 20 dernières années a conduit à un arrêt progressif des exploitations de granulats en lit mineur. Malheureusement, en 40 ans, l'équivalent de quatre siècles d'apports sédimentaires ont été retirés du fleuve.

Bien que corsetée sur plus de la moitié de son cours dans un système de levées, la Loire a conservé de nombreux caractères de " fonctionnement naturel " que les autres fleuves de France ou d'Europe occidentale ont perdus au cours des dernières décennies. Ainsi, la Loire possède encore un certain espace de liberté morphologique, sédimentaire et écologique dans lequel s'initient et se développent des végétations originales qui restent assez peu influencées par les actions anthropiques. L'hétérogénéité des conditions physiques de l'hydrosystème dans l'espace et dans le temps, notamment la grande amplitude des débits chaque année, génère une grande variété de biotopes à l'origine d'une richesse biologique élevée. Certaines formations végétales comme les saulaies, les formations à hautes herbes, les îles ou les grèves sableuses caractérisent nettement les paysages ligériens typiques, que le public affectionne en identifiant la Loire à coup sûr.

La Loire représente un milieu extrêmement riche en terme de faune et de flore. En effet, elle compte près de 1500 espèces végétales (1/3 de la flore française), plus de 200 espèces d'oiseaux sédentaires ou migrateurs ainsi qu'une faune pisciaire remarquable puisque c'est un axe de migration pour l'aloise, le saumon, la lamproie marine et l'anguille.

En outre, en 2000 la Loire a été classée au patrimoine mondial par L'UNESCO. Ce classement comprend une grande partie de la Loire moyenne puisqu'il s'étend de Sully-sur-Loire (Loiret) à Chalonnes-sur-Loire (Maine-et-Loire).

1.2. Localisation du secteur d'étude

Le secteur d'étude s'étend sur une grande partie de la Loire moyenne depuis Pouilly/Loire (18) jusqu'à St Remy-la-Varenne (49)

Il parcourt les départements du Cher (18), du Loiret (45), du Loir-et-Cher (41), de l'Indre-et-Loire (37) et du Maine-et-Loire (49). Les agglomérations les plus importantes sont Orléans et Tours.

Dans ce secteur la Loire s'écoule sur environ 350 Km avec une largeur de plaine alluviale qui varie de 1 à 8 Km.

1.2. Topographie, géologie et hydrogéologie

Dans sa partie la plus aval, la Loire moyenne traverse des formations du Crétacé (craie du Turonien et du Cénomanién) qui s'érodent facilement ainsi que des substrats plus récents (caillasse de l'Eocène) et plus durs qui limitent l'extension du val à environ 1Km. Le fleuve est alors orienté sud-est/nord-ouest.

A partir d'Ouzouer-sur-Loire les écoulements se font sur les sables de Sologne (Crétacé) qui sont facilement mobilisables et qui permettent un élargissement du val.

La Loire rencontre ensuite les calcaires de Beauce qui l'accompagneront jusqu'à Blois. Cette formation plus compacte induit un brusque changement de direction au niveau d'Orléans qui conduit le fleuve vers le sud-ouest. Ces calcaires sont de nature karstique et on peut observer des phénomènes d'infiltration et de résurgence qui font disparaître une partie du débit de la Loire au profit de plusieurs affluents comme le Loiret.

A hauteur de Blois, ce sont des craies du Crétacé supérieur qui forment le val, puis les craies et tuffeaux qui composent le Turonien prennent le relais en Touraine. Ces formations plus dures limitent l'extension du val.

Après la Chapelle-sur-Loire, le fleuve entre dans le val d'Anjou. Le Turonien cède sa place aux sables du Cénomanién en rive droite. Enfin, au niveau de Saint-Rémy-la-Varenne, on trouve quelques affleurements du Bajocien (calcaire à silex) qui résistent bien à l'érosion.

Sur l'ensemble de la Loire moyenne, le relief est faiblement marqué. La pente du cours d'eau est relativement élevée par rapport aux autres grands hydrosystèmes français. En Loire moyenne, on peut distinguer deux unités: de Pouilly jusqu'à Tours la pente est voisine de 0.4‰ puis, après la confluence avec le cher, elle s'adoucit et se rapproche de 0.3‰.

La nature géologique du secteur permet une infiltration des eaux. Il existe ainsi plusieurs aquifères qui sont susceptibles d'alimenter la Loire en période d'étiage. On trouve des aquifères profonds comme la nappe de Beauce, située au nord du bassin ligérien, ou encore les nappes alluviales peu profondes, qui sont en communication plus étroites avec le cours d'eau.

1.4. Facteurs climatiques

L'extrémité aval du secteur est caractérisée par un climat océanique doux où les étés sont chauds et les hivers peu marqués par le gel. On parle de "douceur angevine". Ces conditions climatiques sont valables encore en Touraine et même dans l'Orléanais. Les précipitations sont comprises entre 600 et 750 mm/an. Les températures moyennes varient de 5 à 15°C avec un minimum en janvier et un maximum en juillet. En revanche les conditions se dégradent notablement en Nivernais avec des écarts thermiques plus importants. Les vents proviennent principalement du sud-ouest.

1.5. Occupation du sol

La densité du drainage (linéaire de cours d'eau par rapport à la surface du bassin versant) est liée à la nature géologique des secteurs traversés. En effet, les zones imperméables du massif central, du Morvan et du massif armoricain sont caractérisées par une forte densité de drainage (400m/Km²) et les régions sédimentaires comme le bassin parisien ont une densité de drainage très faible (200m/Km²). Les plaines de Beauce se caractérisent par des pratiques culturales intensives et donc un paysage très dégagé. Au sud de la Loire, les terrains sont principalement occupés par des forêts et des étangs (Sologne).

1.6. Hydrologie

Le débit moyen mensuel d'étiage est de 95.3 m³/s (août) à Orléans alors que le débit moyen mensuel maximum est de 630 m³/s (février). Le module est de 354 m³/s et la médiane de 360 m³/s. Toutes ces données sont le résultat de statistiques appliquées à la période 1964-2003 (source DIREN Centre, voir annexe I).

A titre indicatif, la Loire a atteint un débit d'étiage de 40 m³/s à Orléans pendant la réalisation de ce rapport en 2003.

La Loire ne possède pas de réserves nivales comme le Rhône et le Rhin, ce qui lui confère un régime très irrégulier. Elle est soumise à trois types de crues :

- Crues océaniques: les plus fréquentes ; elles sont la conséquence de perturbations océaniques qui peuvent s'étendre à l'ensemble du bassin. Elles se reproduisent en saison froide au cours de longues périodes pluvieuses souvent marquées par des épisodes répétés mais sans grande intensité.
- Crues cévenoles: elles résultent de précipitations violentes, d'origine méditerranéenne, qui s'abattent sur la haute Loire et le haut Allier pendant l'automne.

Crues mixtes: elles se produisent lorsque les deux phénomènes précédents se combinent. Ce sont les plus dommageables. Les crues de 1846, 1856 et 1866 sont des crues de ce type.

1.7. Aménagements

Les aménagements débutent avec Jules César qui érige les premiers ponts. Puis, en 821, le premier programme général de construction de petites digues en terre, appelées "Turcies", est engagé.

Au XII^{ème} siècle, Henri II Plantagenêt fait relier les turcies d'Anjou par des digues.

Au cours du XV^{ème} siècle, la navigation commerciale prend énormément d'ampleur. La Loire est alors navigable jusqu'à Roanne.

Le XVIII^{ème} siècle voit l'aménagement des premiers déchargeoirs et des premiers épis sous le règne de Louis XIV qui confie la tâche à Colbert. Puis, en 1867, l'ingénieur Comoy fait construire de nombreux déchargeoirs d'une capacité totale de 520 millions de m³. Ces grands aménagements font suite aux 3 crues désastreuses de 1846, 1856 et 1866.

Entre le XII^{ème} et le XIX^{ème} siècle, environ 500km de digues ont été érigées pour lutter contre les crues. Ce n'est qu'en 1984 qu'un ouvrage transversal visant à limiter l'impacte des crues est mis en place. Il s'agit du barrage de Villerest.

En 1839, les premiers dragages du lit sont réalisés ; mais ce n'est que depuis les années 50 que les extractions massives de granulat ont vraiment lieu dans le lit mineur. Si la fonction première de ces exploitations était d'entretenir les chenaux navigables, elles sont vite devenues des entreprises à part entière, chargées de fournir des matières premières pour les travaux du BTP (bâtiment et travaux publics). Ce n'est qu'en 1981, avec le plan Foucaud, que les sablières sont peu à peu interdites dans le lit mineur. Il faut attendre 1995 pour voir la dernière entreprise arrêter d'extraire des sables de Loire (notamment en d'Indre-et-Loire). Le SDAGE est venu par la suite pour renforcer cette politique.

D'autre part, la navigation n'est plus possible sur la Loire qu'à partir de Bouchemaine, depuis le décret du 21 novembre 1997 radiant la portion de Loire depuis le bec de Vienne de la nomenclature des voies navigables.

Le SDAGE Loire Bretagne, adopté le 4 juillet 1996, a l'ambition de concilier l'exercice des différents usages de l'eau et la protection des milieux aquatiques.

La variété du régime hydrologique donne naissance à des habitats naturels originaux en constante évolution. La Loire est un axe d'échanges et de colonisations privilégiées pour la faune et la flore. Elle est un couloir de migrations aériennes, terrestres et aquatiques et constitue un compromis riche, bien qu'instable, entre une nature forte mais capricieuse et l'action humaine constante mais souvent modérée (BETURE-SETAME, 1990).

2. Le contexte partenarial

L'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature est située sur la commune d'Orléans-La Source au sud de la Loire.

2.1. L'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature

Création de la structure

Le 6 juillet 1994 était signée la charte de mise en œuvre du Plan Loire Grandeur Nature. L'Etat, l'EPALA (aujourd'hui devenu l'EP Loire) et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ont décidé de créer une Equipe Pluridisciplinaire pour mener à bien les démarches et études concernant la réduction des risques d'inondation en Loire moyenne. Lors du CIADT de 1999 il a été décidé que « *l'Equipe Pluridisciplinaire constituée pour la première phase du plan sera maintenue pour toute la durée du plan, afin d'assister les maîtres d'ouvrage pour les actions relatives à la gestion du fleuve, de ses affluents et des zones inondables* ». A compter du 1er janvier 2003, l'Equipe est financée entièrement par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne.

L'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature intervient sous l'égide d'un **Comité de Pilotage de la Charte du Programme Interrégional Loire Grandeur Nature**, composé des personnes représentant l'Etat (DIREN), l'EPALA et l'Agence de l'Eau. Pour le suivi des missions de l'Equipe, un Comité Technique intervient régulièrement..

Le comité de pilotage a défini 3 objectifs prioritaires que les 7 membres de l'Equipe devront atteindre. Avec l'appui de son directeur et d'une assistante technique, le personnel de l'Equipe développe des compétences dans les domaines suivants, d'où le nom d'équipe pluridisciplinaire :

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| - Socio-économie du risque inondation | - Cartographie et base de données |
| - Morphologie fluviale, hydrologie | - Hydraulique |
| - Stratégie de réduction du risque | - Ecologie |

Les missions de l'Equipe répondent aux 3 objectifs posés :

- **Modélisation hydraulique d'écoulement des crues exceptionnelles et études des dommages** : les partenaires souhaitent élaborer une stratégie efficace et robuste de réduction des risques d'inondation pour les fortes crues en Loire moyenne.
- **Suivi de la morphologie de la Loire** : Il s'agit d'analyser et de prédire les impacts des aménagements sur les secteurs sensibles du fleuve.
- **Restauration des milieux naturels** : Il s'agit d'une mission d'assistance à la maîtrise d'ouvrage qui a pour but de promouvoir une gestion qui favorise à la fois les écoulements en crue et à l'étiage ainsi que le maintien ou l'amélioration de la biodiversité des écosystèmes fluviaux.

De plus, l'EPPLGN doit mettre en place un **système d'information commun** qui doit comprendre :

- Une base de données sur l'occupation des sols et sur les activités économiques présentes dans les zones d'expansion des crues de la Loire moyenne.
- Un **Système d'Information** sur l'Evolution du Lit de la Loire moyenne.
- Un module de cartographie ainsi qu'une cartothèque.

L'essentiel de ces missions est bien avancé, et dès lors l'EPPLGN appuie les partenaires pour la mise en oeuvre des actions du Programme Interrégional Loire Grandeur Nature.

L'intervention de l'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature peut revêtir 3 formes :

- un **appui méthodologique et scientifique** pour définir des études ou des démarches utiles sur l'ensemble du bassin,
- une **expertise technique** sur des opérations particulières où la compétence de l'Equipe paraît indispensable,
- La **mise à disposition des informations et données** qu'elle détient, gère, valorise et réactualise autant que de besoin.

Le programme interrégional Loire Grandeur Nature

Le Comité Interministériel d'Aménagement et de Développement du Territoire, réuni le 23 juillet 1999, a proposé aux collectivités locales partenaires de prolonger le Plan Loire Grandeur Nature par un programme interrégional s'appuyant sur les contrats de plan Etat-Région. Les CPER portent sur la période 2000-2006.

Son comité de pilotage attend de l'Equipe qu'elle **renforce une cohérence technique** entre toutes les interventions prévues au programme interrégional, **en matière de risque d'inondation et de restauration des milieux naturels et des hydrosystèmes fluviaux**. Elle apporte **un appui à la maîtrise d'ouvrage sur tout le bassin** pour mettre en œuvre le programme interrégional auprès de ses partenaires fondateurs : l'Etat, l'Etablissement Public territorial de la Loire, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, et leurs membres constitutifs.

*L'un des thèmes importants du programme interrégional auquel ce stage se rattache est la **restauration des milieux naturels** ; il porte plus particulièrement sur :*

- **Les espaces naturels remarquables** : L'équipe représente un appui opérationnel auprès de l'Etat, des collectivités du bassin, de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, et des Conservatoires Régionaux des Espaces Naturels, pour assurer la cohérence technique des programmes de restauration et de préservation de ces espaces.
- **Les annexes hydrauliques, poissons migrateurs** : Elle doit contribuer à améliorer l'efficacité technique des actions entreprises, en respectant l'objectif de maintien ou de restauration de la diversité biologique des cours d'eau.
- **Les espaces de mobilité, gestion des grands hydrosystèmes**: Sur ce point, l'équipe doit développer les connaissances sur le fonctionnement de l'hydrosystème, suivre les évolutions du lit, quantifier et suivre le transport sédimentaire et analyser le rôle de l'espace de liberté en vue de renforcer la biodiversité.
- **La restauration de la ligne d'eau en Basse Loire**: le Plan Loire a en charge le suivi des actions entreprises, l'évaluation de leurs impacts et l'appui technique aux partenaires sur ce thème délicat.

Budget de l'Equipe

Sur la période 1995-2001, l'Equipe s'est vue octroyer un budget de fonctionnement de 0.6 million d'Euros par an. De plus, un budget de 3,8 millions d'Euros lui est attribué pour mener à bien les différentes études qu'elle a entreprises.

Programme de restauration des annexes hydrauliques

Il est à noter que le Plan Loire Grandeur Nature axe une partie de son activité sur la restauration de la diversité écologique des milieux. Il vise, entre autres choses, à faciliter la libre circulation des poissons migrateurs et comprend un programme de reconstitution des milieux naturels et de maîtrise des paysages.

Le Plan Loire prend en compte la directive « habitats » pour la mise en œuvre de NATURA 2000 (Directive « Habitats » 92/43 du 21/05/1992, concernant la conservation des habitats naturels, ainsi que de la faune et de la flore sauvage). En effet, le réseau NATURA 2000 est une initiative européenne destinée à maintenir ou rétablir dans un état de conservation favorable les habitats et les espèces de faune et de flore sauvage d'intérêt communautaire, dans leur aire de répartition naturelle. Il s'agit de contribuer au développement durable des territoires concernés en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelles. Ces objectifs sont en cours d'intégration dans les politiques nationales et locales et, plus généralement, dans toutes les activités humaines. Ainsi, le réseau NATURA 2000 n'est pas uniquement constitué d'habitats et d'espèces menacées ; les territoires inscrits dans le périmètre de protection abritent également les activités humaines les plus variées. La production forestière, l'agriculture, le tourisme, les activités de loisirs telles que la chasse et la pêche, ont contribué à leur valorisation.

Dans le réseau NATURA 2000, plus particulièrement sur les habitats naturels et les espèces d'intérêt communautaire, les forêts alluviales résiduelles, les annexes hydrauliques et différents habitats spécifiques aux grands fleuves, tiennent une place importante, de même que certaines espèces présentes en bord de Loire.

2.2 Les autres acteurs impliqués dans l'étude

L'EP Loire (anciennement EPALA)

C'est un Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) qui peut être un des partenaires financiers dans la réalisation des travaux. Cette institution se porte maître d'ouvrage plutôt pour des opérations structurantes à l'échelle du bassin. L'EP Loire peut intervenir par le biais d'une structure locale comme les syndicats intercommunaux.

L'état et les régions

Ce sont des partenaires financiers pour des travaux inscrits au programme de Restauration des Milieux Naturels du Plan Loire. Les dossiers sont gérés par les DIREN.

L'agence de l'eau Loire-Bretagne

Par l'intermédiaire du 8^{ème} programme, elle peut financer, à hauteur de 20%, les travaux de restauration. L'agence intervient dans l'assistance à la maîtrise d'ouvrage par l'intermédiaire du PLGN ; elle apporte un soutien technique.

Le CSP

Cette structure peut éventuellement être un partenaire financier, puisqu'elle prend en charge généralement 40% de la part des instances piscicoles dans le département ; les 60% restant sont à la charge de la FDAAPPMA locale. Le CSP ne participe que pour des travaux de restauration à caractère piscicole.

La DIREN Centre

C'est un service de l'état qui assure, auprès du préfet de région, les missions qui lui sont confiées: rassemblement de données sur l'environnement, mise en œuvre de politique nationale, protection de la nature, prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement. La DIREN Centre est aussi coordinatrice du bassin Loire-Bretagne. A ce titre, elle assure la coordination des administrations de l'Etat auprès des organismes de bassin. Elle joue un rôle important en matière d'étude, en particulier pour la réalisation du plan Loire.

CPNRC (Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre)

Il contribue à la protection et à la valorisation des paysages. Il participe à des travaux de restauration en tant que partenaire technique mais également en aidant les maîtres d'ouvrages à solliciter des financements, en particulier auprès des instances régionales.

Conseils généraux

Ils représentent des partenaires financiers par le biais de la TDENS (Taxe Départementale pour les Espaces Naturels Sensibles) à condition que le maître d'ouvrage soit une collectivité locale.

Collectivités locales

Encouragées à se porter maître d'ouvrage pour des chantiers hors du DPF.

3. Les annexes étudiées

3.1. Généralités et choix des sept sites

Les plaines alluviales présentent une forte hétérogénéité d'habitats et de peuplement. Les annexes hydrauliques se situent à l'interface entre le milieu terrestre et le milieu aquatique (écotones) et résultent des interactions entre les processus naturels et anthropiques. Elles offrent une grande variété de biotopes, où la distribution des communautés animales et végétales s'établit en fonction du niveau d'exposition à la dynamique fluviale et à la submersion. Il est important de noter que les facteurs anthropiques ne sont pas systématiquement négatifs. Il arrive, dans certains cas, que les pratiques humaines favorisent la diversification des habitats.

L'hydrosystème est composé d'unités imbriquées qui sont en constante interactions sur le plan longitudinal et transversal. C'est pourquoi, il est impossible de traiter un compartiment sans se préoccuper des répercussions sur les autres. Afin de proposer une gestion efficace pour la Loire, il est impératif de prendre en considération le concept de continuum fluvial qui définit les échanges existants au sein de l'hydrosystème. Quatre dimensions sont à étudier:

- La dimension longitudinale se traduit par les échanges qui peuvent exister entre l'amont et l'aval.
- La dimension transversale se caractérise par des flux bidirectionnels qui ont lieu depuis le cours principal jusqu'à la limite du lit majeur. Ce qui structure les groupements végétaux dans la largeur du lit.
- La dimension verticale fait référence aux échanges entre la nappe et le fleuve, mais aussi à la position de la ligne d'eau. Ces fluctuations permettent également de structurer la végétation en fonction de la fréquence de submersion.

- La dimension temporelle est imposée par les fluctuations du régime hydrologique. L'alternance de périodes de crue et d'étiage participe à la diversité biologique. L'arrêt de ces transformations dans le temps par aménagement du lit, nuit fortement à la qualité des milieux et conduit à un appauvrissement écologique.

La Loire est en équilibre dynamique ; la balance se fait entre le débit solide et le débit liquide, ce qui peut engendrer une sédimentation ou une érosion. Le fleuve façonne ainsi son lit en creusant de nouveaux chenaux et en comblant de plus anciens. Si par un phénomène naturel ou anthropique le fuseau de divagation se trouve limité les modifications morphologiques et hydrologiques ne se font plus latéralement mais verticalement avec, dans le cas de la Loire, un enfoncement du lit. Il en découle d'autres effets néfastes tels que la diminution du temps de réponse aux crues, la dégradation des ouvrages, l'abaissement de la nappe alluviale et la déconnexion des annexes hydrauliques.

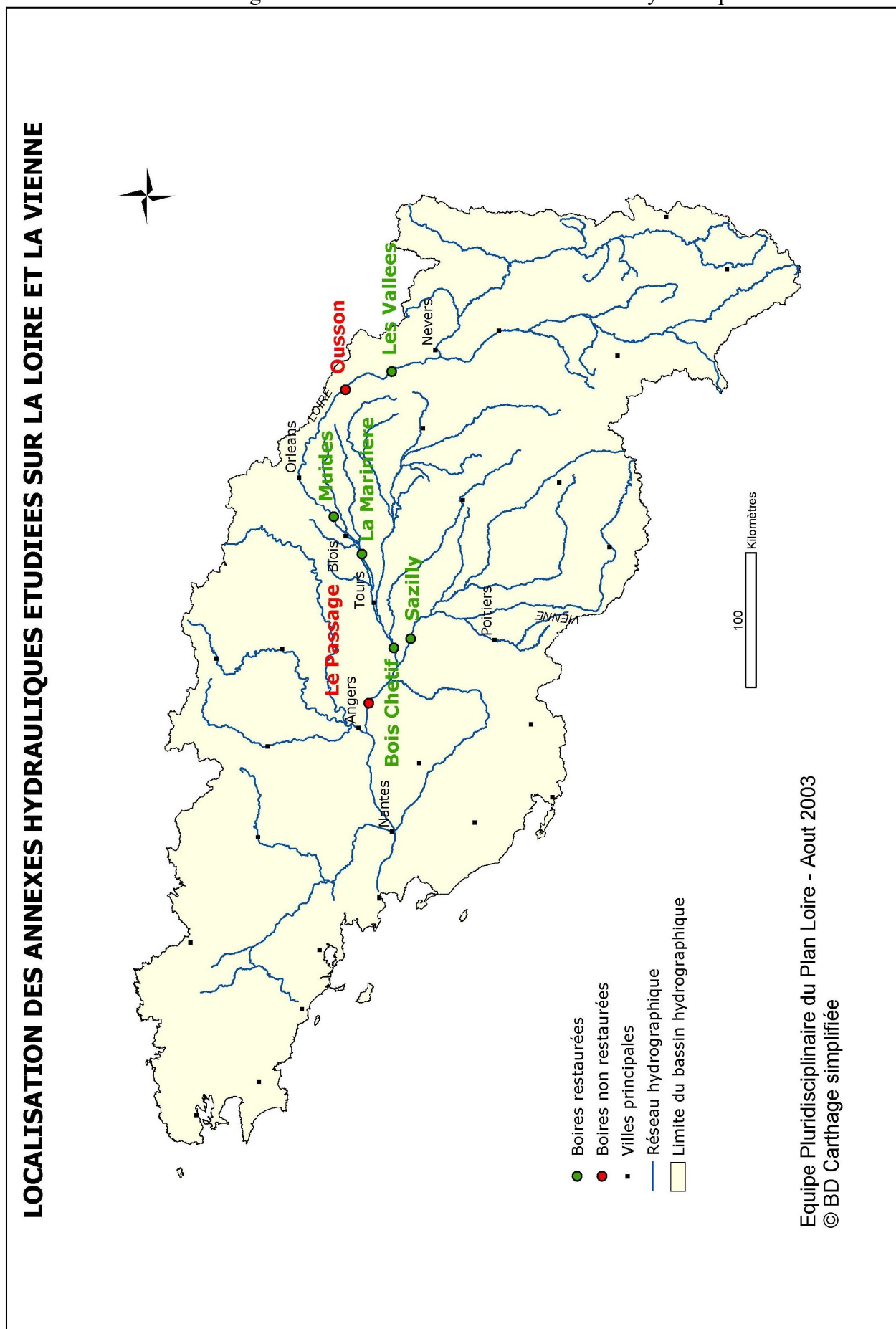
Les annexes représentent donc un enjeu majeur dans la diversification des écoulements et des habitats. Elles interagissent avec le milieu principal grâce aux échanges transversaux. Malheureusement, dans le contexte actuel d'enfoncement de la ligne d'eau, ces échanges se trouvent compromis.

Sous l'impulsion des collectivités piscicoles de bassin qui avaient inscrit la restauration des frayères à brochet au SDVPH et au PDPG, la cellule plan Loire du CSP a entrepris d'évaluer l'efficacité des différents aménagements qui pouvaient avoir lieu dans ces milieux. Sur l'ensemble de la Loire et de ses principaux affluents, 320 sites ont été répertoriés, 80 d'entre eux ont déjà fait l'objet de restauration et c'est parmi ceux-là que le CSP et l'équipe ont choisi 5 sites pilotes. Le choix a été effectué en fonction des potentialités en terme de frayère, de l'intérêt au point de vue de la biodiversité, des volumes de travaux réalisés et de la localisation. Les sites présentent tous une morphologie différente et ils comptent parmi les premiers à avoir été restaurés. Par ailleurs, il s'agit principalement de boires dont la surface unitaire est souvent inférieure à un hectare mouillé à débit moyen. Les sites retenus sont les suivants:

- Boire des Vallées à Couargues (18)
- Boire de Muides-sur-Loire (41)
- Boire de la Marinière à Rilly-sur-Loire (41)
- Boire de Bois Chétif à la Chapelle-sur-Loire (37)
- Boire de Sazilly (37) sur la Vienne

Ne disposant d'informations suffisantes sur l'état initial des boires, deux sites témoins, n'ayant pas encore été restaurés, ont été choisis: Il s'agit de la boire d'Ousson-sur-Loire (45) et la boire du Passage à Saint-Rémy-la-Varenne (49). La figure 1 permet de localiser ces sites.

Figure 1 : Carte de localisation des annexes hydrauliques.



3.2. Description des sites

Boire des Vallées sur la commune de Couargues (18)

Localisation:

La boire se situe en rive gauche de la Loire (lieu-dit les vallées) au niveau de la commune de Couargues dans le canton de Sancerre. La zone humide s'étend sur une quarantaine d'hectares mais tend à régresser du fait de l'enfoncement du lit de la Loire. L'annexe se situe à 520m de la source et la surface potentielle de frayère est de 5000 m².

Situation administrative et mesures de conservation:

Le site se trouve sur le DPF et il est géré par le conservatoire du patrimoine naturel de la région centre. Il fait partie d'une ZICO, D'une ZNIEFF de type 1 et d'une ZPS. Il fait également partie de la réserve naturelle du val de Loire et il est proposé comme périmètre du réseau Natura 2000. Le secteur est inscrit en zone ND au plan d'occupation des sols (POS). (CPNRC, 1996)

Géologie:

Dans ce secteur, la Loire s'écoule sur des alluvions anciennes et modernes. Les alluvions anciennes sont constituées par un limon épais de plusieurs mètres surmontés d'un cailloutis composé de graviers et de galets siliceux. Les galets sont enserrés dans une matrice meuble sableuse à sablo-argileuse. Ces alluvions seraient d'âge anté-Würm.

Les alluvions modernes (limons, sables, graviers et galets) ont une épaisseur de 6m au niveau de Pouilly-sur-Loire et sont recouvertes par une pellicule holocène en constant remaniement. Les alluvions des rivières et ruisseaux affluents sont formés d'un matériel plus fin où dominent les limons et les tourbes. (CPNRC, 1996)

Hydrologie et hydraulique:

La station hydrologique de référence se situe à Givry à 30km des Vallées. Les débits d'étiages sont très faibles et peuvent descendre sous les 60m³/s.

Les précipitations moyennes pour la station d'Herry sont de l'ordre de 700mm par an.

Ce milieu issu de l'atterrissement d'un ancien bras secondaire est submergé à partir de 300 m³/s, c'est-à-dire 180j/an. Pour un débit de 350m³/s, la zone de productivité est totalement opérationnelle. Le temps de ressuyage du marais est très long car il est alimenté en permanence par le ruisseau de la Fontaine Herry. Ceci favorise le maintien en eau de la zone de frai même en cas de baisse subite ou prolongée de la Loire.

Description du site:

La zone marécageuse d'une cinquantaine de mètres de large est traversée par le ruisseau de la Fontaine Herry. La mare la plus importante fait approximativement 1ha, pour une superficie totale de zone humide avoisinant les 10ha.

L'alimentation par résurgence du ruisseau n'est pas suffisante en période d'étiage pour maintenir un écoulement jusqu'à la Loire. Les visites de terrain de l'été 2003 ont permis de confirmer cela. Dans les conditions hydriques les plus défavorables, le ruisseau s'écoule jusqu'au bras secondaire mais ne parvient pas jusqu'à la Loire. Un mince filet d'eau serpente dans le sable et s'infiltre progressivement.

Le marais est une succession de pièces d'eau plus ou moins importantes. L'une d'entre elles est enserrée de végétation ; les autres se trouvent au niveau de prairies pâturées et servent d'abreuvoirs pour les vaches. La masse d'eau qui en résulte est limpide et riche en planctons, source de nourriture pour le brochet.

Tous les effluents du hameau des Vallées sont rejetés dans le ruisseau sans aucun traitement. Des foyers de renouée du japon sont visibles au bord de la route qui longe la Loire ainsi qu'au niveau du pont des Vallées où des travaux d'entretien ont été réalisés sans grandes précautions en 2003. De nombreux résidus de la plante sont encore visibles sur les berges et dans le lit du cours d'eau.

La Loire, dans ce secteur, a une qualité moyenne, avec comme paramètres déclassant les nitrates et les phosphates.

En parallèle, des travaux de curage ont eu lieu, en 2003, dans toute la partie amont du ruisseau. Cette intervention risque de favoriser l'infiltration des eaux et le tarissement du ruisseau.

Sur le petit bassin versant du cours d'eau, la pratique du pastoralisme est en déclin et une végétation dense remplace des milieux plus ouverts.

Le secteur étudié fait partie d'un vaste site étudié par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre et Nature 18 dans le cadre du programme LIFE- Loire Nature.

Une cartographie a été réalisée par le CSP en 1997 à partir d'un plan cadastral. La DIREN Centre, qui réalise des cartes de végétation au 1/10 000^{ème} dans le cadre du SIEL (Système d'Information sur l'Evolution du lit de la Loire) possède des informations sur ce secteur. La dernière campagne date de 1998.

Intérêts biologiques:

Flore et végétation:

La gratiole officinale (*Gratiola officinalis*) est présente sur le site. Il s'agit d'une plante protégée nationale ; sa population est estimée à une dizaine de pieds en deux îlots dans des milieux herbeux méso-hygrophiles.

Le butome en ombelle (*Butomus umbellatus*) est également signalé. C'est une plante hygrophile caractéristique des sols limoneux neutrophiles. Elle est protégée au niveau de la région Centre et de la région Bourgogne.

D'autres espèces intéressantes sont également présentes:

- L'épiaire des marais (*Stachys palustris*) caractérise les milieux limono-vaseux neutrophiles.
- La scutellaire à feuilles hastées (*Scutellaria hastifolia*) est protégée en Bourgogne.
- Le pigamon jaune (*Thalictrum flavum*) accompagne la glycérie dans les lieux humides. Il est protégé en région Centre.
- *Le Polygonum minus* sp. est une espèce patrimoniale.
- *Potamogeton pusillus* (Potamot fluet).
- *Ranunculus circinatus* (Renoncule nageante).

On notera la disparition de *Inula britannica* après 1994, suite à l'assèchement de la station dû à l'abaissement de la ligne d'eau.

Les grandes hélophytes des mégaphorbiaies ne sont pas affectées par la baisse des eaux.

Avifaune:

Le CPNRC a réalisé un inventaire sur le secteur, en 1996.

On notera plus particulièrement la présence, dans les zones marécageuses et le ruisseau, de mésange boréale (*Parus montanus*), de Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniculus*) et de la Rousserolle effarvatte (*Acrocephalus scirpaceus*).

La mésange boréale est protégée au niveau départemental. Un seul couple était observé en 1995. Le Bruant des roseaux avec cinq couples nicheurs est également protégé au niveau du département.

Faune pisciaire:

La station se caractérise par la présence régulière de la bouvière (*Rhodeus amarus*) qui est une espèce d'intérêt communautaire et du brochet (*Esox lucius*) qui est, dans cette étude, l'espèce indicatrice.

(Voir annexe II)

Boire d'Ousson-sur-Loire (45)

Localisation:

La zone d'étude est située en rive droite de la Loire dans le département du Loiret (45) à 15km en amont de la ville de Gien. Le site est à 130m d'altitude et les précipitations moyennes sont comprises entre 600 et 800mm. La commune d'Ousson-sur-Loire, où se trouve l'annexe, est à 560km de la source. La surface totale du site est de douze hectares, dont deux hectares constituent des surfaces potentiellement productives en tant que frayère.

Géologie:

La zone présente une formation géologique, composée de sables et argiles recouverts d'alluvions, qui la rend plutôt imperméable. On peut observer les mêmes formations que sur le site des Vallées

Situation administrative et mesures de conservation:

La boire fait partie du Domaine Public Fluvial (DPF) géré par la DDE du Loiret et l'halieutisme est géré par l'association de pêche de Châtillon.

Le site fait partie d'une ZNIEFF de type II (n°6034 Loiret). La vallée de la Loire est classée en ZICO de Neuvy à Châtillon. La zone fait également partie d'un site classé.

Hydrologie et hydraulique:

La station hydrologique de référence est à Givry à l'amont de la zone d'étude. Le module est de 350m³/s et le débit d'étiage est de 50 à 60m³/s.

La communication aval s'établit pour un débit de 240m³/s, le secteur est ennoyé sur une grande partie pour un débit de la Loire de 450m³/s ; enfin, la communication amont se fait pour un débit de 500m³/s.

Description du site:

A hauteur d'Ousson, le lit de la Loire est caractérisé par la présence de trois chevrettes et d'un ensemble de digues limitant la largeur à moins de 400m. Les écoulements s'en trouvent modifiés et la courbe hauteur/débit diffère des autres portions de Loire.

L'annexe hydraulique se situe derrière la chevette des Mantelots en rive droite. Cet ouvrage dirige le courant en rive gauche. Il existe une brèche qui fait communiquer le lit mineur avec les grèves à l'ombre de la chevette. A l'aval de cette brèche, un bras secondaire persiste mais n'est pas permanent. Le long de la digue, il existe une succession de trous d'eau qui communiquent mal entre eux et qui sont séparés du bras secondaire par une île relativement élevée.

La chevrette change de direction après la brèche et se prolonge par un duit parallèle à la chevrette de l'Escargot.

La zone d'étude est soumise au rejet de la STEP (Station d'ÉPuration) d'Ousson qui traite environ 700 équivalents habitants. La qualité de l'eau est moyenne avec comme paramètre déclassant la DBO5. (CSP, 1999)

Des cartographies ont été réalisées par la Cellule Plan Loire du CSP en 1999 à partir de fonds de carte IGN au 25 000^{ème} et des photographies aériennes. Dans le cadre du SIEL une campagne de photographie et de cartographie de la végétation a été réalisée en 1998. Les cartes sont disponibles sur le site de la DIREN Centre.

Intérêts biologiques:

Végétation:

La frayère est recouverte par une éléochariçaie, de nombreuses cariçaies (Laïche aiguë, Laïche des marais), une butomaie, des groupements de grève exondée ainsi que des essences de taillis de bois tendre et de bois dur. Elle héberge notamment le scirpe maritime et la pulicaire vulgaire.

Les basses grèves sont colonisées à la fois par des plantes annuelles (*Bidens cernua*, *Polygonum hydropiper*...) et des plantes vivaces (*Myosotis*, roripe amphibie, plantain lancéolé...) dont certaines comme la menthe aquatique, l'agrostide ou la baldingère serviront de support de frai.

Ces zones de frai se limitent cependant à une trentaine de mètres de largeur, le reste étant occupé par des plantes telles que le datura, la lampourde, les orties ou des essences de taillis de bois tendre et de bois dur. En période estivale, quelques trous d'eau persistent et sont colonisés par des hélophytes (éléocharis, iris, laïches, scirpe...) et des hydrophytes (renouée, potamot...). (CSP, 1999).

On notera également la présence de peupliers autochtones sur la chevrette et de la pulicaire vulgaire (*Pulicaria vulgaris*) protégée nationale à l'extrémité aval..

Macrofaune benthique:

Une étude sur les peuplements macrobenthiques a été réalisée par l'ADESVV de Chinon en 1998 à la demande de la DDE 45.

L'échantillonnage n'a pas été réalisé selon le protocole IBGN car cet indice ne semblait pas pertinent sur le site. L'effort de capture s'est concentré sur les substrats les plus biogènes et non sur les plus représentatifs du point de vue de la surface de recouvrement. Le nombre de prélèvements a été déterminé grâce aux courbes de richesse cumulée pour les familles et pour les genres. On considère que l'échantillonnage est stabilisé lorsque le prélèvement d'un échantillon supplémentaire apporte statistiquement moins d'un taxon nouveau. Ainsi, pour une détermination au genre il faut au moins 20 échantillons et lorsque l'on s'arrête à la famille 16 échantillons sont nécessaires.

Le site peut être qualifié de véritable boire car les trous d'eau sont pérennes et alimentés par la nappe, la végétation est constante et la qualité d'eau pendant l'étiage est satisfaisante.

Le peuplement global est de 66 familles et 89 genres. La station n'apparaît pas fortement polluée.

On peut y trouver des espèces relativement rares comme *Acentrella*, *Electrogena*, *Brachycentrus*, *Leptocerus* ou encore *Oecetis*.

Les peuplements collectés dans les trois secteurs (secteur de Loire en aval de la brèche sur la chevrette d'Ousson, aval de la chevrette de l'Escargot et boire dans l'ombre de la chevrette de Mantelots) sont nettement différents et ceci en raison du caractère temporaire ou de la pauvreté en habitats de certaines zones.

Le site amont caractérisé par une grande plage de courants abrite un peuplement jeune et faiblement structuré (diversité et équitabilité faible) en raison d'une forte dynamique et d'un nombre important d'habitats.

Le secteur en aval de la chevrette de l'Escargot est caractérisé par une population mieux structurée que précédemment en raison d'une plus grande stabilité ; en revanche, la pauvreté des habitats limite les potentialités du milieu.

Le secteur des boires présente une population à forte équitabilité et diversité qui traduit un milieu stable et offrant de nombreux habitats. Cependant, son isolement par rapport au lit vif entraîne une plus faible diversité taxonomique mais avec une population tout à fait particulière.

Faune piscicole:

Deux pêches électriques ont été réalisées dans la boire en 1996 et 1998. En ce qui concerne les espèces d'intérêt communautaire, seule la Bouvière a été capturée en 1998. Les deux pêches ont également mis en évidence la présence de brochetons et donc les potentialités du site.

Les boires présentent une faune et une flore remarquable. Ainsi, les aménagements prévus sur ce site devront être réalisés avec le plus grand discernement.

(Voir annexe II)

Boire de Muides-sur-Loire (45)

Localisation:

La zone d'étude est située sur la Loire moyenne, entre Blois et Orléans, à environ 20km en amont de Blois (Département du Loir et Cher, 41). Il s'agit d'un ancien bras secondaire de la Loire dénommé "Petite Loire", situé en rive droite au niveau de l'île de Muides.

Le secteur étudié est traversé par le pont du CD 12 reliant Mer à Muides, et appelé "pont de Muides". La Petite Loire est comprise dans le lit mineur qui s'étend sur 2km à ce niveau. La distance à la source est de 692 Km et la superficie du secteur avoisine les 9 ha.

Situation administrative et mesures de conservation:

La boire se situe en grande partie sur le Domaine Public Fluvial mais la LPO et quelques propriétaires privés possèdent des terrains. L'entretien est sous la responsabilité de la DDE du Loir-et-Cher.

Le site étudié est inclus dans une ZICO ("Vallée de la Loire: Environ de Blois"), une ZNIEFF de type I et II (5026 0002) et comprend une réserve de pêche (du pont de Muides jusqu'à la confluence).

La réhabilitation de la frayère de Muides a été formulée dans le cadre du Schéma Départemental de Vocation Piscicole et Halieutique du Loir-et-Cher, approuvé et arrêté le 19 mai 1992.

Géologie:

Cet ancien bras, actif au siècle dernier, atteignait 300m de large alors que le chenal principal faisait 400m.

Les calcaires de Beauce composent le substrat du lit de la Loire dans cette zone sur lequel reposent des alluvions récentes et anciennes qui constituent le lit mineur et le lit majeur. L'épaisseur des alluvions varie de 1.5 à 3m. Deux unités hydrogéologiques interagissent avec la Loire, il s'agit de la nappe phréatique de la Loire et de la nappe des calcaires de Beauce. (CDPNE 41, 1996).

Hydrologie et hydraulique:

L'échelle limnimétrique la plus proche se situe à Muides-sur-Loire et les débits de référence sont ceux mesurés à Blois.

Dans ce secteur, le courant est concentré sur la rive droite, ce qui, en période de crue, peut entraîner une forte érosion de l'île de Muides.

L'annexe est alimentée directement par le cours d'eau durant la période de hautes eaux. Et, pendant l'étiage, c'est la nappe alluviale directement en relation avec la Loire mais aussi la nappe du calcaire de Beauce, de type karstique, qui alimentent la Loire et maintiennent les annexes en eau.

La communication par l'amont s'établissait pour un débit de 1200m³/s, mais le cours d'eau était stoppé par des seuils sableux à l'aval du pont et au niveau du gué de la ferme de la brûlée. L'écoulement était total pour un débit de 1600m³/s., soit 5 jours par an. L'alimentation se fait par remplissage et débordement des ballastières. Enfin, la liaison aval était opérationnelle pour 850m³/s, sinon c'était la nappe qui alimentait le milieu.

La comparaison des hauteurs d'eau obtenues au niveau de l'échelle de Muides montre un abaissement du lit avoisinant 1.5m entre 1860 et 1983. La Loire aurait baissé de 50 cm entre 1973 et 1983. Un rapport du CSP datant de 1995 fait état d'un enfoncement de 1.3m en trente ans.

Description du site:

La périphérie de la zone d'étude est occupée essentiellement par l'agriculture, mais l'on notera quand même la présence d'une exploitation de granulats juste en amont et d'un terrain de golf au nord de la boire. La centrale nucléaire E.D.F. de St-Laurent-des-Eaux se situe environ à 8 Km en amont du site.

La petite Loire était, avant les travaux, une succession de boires et de zones plus ou moins humides sans grande communication, fermée à l'amont et évoluant vers le boisement. Elle est aujourd'hui composée de deux parties bien distinctes séparées par le dalot (travaux de 1995): en amont se trouve la zone qui présente le plus d'intérêts écologiques et en aval, il s'agirait plus d'un canal d'alimentation aux berges abruptes et à la végétation peu accueillante.

Le comblement progressif de la petite Loire serait, en réalité, du à la construction du pont de Muides après 1843. En effet, la construction d'un remblai d'accès partant de la rive droite, dans le lit vif du fleuve, sur une longueur de 150m, aurait favorisé l'ensablement progressif du bras. On observe ainsi un rattachement progressif de l'île de Muides à la rive droite. D'autres facteurs comme l'extraction de granulats, les ouvrages de navigation et l'implantation de la centrale EDF de St-Laurent-des-Eaux ont favorisé ce processus. Le secteur a subi une profonde déstabilisation par les processus de réajustement géomorphologiques liés aux aménagements de St-Laurent-des-Eaux.

L'alimentation du bras est également bouleversée par l'implantation de la sablière des Bordes. Les merlons de desserte et de protection entravaient jusqu'à peu des ballastières en cours d'exploitation. En 2002, des travaux de réhabilitation ont eu lieu dans la partie la plus aval de l'exploitation. Les niveaux de communication entre la boire et la ballastière ont été abaissés. De ce fait, l'alimentation de la boire a pu être modifiée mais l'influence n'est pas encore complètement connue.

Le site était fréquenté par bon nombre de pêcheurs et de braconniers. Certains récits, datant des années 1970, font état de pêches miraculeuses de brochetons qui étaient frisés en grande quantité. A cette période, la frayère était totalement fonctionnelle.

On trouvait également des installations de pompage agricole ayant pour but d'irriguer les zones cultivées avoisinantes ; seul l'un d'entre eux persiste en 2003. Les parties plus sèches étaient souvent des lieux de décharge ou des terrains de jeu pour le moto-cross.

Il existe une zone d'atterrissement à l'aval. En effet, le chenal principal entame l'île de Muides et délaisse le débouché de la Petite Loire.

Des documents cartographiques ont été réalisés par le CDPNE 41 à partir des fonds cadastraux (révisé en 1984) et des fonds de carte IGN au 25 000ème. Le CSP a également utilisé les cartes au 25000ème de l'IGN. Enfin, le bureau d'études SCE a réalisé des cartes à partir de photos aériennes récentes. Il existe, par ailleurs, des cartes du SIEL au 10000ème qui pourraient servir de base de travail. La dernière campagne date de 1997 et se trouve à la DIREN centre.

Intérêts biologiques:

Végétation:

La roselière à *Phalaris* semble être le milieu qui offre le plus de potentialités pour la reproduction du brochet (graminée robuste qui supporte les crues et qui forme de vastes tapis). Le groupement à *Agrostis* semble également propice au frai, tout comme le groupement prairial humide et la ceinture de boire.

La végétation aquatique, constituée de plantes annuelles comme les élodées, les callitriches, les cératophylles et les myosotis, se développe à partir du mois d'avril et offre ainsi d'importants supports de frai pour les espèces phytophyles d'accompagnement.

Certaines espèces typiquement inféodées à ces milieux sont présentes: *Scrophularia canina*, *Pulicaria vulgaris*, *Scirpus holoschoenus*.

Les prospections de 2003 ont mis en évidence la présence d'un important tapis de jussie à l'aval immédiat du dalot. Cette plante invasive banalise le milieu et l'asphyxie. Sa présence n'est donc pas souhaitable pour le bon développement des brochetons. Et, d'autre part, si le foyer continu à s'étendre, il constituera bientôt un obstacle à l'avalaison des juvéniles.

Des secteurs situés plus en amont semblent avoir subi un traitement aux phytocides ; il serait bon d'en connaître les auteurs. Il est également possible que la dégénérescence de la végétation soit due à un trop fort compactage du substrat lors des travaux.

Faune pisciaire:

A ce niveau, la Loire peut être classée en niveau B8 ("zone à barbeau grands cours d'eau de plaine") selon la classification de Verneaux (1981). Cependant, ce niveau typologique théorique est un peu différent du niveau typologique biologique. En effet, les pêches électriques montrent une forte représentation des espèces rhéophiles (goujon, chevaine, spiralin est barbeau), ce qui laisse à penser que le cours d'eau se rapproche davantage du niveau B7. La Loire moyenne se distingue donc par l'abondance des cyprinidés d'eaux vives, le passage au niveau B8 se faisant plutôt à partir de Tours, c'est-à-dire au début de la zone de confluence.

Les résultats des pêches qui ont eu lieu en 1994 et 1995 dans la petite Loire sont moins diversifiés que dans le cours principal, mais les espèces présentes permettent également de classer la boire au niveau B7 ("cours d'eau à cyprinidés d'eau vive").

Encore une fois, la seule espèce patrimoniale présente sur le site est la bouvière. Les brochetons sont capturés lors de chaque pêche électrique, ce qui prouve la fonctionnalité du site.

En 2003, tous les cyprinidés qui ont été capturés dans la boire la plus amont présentaient d'importantes lésions mais pas les brochetons.

Dans l'ensemble, le site offre d'importants lieux de reproduction et de refuge. Seul le dalot pose encore problème dans la mesure où il permet une vidange trop rapide de la partie amont. De plus, il présente, lors de cette phase, une lame d'eau trop faible pour permettre la dévalaison. Une amélioration est prévue rapidement.

(Voir annexe II)

Boire "La Marinière" à Rilly-sur-Loire (41)

Localisation:

Le bras secondaire de la Marinière se situe en rive gauche de la Loire à hauteur de la commune de Rilly-sur-Loire dans le département du Loir-et-Cher (41). Ce site, à environ 20km en aval de Blois, est situé au PK: 727 et sa superficie est voisine de trois hectares. La largeur du lit mineur dans ce secteur est de 220m.

Situation administrative et mesures de conservation:

La boire se trouve comprise dans une ZNIEFF de type I et également une ZNIEFF de type II n°5031. Elle fait partie du DPF mais pour y accéder de la berge, il faut passer chez un propriétaire riverain.

Géologie:

La craie blanche à silex (craie de Blois) compose le substrat du lit de la Loire sur lequel reposent des alluvions récentes et anciennes. De part et d'autre du lit mineur, sur les rebords des plateaux, les formations du Sénonien (argile à silex) et de l'Aquitaniien (calcaires et marnes lacustres de Beauce) affleurent.

Hydrologie et hydraulique:

La station de référence pour les débits est celle de Blois, et l'échelle limnimétrique la plus proche se situe à Onzain en amont du site (Rive droite face à Chaumont-sur-Loire).

Afin d'obtenir une relation hauteur/débit fiable au niveau de l'annexe, des points de références ont été nécessaires. Le premier se situe à l'amont, il s'agit de l'échelle de Chaumont-sur-Loire en rive gauche. Le second est à l'aval, il s'agit d'une borne située en bord de Loire sur la commune de Rilly. A partir de ces points où l'on dispose de quelques données hauteur/débit, il a été possible d'extrapoler cette relation à l'annexe. Les relevés de terrain ont, par la suite, permis d'affiner celle-ci.

Durant les périodes d'étiage, la boire n'est plus du tout en eau. Le bras actif de la Loire se situe en rive opposée et les connections aval et amont ne sont plus fonctionnelles. Il ne semble pas y avoir d'apport de nappe, et le petit ruisseau qui débouchait dans le tiers aval de la boire s'est tari. Ce petit affluent est probablement le trop-plein d'une mare ou d'un étang. Il est peut-être en communication avec l'exutoire de la STEP, ce qui se traduirait par une mauvaise qualité d'eau. Le fossé qui conduit les effluents de la STEP de Rilly-sur-Loire à l'aval de la boire draine les éventuels apports de versant, ce qui limite considérablement le bassin versant de l'annexe.

Description du site:

La Marinière est en fait considérée comme un bras secondaire et non comme une boire à proprement parler. En effet, sa particularité est d'être activée assez fréquemment par l'amont, ce qui limite sa fonctionnalité pour la reproduction du brochet. Cette fonctionnalité, en tant que frayère, n'a jusqu'à maintenant jamais été vérifiée.

Il existe un dilemme sur ce site. En effet, il semble que le bras de la Marinière soit trop rapidement connecté par l'amont ($800\text{m}^3/\text{s}$), ce qui entraîne la formation de courants à l'intérieur de la boire (néfaste au frai du brochet). D'un autre côté, si la connexion amont était moins importante, les écoulements se dirigeraient davantage en rive droite avec tous les risques d'érosion que cela comporte. La politique actuelle est de laisser le secteur évoluer "naturellement" et de voir si un équilibre peut se mettre en place.

Dans le cadre de la restauration des îles de Rilly, le CDPNE préconisait une réouverture du bras secondaire situé à l'aval immédiat de la boire afin de rééquilibrer les écoulements. En effet, les aménagements dans ce secteur (chevrette reliant l'île de la folie à la rive gauche, perré...) ont conduit à un basculement du chenal actif de la rive gauche vers la rive droite.

En mars 1999, alors que le débit de la Loire atteignait $439\text{m}^3/\text{s}$, la boire était ennoyée par l'aval au maximum de sa capacité d'accueil et exempt de capture hydraulique à l'amont. La surface mouillée dans ces conditions a été mesurée à 5160m^2 .

La boire se trouve confrontée à deux rejets de station d'épuration: à l'amont, STEP de Chaumont et à l'aval, STEP de Rilly. Les terrains avoisinants sont couverts par de la forêt ou des cultures.

Le site a été cartographié par le CSP à partir des fonds de carte IGN au 25 000ème. La DIREN Centre possède également, pour le secteur, des cartes de végétation réalisées en 1998 à partir de photos aériennes.

Intérêts biologiques:

Végétation

Une seule espèce végétale protégée à l'échelle nationale est présente sur le site, il s'agit de *Pulicaria vulgaris*, la Pulicaire commune. Elle se situe à l'extrémité aval de la boire.

Le pourcentage de recouvrement par les espèces végétales susceptible d'être des supports de ponte est compris entre 50% et 75%. La boire est essentiellement colonisée par les baldingères, et les espèces envahissantes ne sont pas encore présentes.

Les orages du mois de juin 2003 ont touché un arbre qui s'est effondré dans l'annexe et qui risque de provoquer un atterrissement.

Faune pisciaire

Les sondages à l'électricité, réalisés chaque année, ont permis de mettre en évidence une grande diversité taxonomique. Même si l'espèce indicatrice n'a pas toujours été capturée, les conditions lui étaient pourtant favorable. Par ailleurs, la boire dispose de plusieurs espèces d'accompagnement pour la plupart phytophyles, ce qui démontre le bon fonctionnement de l'annexe.

Une fois encore, la seule espèce d'intérêt communautaire présente sur le site est la bouvière. Le brochet n'a pas été retrouvé les deux années qui ont suivi les travaux. En revanche, depuis deux ans, ils font partis des relevés piscicoles. Cette station est caractérisée par une assez bonne diversité. En effet, la richesse spécifique est relativement élevée (16 en 2002 et 17 en 2003).

Lors des investigation de l'été 2003, la présence de crapauds communs, hérons, aigrettes et plusieurs odonates a été remarqué. (Voir annexe II)

Boire de Bois Chétif à la Chapelle-sur-Loire (37)

Localisation:

La boire du Bois Chétif est situé à l'amont du bourg de la Chapelle-sur-Loire. Cette zone de frayère est un ancien bras mort qui a été comblé depuis 1850 en rive gauche de la Loire. Ce site porte également le nom de "L'île Hivers". Jadis chenal presque rectiligne, il comporte maintenant des îles et de nombreux atterrissements visibles en période d'étiage. La boire se trouve à 804 Km de la source et sa superficie est d'environ 3 ha. La largeur du val dans cette partie est comprise entre 3 et 4 Km.

Situation administrative et mesures de conservation:

Ce site a été classé en ZNIEFF de type I car il est composé pour l'essentiel d'un ensemble très linéaire de bois francs et d'îles essentiellement boisées par de l'aulnaie-orme. Il est également inscrit en ZICO.

La boire se situe sur le domaine privé et elle est découpée en une centaine de parcelles. Le maître d'ouvrage (DDE 37) a du obtenir l'accord de tous les propriétaires avant de réaliser des travaux. Au niveau législatif, il existe une ambiguïté puisque cette notion de propriété privée est en contradiction avec la notion de *plenissimum flumen* qui définit théoriquement l'appartenance des terrains au domaine public. (DDE 37, IMACOF, mars 1996)

Géologie:

Dans ce secteur, la Loire traverse des alluvions du crétacé supérieur composés d'argile à silex, de craie et de tuffeau du turonien. Les alluvions présentent une certaine continuité et s'organisent (de haut en bas) de la manière suivante: limons sableux, sables, graves sableuses et enfin substratum. L'épaisseur des alluvions dans cette zone est moins importante que dans les autres portions de Loire ; malheureusement, les extractions de granulats ont été aussi intenses qu'ailleurs et se sont traduites par de profonds changements morphologiques.

Hydrologie et hydraulique

Le débit de référence est celui mesuré au niveau de la Chapelle-sur-Loire et l'échelle limnimétrique la plus proche se situe à Port Boulet.

L'objectif était d'obtenir une lame d'eau de 0.8m dans l'annexe au 15 mai et pour une année hydrologique moyenne c'est-à-dire pour un débit de 150m³/s. Les années de référence ont été 1992, 1993 et 1994. Après quelques approximations sur la pente de la Loire dans ce secteur, la cote du fond a été fixée à 30.9m. Selon les données statistiques pour la période de 1960 à 1977, la probabilité d'avoir un débit inférieur à 150m³/s entre mars et mai était de 5%, soit 1 année sur 20.

Le bras actif en période d'étiage se situe en rive droite mais lors d'épisodes de crue, le bras en rive gauche se met en fonctionnement et il érode de façon importante l'entré aval de la boire.

Même après les travaux, le site se trouve complètement exondé en période d'étiage.

Description du site:

La boire était, avant les travaux, en phase de comblement avec pour conséquence une disconnexion avec la Loire pendant une grande partie de l'année. La présence d'encombres favorisait le dépôt des sédiments et donc la déconnexion de la boire. La boire se retrouvait totalement asséchée durant l'été (en 2003, le site est également totalement exondé). Le milieu se dirigeait vers une diminution de l'attractivité vis-à-vis des animaux inféodés aux milieux aquatiques et une banalisation des groupements végétaux. La flore évoluait vers une forêt de bois dur.

Plusieurs cartographies du site ont été réalisées à partir des fonds IGN au 25 000ème ou des fonds cadastraux. La DIREN Centre couvre également ce secteur dans le cadre du SIEL. Des cartes de végétation de 1995 sont donc disponibles.

Intérêts biologiques:

Végétation:

Les boires sont des milieux instables, sous la dépendance de modifications environnementales particulières (hydrologiques, topographiques, sédimentaires) qui permettent l'implantation d'une flore variée. L'ensemble est hétérogène, complexe et sujet à une évolution constante.

Au niveau de Bois Chétif, on remarque la présence du pigamon jaune et de la germandrée des marais qui sont des plantes protégées régionales. Le site comporte également de l'orme lisse (*Ulmus laevis* Pallas), caractéristique des bords de Loire et en forte régression sur le bassin.

Les investigations de 2003 ont permis de remarquer d'importantes zones d'ombre où la végétation se développe difficilement. Durant ces sorties de terrain, les opérateurs ont relevé la présence d'immenses massifs de jussie (plante envahissante).

Faune:

L'herpétofaune a été recensée en mai 1995 sur le site et il n'a été trouvé que cinq espèces: Grenouille agile (contactée en 2003), grenouille verte, crapaud commun, rainette arboricole et lézard vert.

Le castor n'a pas été contacté sur la boire mais des traces de nourrissage sont présentes sur les îles Jean Lelaid. Le ragondin est, quant à lui, bien représenté. Quelques chevreuils fréquentent le site. En été, ils y recherchent de l'eau et des lieux de repos frais.

La boire a fait l'objet de plusieurs pêches électriques depuis la réalisation des travaux en 1996. Lors de ces investigations, le brochet est régulièrement capturé. La bouvière (espèce d'intérêt communautaire) est également bien représentée sur le site. On pourra noter la présence occasionnelle d'espèces plus rares sur le bassin de la Loire comme l'Able de Heckel et l'Idé mélanote.

En parallèle, un suivi des populations pisciaires au droit de l'annexe est réalisé chaque année dans le cadre du suivi de la centrale nucléaire de Chinon-Avoine. Ce suivi remonte à 1988 et permet donc d'avoir une vue générale de l'évolution des populations dans ce secteur de Loire.

Macrofaune benthique:

Des prélèvements ont été effectués dans trois zones écologiquement différentes que sont le lit vif de la Loire, la boire amont et la boire aval qui fait l'objet du suivi.

Il existe sur ce site une très grande variété taxonomique puisque plus de 80 familles d'insectes aquatiques ont été dénombrées. Toutefois, certains taxons sensibles, comme les plécoptères Taenioptérigidae présents à l'état relictuel, ainsi que la surabondance d'autres taxons, comme les trichoptères hydropsychidae, montrent que la qualité du fleuve s'est notablement dégradée par rapport à ce que devait être sa position typologique originelle.

La comparaison entre le lit vif et la boire montre toute l'importance des milieux annexes puisque 22 taxons différents ont été recensés. En période estivale, de nombreux imagos d'odonates sont présents sur le secteur. Il apparaît cependant que les boires, au fur et à mesure de leur exondation, perdent une part importante de leur diversité et de leur richesse taxonomique. C'est pourquoi, le creusement de celle-ci peut permettre aux populations benthiques de se maintenir. Les analyses statistiques mettent en évidence l'importance des zones littorales dans l'hydrosystème.

(Voir annexe II)

Boire de Sazilly sur la Vienne (37)

Localisation

L'annexe appelée "Petit Bois" se situe sur la Vienne en Indre-et-Loire entre Chinon et L'Ile Bouchard. Cette Boire, localisée en rive gauche, sur la commune de Sazilly, s'étend sur approximativement 7300m². Elle est située à 23 Km de la confluence avec la Loire.

Situation administrative et mesures de conservation

La Vienne est un cours d'eau de seconde catégorie et appartient au domaine public fluvial. Le fond appartient donc à l'état jusqu'à la limite de débordement des eaux (*Plenissimum flumen*). Le secteur est en limite de ce DPF, c'est pourquoi les gestionnaires doivent avoir l'accord des propriétaires riverains pour intervenir sur la végétation de haut de berge.

Le Bail a été attribué à l'AAPPMA de l'Ile Bouchard car ce sont les autorités piscicoles qui ont émis la volonté de restaurer le site.

Le site n'est pas inscrit dans le périmètre d'une ZNIEFF ou d'une ZICO. Il ne fait pas non plus partie du réseau NATURA 2000.

Géologie

Dans ce secteur, la Vienne s'écoule sur des alluvions récentes qui ont fait l'objet d'une étude pédologique succincte. Elle a été réalisée pour s'assurer que les horizons affleurants après décapage étaient propices au développement des végétaux. Neuf carottages et un profil en long du fond ont permis d'identifier et de localiser les horizons. Dans l'ensemble, les différentes couches sont riches en argiles. Le substrat superficiel, riche en humus, recouvre une succession d'horizons argilo-humique, argilo-limoneux, argileux, argilo-sableux, et graveleux.

Hydrologie et hydraulique

La station de jaugeage la plus proche se situe à Nouâtre à environ 22 Km en amont du site.

Le débit retenu pour permettre des conditions favorables dans l'annexe avait été fixé à 136m³/s. Il correspondait au débit minimum, de la période comprise entre février et avril, atteint 80% du temps. Avant les travaux, la frayère était en connexion par l'aval pour un débit de 176m³/s. Aujourd'hui, cette

connexion s'établit lorsque la Vienne atteint 130m³/s. Le débit à partir duquel la frayère est en connexion par l'amont est de 210 m³/s. Enfin, le débit d'assec est voisin de 40m³/s. Ces débits ont été calculés en faisant quelques approximations concernant la largeur et la pente de la Vienne. Ils ont ensuite été affinés par des observations de terrain.

Description du site

La longueur totale est de 736m, la largeur moyenne est estimée à 10 m ; cette largeur correspond à une largeur optimum lorsque la frayère est totalement fonctionnelle. La surface de la frayère s'élève donc à 7300m². La pente est de l'ordre de 0.26% alors que celle de la Vienne est de 0.014%.

Avant les travaux, l'annexe se composait d'une alternance d'atterrissements et d'affouillements. La présence de trous permanents conduit à un isolement des brochetons et donc au cannibalisme. Cependant, d'un autre côté, ces milieux peuvent accueillir des populations originales de macroinvertébrés. Un compromis est donc à trouver afin d'optimiser la biodiversité du site.

La frayère est relativement encaissée avec des pentes de berges assez forte en rive droite. En rive gauche, les berges sont moins pentues et bien stabilisées par la végétation.

La cote du fond de la frayère n'était pas trop surélevée par rapport au niveau d'eau moyen de la Vienne. Cependant, une volonté d'intervention, de la part des gestionnaires piscicoles, existait depuis plusieurs années.

La présence de branchages immergés constitue un abri de choix pour les brochetons. Mais, en contre partie, ils posent problèmes car ils piègent les sédiments et favorisent ainsi la formation d'atterrissements.

La boire se situe sur la Vienne, elle ne fait donc pas partie du SIEL. Les cartographies existantes ont été réalisées à partir des fonds de carte IGN au 25 000ème. Il serait envisageable de réaliser une cartographie au 10 000ème en s'appuyant sur les photos aériennes disponibles auprès de l'IGN.

Intérêts biologiques

La végétation:

Le site est relativement ombragé dans la partie médiane avec des saules blancs taillés en têtards assez âgés et malades, mais également des frênes et des érables negundo. Une végétation nitrophile (orties liserons) s'est développée dans la partie amont située à une trop grande altitude. La végétation herbacée est composée de baldingère, bident et renouée. Dans la partie aval, plus ouverte et plus large, on trouve deux espèces protégées : la pulicaire vulgaire (*Pulicaria vulgaris*, protégée nationale) et le pigamon jaune (*Thalictrum flavum*, protégé en région centre), ainsi que des scirpes et des carex.

La boire présente des espèces ligneuses dans le lit de la boire et une végétation rivulaire trop dense. Dans la partie aval, il existait une station importante de pulicaire qu'il fallait préserver de toute intervention.

La faune:

Depuis les travaux, le brochet est régulièrement capturé dans la frayère. Le couvert végétal semble être particulièrement adapté à cette espèce phytophile. La bouvière (espèce d'intérêt communautaire) est également bien représentée sur le site. De façon moins récurrente, des espèces comme l'Able de Heckel, le vairon ou le Black Bass peuvent fréquenter l'annexe.

Pendant la période estivale, le site accueille une grande variété d'odonates comme le Sympétrum rouge sang (*Sympétrum sanguineum*), la libellule déprimée (*Libellula depressa*), l'Aeschna bleue (*Aeshna cyanea*), le Caloptéryx éclatant (*Calopteryx splendens*) et différents Agrions.

Le castor d'Europe (*Castor fiber*) a pu être observé sur le site. (Voir annexe II)

Boire du Passage à St-Rémy-La-Varenne (49)

Localisation

L'annexe se situe en rive gauche de la Loire sur la commune de Saint-Rémy-la-Varenne (49) entre Saumur et Angers. Il s'agit d'une succession de dépressions linéaires empruntant le tracé d'un ancien bras secondaire de la Loire. Le site est vaste puisqu'il s'étend sur environ 10ha. Cette commune est localisée à 855 Km des sources de la Loire.

Situation administrative et mesures de conservation:

Le caractère temporaire de ce site contribue à soustraire celui-ci du livre II titre III du Code Rural "Pêche en eau douce et gestion des ressources piscicoles" et à le considérer comme eau close.

La boire fait partie du domaine privé mais la commune a entrepris des acquisitions de terrains grâce aux aides financières du conseil Général et de la TDENS (Taxe Départementale des Espaces Naturels Sensibles). La mairie a pour projet de mettre en valeur son patrimoine architectural, culturel et naturel par la mise en place future d'un chemin de découverte du paysage ligérien.

Le site fait partie de:

- ZNIEFF de type 1 n° 2000-0002 "lit mineur, berges et îles de Loire des Ponts de Cé à Montsoreau"
- ZNIEFF de type 2 n° 2000 " Vallée de la Loire"
- ZICO
- NATURA 2000: "La Loire"
- Zone ND et Nda (possibilité d'aménagements touristiques) du POS
- Du PNR Loire-Anjou-Touraine

A ce jour, le site a également fait l'objet de propositions de classement en réserve naturelle, en zone RAMSAR et un projet de mise en arrêté de biotope a été déposé mais aucune de ces démarches n'a abouti.

La boire du Passage est l'une des principales frayères potentielles inscrite dans le schéma Départemental de Vocation Piscicole entre le Bec de Vienne et la confluence de la Maine.

Cette annexe est inscrite dans le tableau de bord du programme de Reconstitution des Milieux Naturels (RMN) du Plan Loire Grandeur Nature sous la référence Z18.

Géologie

Comme dans les autres secteurs, la Loire s'écoule sur des alluvions récentes et anciennes. Il arrive cependant que le substrat jurassique affleure par endroit. Une couche d'argile très chargée en matière organique sépare de façon sporadique les niveaux grossiers de base des sables supérieurs.

Hydrologie et hydraulique

Les débits de référence sont ceux de la station de Montsoreau.

La Loire impose son niveau comme niveau de base de la nappe. Lors des périodes de hautes eaux, l'alimentation par la Loire se fait sentir dans une zone latérale d'extension variable mais limitée (souvent de l'ordre de 300m).

Une étude de la SOGREAH montre que l'affaissement de la ligne d'eau à l'étiage à St-Mathurin n'est pas significatif jusqu'en 1960, puis devient important à partir de 1969.

La boire a une connexion limitée avec la Loire en raison de la présence d'un chemin sur berge à l'embouchure aval. Ce seuil est situé à la cote 20.25m NGF et les échanges ne sont actuellement possibles que pour des débits de 800m³/s. Quelques communications avec la Loire se font par des infiltrations

La cote actuelle du seuil aval est de 20.25 m IGN 69.

Description du site

La boire s'inscrit dans un milieu ouvert du type prairie humide bocagère. La fréquentation du site par les ovins et les bovins tend à diminuer la densité de la ceinture végétale qui entoure le milieu ; ainsi, le secteur se trouve davantage propice aux espèces cyprinicoles.

La frayère se trouve intégrée dans le périmètre d'un projet global de la commune de St-Rémy-la-Varenne qui souhaite réaliser sur le site un sentier de randonnée et de découverte du paysage ligérien.

La boire du passage s'est trouvée déconnectée du cours principal durant le 19^{ème} siècle. Actuellement, on peut observer un phénomène d'érosion au niveau du franc-bord rive gauche situé au droit de la boire. Cette incision serait due à l'arasement du seuil de Bellevue en 1976 et à la sablière établie à la Ménitré (3Km en amont) de 1986 à 1992.

L'AAPPMA locale a déjà entrepris des travaux de restauration et elle a également commencé la maîtrise foncière. La seule partie que la commune n'a pas encore rachetée est la peupleraie qui sépare la boire de la Loire en aval. La commune touche des aides de la part du Conseil Général du Maine-et-Loire au titre de la TDENS.

Une cartographie du site a été réalisée en 1999 par le bureau d'études SAGE à partir des fonds de carte IGN, des fonds cadastraux et des levés topographiques. Le secteur fait également partie du SIEL et les dernières cartes de végétation réalisées (10 000ème) datent de 1999.

Intérêts biologiques

Végétation:

Plusieurs espèces présentes sur le site sont remarquables et elles peuvent être protégées à différents niveaux :

- *Gratiola officinalis*: (Gratiolle officinale) protégée nationale.
- *Pulicaria vulgaris*: (Pulicaire vulgaire) protégée nationale.
- *Inula britannica*: (Inule des fleuves) protégée en région Pays de la Loire
- *Nymphoides peltata*: (faux nénuphar) protégée en région Pays de la Loire
- *Scutellaria hastifolia*: (Scutellaire à feuilles hastées) protégée en région Pays de la Loire
- *Butomus umbellatus*: (Butome en ombelle) (protégée en région Centre)
- *Teucrium scordium*: (Germandrée des marais) (Protégée en région Centre)
- *Ranunculus aquatilis*
- *Spirodela polyrhiza*
- *Elymus repens*
- *Myriophyllum spicatum*
- *Ceratophyllum demersum*
- *Najas marina*
- *Potamogeton pectinatus* et *crispus*

Le phytoplancton, présent dans les eaux de la boire, est très riche et diversifié. Il caractérise un milieu eutrophe et chaud. On notera en particulier la prédominance de chlorophycée coloniale *Pandorina morum*

C'est, en fait, la présence de *Nymphoides peltata* qui est à l'origine de la non-intervention sur ce site.

Macro invertébrés:

Vingt taxons ont été recensés en 1998 et une note de 9/20 a été obtenue pour l'IBGN. Le caractère temporaire de la mise en eau des annexes se traduit par une faible capacité d'accueil. Cependant, les peuplements rencontrés dans ces milieux sont différents des peuplements du lit vif, et c'est en cela qu'ils contribuent à la biodiversité.

Avifaune:

La LPO Anjou qui réalise des inventaires réguliers fait état de 131 espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire sur le secteur de Saint-Rémy-la-Varenne.

Batraciens et reptiles:

Seulement trois espèces de batraciens ont été contactées sur le site. Il s'agit de la grenouille verte (*Complexe vert*), du crapaud commun (*Bufo bufo*) et de la Rainette arboricole (*Hyla arborea*). Ce secteur héberge également trois espèces de reptiles : Le Lézard vert (*Lacerta viridis*), le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*) et la Couleuvre d'Esculape (*Elaphe longissima*).

Mammifères

Les espèces rencontrées sur le site sont les suivantes : Putois (*Mustela putorius*), Renard (*Vulpes vulpes*), Ragondin (*Myocastor coypus*), Castor d'Europe (*Castor fiber*) (espèce protégée au niveau européen), Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), Taupe (*Talpa europaea*), hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*)

Ichtyofaune:

La boire n'avait jamais été, avant 2003, prospectée par les techniques de pêche électrique. L'inventaire piscicole de cette année ne comptait aucun brochet. En revanche, la bouvière (protection européenne) est présente ainsi que le Black Bass. L'association de pêche locale signale également la présence de la Loche de rivière qui est une espèce protégée au niveau européen.

(Voir annexe II)

II. Les objectifs de l'étude

1. Définitions relatives à l'hydrosystème

Afin de mieux comprendre dans quel contexte s'inscrivent les boires, il est important de définir les grandes entités morphologiques de l'hydrosystème ligérien. Voici les principales composantes:

Le chenal principal

En eau toute l'année, section où transite plus de deux tiers du débit.

Les chenaux secondaires

En eau toute l'année, section où transite moins d'un tiers du débit

Les bras morts

Annexes hydrauliques alimentées en période de hautes eaux mais qui seront déconnectées du système principal, soit par l'amont, soit par l'aval, en période d'étiage. Lien permanent avec le lit principal.

Les boires

Annexes complètement déconnectées du lit principal, généralement alimentées par la nappe. Alimentation par l'aval en période de crues. Groupements végétaux semblables à ceux des vases exondées type bidention. Ces milieux portent divers nom selon les régions, les plus connus sont lônes, noues, barthes ou encore reculs.

Les prairies inondables

Episodiquement en eau, rôle important dans l'équilibre hydrodynamique, physico-chimique et biologique mais ne possèdent pas de réelles potentialités en terme de frayères.

Les basses vallées

Situées à la confluence de la Loire avec ses affluents, elles peuvent être noyées par épanchement des affluents ou par refoulement de la Loire.

Les îles

Atterrissements séparés de la berge par l'eau, mais dont la hauteur des berges est voisine de celle de la berge du lit et rend possible l'implantation d'une végétation typique du lit majeur.

Les atterrissements végétalisés "Grèves"

Hauteur inférieure à la hauteur des berges du lit. Végétation typique du lit mineur, pas de sol, facilement remanié.

2. Fonctions des annexes

Les boires sont des milieux extrêmement riches qui possèdent de nombreuses fonctions au sein de l'hydrosystème. Elles interviennent dans bon nombres de processus biologiques mais aussi géomorphologiques. Leurs fonctions principales sont les suivantes:

- Elles servent de **zones tampons** afin de limiter l'impact des crues. Elles peuvent parfois stocker des volumes d'eau importants et ainsi diminuer le pic de crue.
- Elles permettent de **redéployer l'énergie du fleuve** dans les chenaux secondaires afin d'enrayer le phénomène d'incision.
- Elles sont indispensables dans la restauration et le maintien de la **biodiversité** de l'écosystème ligérien et ceci à trois niveaux : diversité génétique, diversité des espèces et diversité des écosystèmes. (Olivereau F., 1995). Ces larges corridors fluviaux boisés sont des lieux où s'entremêlent des habitats terrestres, semi aquatiques et aquatiques, ainsi qu'une faune et une flore riches et diversifiés. Les populations pisciaires et macrobenthiques qui colonisent ces milieux sont atypiques et totalement différentes de celles du cours principal.
- Elles assurent une fonction **d'auto épuration**. En effet, ces milieux fortement végétalisés sont de grands consommateurs de nutriments. Ils jouent un grand rôle dans la diminution des nitrates et des phosphates. Les zones humides sont des réacteurs qui entretiennent les processus d'épuration de la matière organique et libèrent des minéraux fertilisants. Ainsi, les annexes hydrauliques contribuent à la **restauration de la qualité de l'eau**.
- La forêt alluviale et les boires qui s'y trouvent jouent un rôle d'interface entre le cours d'eau et la nappe. En effet, la litière de ces milieux est un excellent **réacteur de dénitrification**.
- Elles constituent des **zones de refuge** pour la majeure partie des espèces piscicoles en cas de forte crue. N'étant pas reliées au cours principal par l'amont, les annexes ne subissent pas d'importantes vitesses de courant.

3. Causes de dysfonctionnements

Le mauvais fonctionnement actuel des boires en terme d'alimentation résulte de l'abaissement de la ligne d'eau. Ce phénomène, principalement observé ces trente dernières années, a plusieurs causes:

3.1. L'extraction de granulats en lit mineur

- Même si aujourd'hui ces pratiques sont abandonnées, c'est en effet le facteur le plus important dans la détérioration de la géodynamique fluviale. L'équilibre dynamique entre le transport solide et le transport liquide a été bouleversé et la recharge sédimentaire pourrait prendre quatre siècles selon les estimations. La figure suivante schématise le fonctionnement géomorphologique des hydrosystèmes

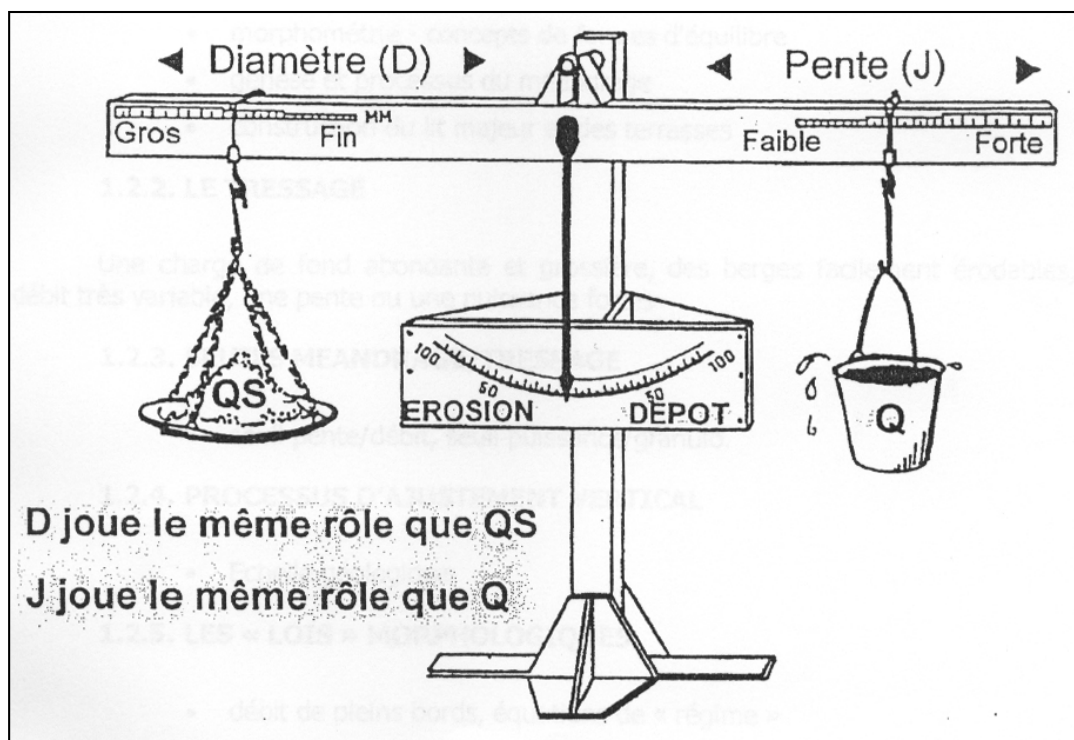


Figure 1: Equilibre dynamique des hydrosystèmes. (Selon LANE, 1955)

3.2. La construction d'ouvrages de navigation.

Là encore, malgré l'abandon de la navigation sur la Loire, les anciens aménagements qui font aujourd'hui partie du patrimoine culturel ligérien ont contribué à la chenalisation. Les ouvrages longitudinaux ou transversaux ont concentré le débit dans le chenal principal. L'énergie ne pouvant se dissiper en érodant les berges, elle s'est dirigée vers le fond du lit conduisant ainsi à une incision.

3.3. La modification de l'occupation du sol depuis 1950.

Dans ce domaine, plusieurs changements sont intervenus depuis le milieu du 20^{ème} siècle : l'abandon de certaines pratiques culturelles (en particulier l'activité agro-pastorale qui a conduit à une augmentation des forêts de bois durs), le surpâturage ainsi que le développement de la populi-culture. Ces modifications ont joué sur la capacité de mobilisation des sédiments dans le lit mineur, ce qui a également conduit à la restriction de l'espace de liberté.

4. Objectif de restauration: La fonctionnalité

Afin de proposer des aménagements pour améliorer la fonctionnalité des boires, il est indispensable de définir au préalable ce qu'est le bon fonctionnement ou, tout du moins, ce qu'il devrait être sans les problèmes d'enfoncement de la ligne d'eau. Pour cela, il faut examiner tous les compartiments de l'écosystème et prévoir de redonner une dynamique à ces milieux. Il faut favoriser l'auto-entretien des boires et ne pas mettre en péril l'une des composantes biologiques ou morphologiques.

D'un point de vue strictement piscicole, les conditions pour une fonctionnalité optimale des frayères à brochets sont :

- La hauteur d'eau doit être comprise entre 0.2 et 1 m avec le moins de mouvements possibles. (SOUCHON, 1983)
- La transparence doit être suffisante pour assurer une production primaire. Cependant, une trop grande clarté de l'eau favorise la prédation.
- Il doit exister une différence de température entre le lit vif et l'annexe de manière à attirer les géniteurs. Ensuite, la température doit être comprise entre 7 et 11°C pour déclencher la ponte et entre 11 et 12°C pour la maturation des œufs. (FROST ET KIPLING, 1967)
- La durée d'inondation doit être au minimum de 45 jours et, si possible, 90 entre la mi-février et le mois de mai.
- La période d'exondation est indispensable pour le bon développement de la végétation support. Elle permet également une minéralisation de la matière organique. (AMOROS et PETTS, 1993). Cette période doit être suffisante pour permettre la germination des baldingères, notamment.
- La connexion doit se faire principalement par l'aval car l'intrusion de l'eau par l'amont induit des courants. De plus, l'absence de courant favorise un réchauffement rapide. Lorsque les boires ne sont pas sous l'influence de courants, il y a également un phénomène de décantation qui se produit et qui entraîne une forte diminution de la turbidité.
- Toutes les encombres ne doivent pas systématiquement être supprimées. Des arbres ou arbustes lestés à une extrémité peuvent servir de frayère flottante quel que soit le niveau d'eau. Les arbres couchés qui ne risquent pas de provoquer un ensablement doivent être conservés pour servir d'abris.
- La pente des berges doit être douce afin qu'une végétation propice au frai se développe.

Des aménagements réalisés dans un but mono-spécifique ne peuvent pas conduire à l'équilibre dynamique du milieu. Il est indispensable d'intégrer tous les compartiments de la chaîne trophique et des phénomènes géodynamiques. Des nuances doivent donc être apportées aux préconisations précédentes.

Tout d'abord, il n'y a pas de profondeur idéale. Il faut en réalité une alternance et une proximité des zones profondes et peu profondes pour assurer la diversité des habitats.

Les températures doivent permettre le développement des alvins sans atteindre des extrêmes. Les fortes températures conduisent à une anoxie du milieu et les faibles températures ralentissent le développement de la flore et de la faune. Le maintien de zones isolées très ombragées peut favoriser l'apparition d'espèces différentes qui participeraient à la biodiversité.

L'exondation, comme les autres paramètres, doit être partielle. Dans certains secteurs, elle est indispensable pour le renouvellement de la végétation et la minéralisation et dans d'autres cas, il convient de maintenir une lame d'eau toute l'année pour permettre le développement d'hydrophytes et pour pérenniser des populations limnophiles.

Dans ces milieux, la connexion par l'amont n'est pas souhaitable. De plus, la définition même des boires s'appuie sur ce paramètre pour les différencier des chenaux secondaires.

Les encombres peuvent avoir différentes fonctions : elles sont à la fois des zones de refuge et d'alimentation pour les poissons ou encore un habitat de qualité pour les populations macrobenthiques. Leur devenir est donc à reconsidérer dans chaque cas.

Au niveau des berges, c'est encore la diversité qui fait la richesse. Cependant, une pente comprise entre 30° et 45° favorise la repousse des végétaux aquatiques et des herbiers.

La règle générale est de diversifier au maximum les habitats de manière à pouvoir accueillir le plus grand nombre d'espèces animales et végétales.

5. Prise en compte de la biodiversité

Le concept de diversité biologique doit être pris en compte lors des travaux de restauration du lit de la Loire et des milieux connexes. A l'échelle de ce fleuve comme à des niveaux plus vastes, la biodiversité est utile aux hommes pour des raisons écologiques mais aussi médicales, économiques et récréatives.

Même si, à première vue, ils tendent à améliorer l'état de santé des populations piscicoles, les travaux réalisés sur ces annexes doivent avoir comme finalité la préservation de la biodiversité. Les hauteurs d'eau, les pentes de berge, l'ensoleillement et la végétation doivent être autant que faire se peut variés.

Il ne s'agit pas d'aller à l'extrême en favorisant l'apparition d'espèces qui n'ont rien à voir avec les boires mais de redonner à ces écosystèmes très particuliers leur potentialités originelles.

III. Méthodologie

1. Cadre de l'étude et recueil de données

A la suite de plusieurs années de suivi, plus ou moins incomplets, une première année d'échantillonnage des annexes hydrauliques a été réalisé en 2002 par le bureau d'études SCE basé à Nantes, sur les compartiments physico-chimique, de la macrofaune benthique et de la végétation . Une expertise a par ailleurs été réalisée sur les amphibiens par des naturalistes.

Le bureau d'étude SCE était chargé de tirer des conclusions sur la fonctionnalité des boires après leur restauration.

Le présent stage, qui s'est déroulé de mai à août 2003, avait pour but de rassembler les données existantes sur ces sites et d'évaluer la pertinence du suivi au regard des premières conclusions. Un suivi général, comme celui réalisé par SCE, doit être poursuivi pour les années 2004 et 2005. Il fallait donc affiner le protocole de suivi de manière à rendre plus exploitables les données collectées.

Dans un premiers temps, mon rôle a été de rassembler les données existantes sur les cinq sites étudiés mais également sur de sites non restaurés, afin de palier au manque d'information sur les états initiaux. Ceci comprenait les propositions d'aménagement, les travaux réalisés et les données collectées durant le suivi post-aménagement.

Un autre volet de ce stage consistait à suivre les équipes du CSP sur les chantiers de pêche électrique et lors des relevés de terrain hebdomadaires afin d'apporter une analyse critique de leur méthode de travail. Les données existantes dans ce domaine ont été fournies par deux organismes différents, à savoir le CSP et le SEMA (Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques) de la DIREN Centre. Il fallait voir dans quelle mesure la différence de protocole d'échantillonnage pouvait se traduire en terme de capture.

Une partie importante de ce travail consistait à rassembler les données issues des pêches électriques et de les comparer en faisant des analyses diachroniques et synchroniques. Il s'agissait de visualiser l'évolutions des populations pisciaires et de mettre en évidence un éventuel impact des travaux de restauration.

Au vue de toutes les informations recueillies, la finalité de ce stage était de proposer des modifications dans le protocole de suivi et, si possible, de préconiser certaines méthodes. Il s'agissait notamment de valider ou non le suivi de la faune macrobenthique et du zooplancton.

La comparaison des boires avant et après travaux, ou encore la comparaison des boires restaurées et non restaurés, devait permettre de distinguer les interventions favorables au bon fonctionnement de l'écosystème. Les aménagements à critiquer correspondent principalement à des modifications de la topographie des sites ou au traitement de la végétation rivulaire.

2. Le protocole actuellement mis en œuvre

2.1. Suivi de l'ichtyofaune

Le suivi des populations piscicoles s'articule en plusieurs points : dans un premier temps, des investigations hebdomadaires sont réalisées par le CSP, depuis la deuxième quinzaine de février jusqu'à la fin du mois de mai. Ces visites sur le terrain consistent à relever les points suivants :

- Caractérisation de la relation hauteur/débit à l'aide de l'échelle limnimétrique la plus proche et du relevé journalier de débit.
- Conditions de connexion entre la boire et le milieu principal.
- Températures de l'eau et de l'air dans ces deux milieux.
- Densité de recouvrement de la surface mouillée par la végétation susceptible d'être un support de frai et caractéristiques de celle-ci (herbacée semi aquatiques, herbiers immergés, algues ou racines).
- Présence de mammifères, oiseaux, batraciens ou leurs traces.
- Echantillonnage des espèces présentes à l'aide d'une épuisette (surface de 0.3 m² pour une maille de 1.5 mm). Les prélèvements ont lieu au niveau de surfaces enherbées représentatives de l'annexe sous 30 à 50cm d'eau. Les relevés font état de la présence de pontes, d'alevins, de têtards, d'invertébrés ou de larves avec des déterminations qui peuvent aller jusqu'à l'espèce (surtout pour les poissons).
- Prises de vue photographiques.

Ces prospections sont réalisées par les agents de la cellule plan Loire du CSP ou par des agents des brigades départementales. Chaque année un tableau récapitulatif est réalisé pour chaque boire. (Voir annexe III)

Après cette campagne de terrain, les agents du CSP pratiquent une pêche électrique à l'aide d'un dispositif portatif de type "Martin-pêcheur" ou d'un dispositif plus lourd de type "Héron" dans le courant du mois de juin afin de vérifier la présence de brochetons.

Ces informations sont analysées et font l'objet d'un rapport annuel.

2.2. Suivi de la macrofaune benthique et du zooplancton

Le CSP pratique un échantillonnage chaque semaine lors de ces visites de terrain. Les agents notent la présence des différents taxons qu'ils sont capables de déterminer à l'œil nu et ceci lorsqu'ils prélèvent des échantillons à l'épuisette ou quand ils observent des imagos en vole. Les résultats sont ensuite consignés dans les tableaux généraux.

Lors de l'étude menée par le bureau d'étude SCE des investigations plus poussées ont été réalisées. Un protocole particulier a été appliqué à ces milieux de manière à évaluer la qualité de la population présente. Les méthodes de type IBGN (Indice Biotique Global Normalisé) ne sont pas utilisés dans les annexes car, en théorie, il n'y a aucun habitat lotique. La particularité des méthodes employées réside dans le choix des supports échantillonnés. A la différence de l'IBGN, ce ne sont plus les substrats les plus représentés qui sont prélevés mais les substrats les plus biogènes. L'échantillonnage a été réalisé grâce à un filet surber et trois campagnes ont eu lieu (avril, juin, juillet).

Les informations sur ce groupe faunistique sont donc encore partielles car, outre ces prélèvements, seuls quelques mesures ont été sporadiquement effectuées durant ces dix dernières années

Le zooplancton ne fait pas l'objet d'un suivi particulier. Seule une évaluation de la densité est réalisée par le CSP lors des sorties hebdomadaires.

En 2002, le bureau d'étude SCE a réalisé une mesure au mois d'avril. Cinq litres d'eau ont été prélevés dans six zones homogènes et représentatives de chaque annexe. Les trente litres ainsi recueillis ont été filtrés sur un filet de maille 80 µm. Après décantation, le biovolume a été déterminé.

2.3. Suivi de la végétation

De 1998 à 2000, un suivi des communautés végétales a été réalisé par des stagiaires de l'équipe Plan Loire (Mathias Prat en 1998, Damiens Pujol en 1999, Johann Moy en 2000).

En 2002, le bureau d'études SCE a poursuivi ce suivi de la végétation. Ce suivi consiste à réaliser des profils en travers schématiques de la morphologie de chaque annexe d'une rive à l'autre (transect perpendiculaire) sur lesquels sont placées les communautés végétales. Ces profils en travers sont positionnés de manière à être les plus représentatifs possibles du site où la végétation est caractéristique, homogène et distincte. Au minimum quatre transects ont été réalisés sur chaque boire et balisés par des repères métalliques.

Les relevés phytosociologiques sont réalisés d'après la méthode de Braun-Blanquet (1952). Une liste de toutes les plantes rencontrées le long du transect est établie et la largeur de prospection est défini en fonction de la limite des groupements traversés. La liste est complétée par une estimation de la surface de recouvrement pour chaque plantes.

En outre, lors de certaines campagnes, les agents du CSP sont chargés, lors des prospections sur les boires, de noter la présence d'espèces végétales remarquables ainsi que la présence d'espèces indésirables. Les espèces qui font l'objet d'une protection, comme la pulicaire vulgaire ou encore les espèces envahissantes comme la jussie, sont identifiées et figurent sur les fiches de terrain et dans les tableaux récapitulatifs. Une autre tâche du CSP est de caractériser grossièrement l'évolution des groupements végétaux et d'identifier les supports de ponte.

2.4. Suivi des paramètres physico-chimiques

Les agents du CSP effectuent des relevés de température au niveau de la boire, dans le cours principal et dans l'air durant chaque sorties de terrain.

L'étude mise en œuvre par SCE en 2002 comportait un volet physico-chimie des eaux. Les prélèvements ont été réalisés à 4 endroits différents sur chaque annexe (amont, milieu, aval et chenal principal). Les paramètres mesurés étaient les nitrates (NO₃-), les phosphates (PO₄³⁻) et la chlorophylle a. En plus de ces variables, 5 mesures étaient effectuées in situ à savoir : température, conductivité, pH, oxygène dissous et transparence.

IV. Bilan des travaux réalisés et situation actuelle dans les sept boires

1. Principe d'intervention

Les deux grands types d'interventions qui sont réalisables sur les boires sont une modification de la topographie pour permettre une meilleure connectivité et un traitement adapté de la végétation rivulaire et des encombres.

Dans le premier cas, on cherche à obtenir une inondabilité optimale (20 cm à 1 m d'eau durant une période de 45 à 90 jours) pour favoriser entre autre la reproduction du brochet. Les données hydrologiques montrent que le débit adéquat correspond au débit de la médiane.

En dehors du fait que la végétation propice au frai se trouve entre la médiane et le module, il est préférable de ne pas caler le fond de l'annexe trop bas. En effet, lorsque la boire ne se ressuie pas complètement, la végétation pérenne ne parvient pas à se développer. Seules les plantes annuelles colonisent le milieu et les boires se retrouvent nues en hiver et au printemps. Il n'y a pas de minéralisation.

Afin d'obtenir un bon fonctionnement des frayères 2 ans sur 3, il faut donc se caler au niveau de la médiane DC180.

A partir de l'échelle limnimétrique la plus proche, on calcule la cote de la ligne d'eau pour le DC 180 puis on retranche la hauteur d'eau souhaitée dans l'annexe pour obtenir la cote du fond de la boire.

Les pentes sont également importantes. Il faut privilégier les pentes douces pour les berges et pour le profil en long, il est préférable de diversifier les pentes afin d'obtenir un ressuyage partiel du site et le maintien de certaines pièces en eau.

Le plus souvent, il s'agit de rétablir la connexion aval de la boire qui se trouve obstruée par un bourrelet alluvial. Compte tenu de l'abaissement de la ligne d'eau, un approfondissement sur tout le linéaire est souvent préférable.

Une intervention sur la végétation est prévue, lorsque cela corrige des dysfonctionnement de l'écosystème. Par exemple, lorsque les végétaux contribuent à l'ensablement de la boire ou quand ils mettent en péril la stabilité de la berge, ceux-ci sont supprimés. Il est également indispensable de trouver un compromis entre les surfaces ombragées et ensoleillées. En règle générale, les espèces ligneuses ne sont pas propices à la pérennisation des boires car elles contribuent à la fermeture du milieu. Elles seront donc supprimées en priorité.

Les gestionnaires doivent avoir en tête ces grandes orientations de gestion mais chaque boire est différente et il ne faut pas systématiser telle ou telle intervention.

2. Situation dans les boires

2.1. les Vallées

C'est dans la partie aval que les aménagements ont été envisagés (250m avant l'embouchure) car c'est à ce niveau que le site présente le plus d'intérêt pour le frai du brochet et c'est également là que le milieu est menacé de fermeture par la végétation ligneuse.

La réhabilitation du site est passée par des travaux de faible envergure et l'application de méthodes douces afin de préserver le biotope.

Interventions envisagées par le CNRPC et la Cellule plan Loire du CSP en 1997 :

- Curage des petites mares et des anciens bras de la Loire sur une profondeur de 50cm pour permettre à l'eau d'affleurer même en période d'étiage sévère.
- Entretien du ruisseau pour maintenir un bon écoulement. Surveiller les pollutions et entretenir le chemin d'accès.
- Nettoyage peu dense (chenaux secondaires). Enlèvements d'encombres.
- Elimination sélective de la végétation arbustive (jeunes saules) qui tend à fermer le milieu.
- Abattage de deux bouquets d'arbres de haut port perturbant l'éclairement de la nappe d'eau.
- Envisager la connexion d'une boire annexe avec la zone principale du marais. L'opération consiste à éliminer un bourrelet alluvial en régaland les matériaux en pied de levée et à procéder à un élagage.
- Enlèvement d'arbres morts en rive.
- Programmation d'un entretien régulier de la végétation afin d'éviter la fermeture du milieu.
- Mise en place d'un suivi scientifique chaque année comportant une pêche électrique au mois de mai pour vérifier la présence de brochetons.
- Engager un suivi botanique et ornithologique.
- Il sera proposé à M. le préfet du Cher de placer le brochet (*Esox lucius*) et la grenouille verte sous protection durant leur période de reproduction. La zone de protection sera comprise dans les limites du DPF auxquelles peuvent être associés les terrains acquis par le conservatoire du patrimoine naturel
- Maintenir la bande arborescente qui sépare le marais de la voie communale afin de prévenir toute fréquentation excessive du site.

Travaux réalisés:

Les travaux ont été réalisés en septembre 1997 dans le cadre du chantier expérimental d'entretien et de restauration du lit de la Loire conduit par le Service Hydrologie et Voies Navigables de la DDE de la Nièvre.

Le prestataire était une entreprise locale (entreprise PETIT 18300 St-Satur) et le montant des travaux s'élevait à 4000€. La restauration s'est traduite par un abattage sélectif de la végétation arbustive et arborescente ainsi et par un curage léger.

L'encombre située à l'extrémité aval du marais et qui devait être supprimée est aujourd'hui maintenue car elle contribue au relèvement de la ligne d'eau dans toute l'annexe.

2.2. Ousson-sur-Loire

Proposition d'action après étude de la DIREN Centre et du laboratoire d'Hydraulique de France :

Le secteur fait l'objet d'études de réaménagement dans lesquelles les chevrettes seraient modifiées, voire supprimées, afin d'améliorer les écoulements et de modifier la courbe hauteur/débit. Le but est d'empêcher l'enfoncement de la ligne d'eau, d'éviter la prolifération de la végétation en aval des ouvrages et de conserver le patrimoine naval que représentent ces ouvrages.

Si aucun entretien n'est réalisé, les chevrettes vont se détériorer et les niveaux de crue à l'amont vont augmenter.

Un projet de remodelage du chenal en rive droite (nettoyage et reprofilage complet) aurait pour conséquence une destruction des potentialités du site en terme de fraysère : pente uniforme, même profil, pas de végétation.

Proposition de SOGREAH (LHF)

Les problèmes inhérents à ce secteur sont les suivants: chenalisation - enfoncement du lit - rétrécissement de la section d'écoulement - végétalisation des grèves - augmentation des hauteurs d'eau pendant les fortes crues.

L'objectif est donc de retrouver la pente d'équilibre sur cette section, soit environ 0.45m par Km, et d'obtenir une alimentation satisfaisante des bras secondaires dès les crues moyennes pour assurer un auto curage.

La SOGREAH préconise, sur ce secteur, la coupe sélective de la végétation.

L'aménagement d'un chenal de pente uniforme (de 128 à 127.1m NGF) est prévu entre les différents trous d'eau pour permettre une communication hydraulique complète par l'aval dès 300m³/s. Le curage devra avoir lieu sur une largeur de 40m et le terrain autour de ce chenal sera nettoyé sur 80m (coupe sélective). Il sera possible ultérieurement de curer sur une largeur de 80m.

La chevette sera abaissée de 20 à 80cm sur une longueur de 300m pour se caler à la cote 129.5m NGF.

L'étude prévoit la création d'une risberme de faible hauteur en rive gauche du canal (20cm au-dessus de la ligne d'eau d'étiage).

Les produits du curage seront déposés en Loire au niveau des lits vifs très profonds.

Le projet d'aménagement concerne une portion de Loire comprise dans le DPF, il est donc soumis à différents articles de la loi sur l'eau:

- 2.5.0 Détournement, dérivation, rectification du lit, canalisation d'un cours d'eau.
- 2.5.1 Création de canaux dont la section est supérieure à 10m².
- 2.5.3 Ouvrage, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues.

Le projet s'inscrit de ce fait dans une procédure d'autorisation.

Synthèse du document d'incidence:

Le site présente une grande valeur biologique, paysagère et patrimoniale. Le projet d'aménagement prévoit l'augmentation des zones de frai pour le brochet, le soutien d'étiage et la réduction des inondations.

Les incidences négatives sont les suivantes :

- Augmentation de la turbidité.
- Dérangement de la faune.
- Modification du paysage.

Les incidences positives sont les suivantes :

- Abaissement important des ligne d'eau à l'amont des ouvrages.
- Continuité de la pente (0.0425 %) qui montre que l'abaissement des niveaux en crue est proche de l'optimum.
- Meilleure répartition des débits entre le bras secondaire et le bras principal avec des débits dans l'annexe allant de 50 à 70% du débit total.

Propositions du CSP en 1999:

- Nettoyage des zones basses, enlèvements d'encombres pour éviter le piégeage des sédiments.
- Elimination de certains arbres et en particulier le peuplier noir et l'érable negundo.
- Travaux de terrassement pour remettre en communication les différents trous d'eau sans engendrer le ressuyage total des boires en période estivale.
- Préserver la station à pulicaire vulgaire.

Etat actuel

Aucune opération n'a encore été réalisée sur le site d'Ousson-sur-Loire. En réalité, le dossier de procédure d'autorisation n'a pas encore été approuvé et toute intervention est proscrite pour le moment.

Une campagne d'entretien du lit a quand même conduit les gestionnaires à intervenir à l'amont de la chevrette des Mantelots. En juillet 2003, l'île située directement en amont de la chevrette, en rive droite, a fait l'objet d'une dévégétalisation et la section du bras compris entre cette île et la levée a été augmentée. On ne connaît pas encore les effets hydrauliques de cette modification sur la chevrette et sur les conditions d'alimentation des boires.

Le site d'Ousson fait partie des boire de la Loire moyenne qui ont un fort potentiel esocicole. De ce fait, et parce quelle n'a pas encore fait l'objet d'aménagement, elle constitue un site de référence qui pourra être comparé aux autres boires de l'étude.

2.3. Muides-sur-Loire

Projet d'aménagement:

Cette boire a fait l'objet de plusieurs projets d'aménagement. Le premier date de 1989 et avait été élaboré par le CDPNE 41 (LEFERT, 1989), puis une nouvelle version avait été proposé en 1994. Enfin, le CSP en 1995 a repris les investigations et a, à son tour, proposé une restauration. En réalité, le projet du CDPNE se traduisait par une reconnexion amont (pour un débit de 600m³/s) à l'origine d'un courant dans la boire qui aurait été peu favorable au frai.

Il fallait respecter les consignes suivantes:

- Le sillon du cours aval doit être noyé de façon continue pour les débits moyens du mois d'août soit 120m³/s à Blois.
- Remodelage du lit pour obtenir une surface inondable plane en marge des chenaux recreusés.
- Incision du lit de l'ancien bras d'une profondeur comprise entre 0.5 et 1.5m. La largeur au plafond doit être de 1m pour obtenir une largeur en gueule de 3 à 7m.

Voici les principales propositions d'actions:

- Recreusement du chenal à l'amont et à l'aval. (Amont sur 200m)
- Elagage, bûcheronnage
- Ouvrage d'art permettant aux véhicules agricoles d'accéder à l'île de Muides.
- Mise en place d'un éperon rocheux à l'amont pour faciliter le partage des eaux.
- Travaux d'entretien à prévoir tous les 5 à 10 ans par la DDE.
- Un arrêté de biotope pourrait être pris par le préfet afin d'interdire toute activité de pêche sur le site et toute utilisation de véhicules tous terrains.

Le coût estimatif des travaux avoisinait les 50 000€. La maîtrise d'ouvrage devait être assurée par le CSP et la maîtrise d'œuvre par la fédération. Le financement de ces travaux entre dans le cadre du programme de restauration du lit de la Loire et de la diversité écologique du milieu.

Résultats:

Les travaux se sont déroulés en deux phases: La première, en septembre 1996, a consisté à recreuser le chenal d'alimentation aval (aval du Dalot). Malheureusement, une erreur dans les relevés topographiques a conduit la DDE 41 à creuser énormément le chenal d'alimentation. Les volumes de matériaux extraits ont été très importants et les pentes des berges se sont révélées extrêmement abruptes, et donc peu propices au frai. Le sillon est ennoyé pour le débit moyen du mois d'août soit 120m³/s. Il est situé à une cote de 70.8m (interpolation des échelles limnimétrique et de la pente de la Loire). Ainsi, 1300m d'annexe sont immergés 330j par an.

En septembre 1997, la seconde phase des travaux a été réalisée. Elle concernait la partie à l'amont du Dalot, celle qui présentait le plus de potentialités. Les boires ont été légèrement recreusées et remises en connexion. Les matériaux extraits ont été régalés sur les berges pour donner une pente douce.

Ces opérations ont coûté au total 76 000€.

Actuellement, le contact hydraulique au niveau du Dalot est établi à partir d'un débit de Loire de 600 m³/s et le débit permettant la libre circulation des poissons est voisin de 800 m³/s.

Le suivi engagé en 2002 a permis de mettre en évidence une vidange trop rapide de la partie amont. De plus, lors du retour des géniteurs dans le milieu principal, la hauteur d'eau sous le Dalot est trop faible. Le CSP envisage de rétrécir la section d'écoulement afin d'augmenter la lame d'eau. Pour parvenir à ce résultat, des parpaings seront placés en entonnoir sous le dalot.

En recreusant le sillon au niveau des deux gués, les boires ont été remises en eau jusqu'au pied du bouchon amont. Aujourd'hui, le seuil du Dalot est mouillé pour un débit de 650m³/s.

D'après les relevés de végétation effectués de 1998 à 2000, on peut constater une bonne reprise de la végétation après les travaux de restauration. La strate arborescente ne se situe pas au contact direct de la frayère, elle permet un bon ensoleillement du site et donc, la végétation herbacée propice au frai du brochet se maintient.

2.4. La Marinière

Propositions d'aménagement faites par le CSP en collaboration avec le conservatoire du Patrimoine Naturel de la région Centre pour le site de la Marinière:

- Conservation du bourrelet alluvial stabilisé amont avec remplacement de la jeune peupleraie par un rideau de saules, dont le but sera de retenir les particules solides pouvant être véhiculées par débordement lors des fortes crues.
- Ouverture d'un chenal d'accès aval de 3 m de large (évacuation du bouchon alluvial) débouchant sur un bras de décharge de crues.
- Intervention sur la strate ligneuse rivulaire (élagage manuel) pour ouvrir le milieu et faciliter le réchauffement hivernal des eaux.

- Evacuation des encombres de la frayère.
- Elimination des bouchons alluviaux selon le profil topographique, en se calant sur le débit de fonctionnement de la frayère soit 350m³/s.
- Mise en place de banquettes latérales végétalisées.

Les travaux ont été mis en œuvre par la Direction Départementale de l'Équipement du Loir-et-Cher en concertation avec le Conseil Supérieur de la Pêche (Cellule Plan Loire et brigade départementale) et le conservatoire du patrimoine Naturel de la Région Centre.

Les techniciens de la DDE ont utilisé les profils topographiques qu'ils avaient réalisés lors de l'entretien des îles de Rilly en 1997, comme base de travail. Un profil en long a ensuite été tracé d'aval en amont avec des relevés transversaux à chaque changement notable de topographie. Cette étude a été mise en relation avec la cote de la ligne d'eau pour un débit de 350m³/s. L'altitude du fond du lit a été calée à 0.5 m sous la cote de la ligne d'eau. Les zones à recreuser ont ainsi été mises en évidence.

Les travaux ont consisté en un reprofilage à l'aide d'une pelle mécanique avec régalinge des matériaux extraits sur les flancs de la boire. Lors de cette intervention la DDE a pris soin de replacer sur le fond de l'annexe une fine couche de limons superficiels riche en racine et en graines de graminées. Une trentaine d'heures de pelle ont été nécessaires pour réaliser cet aménagement. La boire a également fait l'objet d'un élagage léger avec une coupe sélective de quelques 50 arbres vivants et 33 arbres morts :

Ils ont été réalisés dans le cadre du programme de restauration du lit de la Loire dont le financement se répartit comme suit: 40% état et 60% région. Le coût total des travaux s'élevait à 23 000€.

Après les travaux, la fonctionnalité de la frayère n'a pas été concluante les deux premières années malgré une connexion aval opérationnelle à partir de 200 m³/s. La frayère est opérationnelle pour un débit de 270 m³/s. Il se trouve que la reproduction du brochet est encore extrêmement aléatoire car les masses d'eau présentes sont quasi exclusivement dépendantes des apports de la Loire. En revanche, la cicatrization par la végétation après les travaux a été très rapide et de nombreuses espèces de poissons phytophiles se reproduisent chaque années. Ces espèces sont moins exigeantes que le brochet au niveau des conditions hydrauliques. Le principal défaut de cette frayère est, en effet, la fréquente alimentation par l'amont qui induit des courants à l'intérieur de l'annexe.

2.5. Bois Chétif

Le site de Bois Chétif a été considéré comme un chantier expérimental. Dans le cadre de la restauration des milieux naturels le Plan Loire Grandeur Nature et la DDE 37 (Maître d'ouvrage) ont demandé à la formation IMACOF de réaliser un avant projet pour l'amélioration du fonctionnement de la boire. Un premier rapport a été rendu en janvier 1996. Il portait sur quatre sites susceptibles d'être restaurés.

Un second rapport, en mars 1996 précisait les actions à mettre en œuvre pour les deux boires de Bois Chétif (amont et aval). Les travaux ont ensuite eu lieu sur la boire aval durant l'été de 1996.

Enfin un rapport de septembre 1998, réalisé par la même formation, analyse l'impact des travaux réalisés.

Propositions établies dans un premier temps pour restaurer cette boire

- Coupe sélective des arbres le long des berges de la boire et de la Loire quand les systèmes racinaires sont déchaussés, atteints par la maladie ou menaçant de chute imminente.
- Coupe drastique des peupliers qui sont responsables de la plupart des encombres et, de plus, ils contribuent au masquage et à la fermeture du milieu. Les feuilles sont également toxiques et influencent négativement le reste de la végétation et la vie aquatique (LACHAT B., 1992).
- Coupe des érables negundo.
- Enlèvement des encombres uniquement dans le lit de la boire.
- Recépage d'îlots de végétation relativement dense.
- Recreusement des bourrelets sédimentaires transversaux pour faciliter la circulation des eaux dans la boire. Connexions en forme de fossés de 2 m de large et à une cote de 31.2m NGF.
- Ouverture à l'aval la plus grande et attractive possible sans nuire aux plantes protégées.
- Surcreusement de quelques mardelles pour diversifier l'habitat jusqu'à la cote de projet 30.9m.
- Les matériaux extraits seront disposés de part et d'autre de la boire. (Superficiels seront répandus dans la boire et les matériaux sous-jacents, essentiellement sableux, seront étalés en Loire si leur composition physico-chimique le permet).
- Un entretien régulier devra être programmé pour assurer la pérennité du site. Les interventions porteront principalement sur la végétation ligneuse.

Les travaux devaient avoir lieu durant la période d'étiage afin de limiter les impacts sur le milieu.

Afin de limiter le coût des interventions, le chantier devait être découpé en plusieurs phases ou bien les mardelles devaient uniquement être recreusées, de manière à obtenir une pente amont aval.

Une estimation des volumes déplacés avait été fourni : 725m³ pour le recreusement des fossés et 3280m³ pour le recreusement des parties profondes.

L'objectif été d'atteindre une diversité en âge, taille et espèce, tout en éclaircissant la boire. Il s'agissait de redonner au milieu un fonctionnement naturel, écologiquement riche, et non pas de réaliser des aménagements à vocation mono-spécifique.

Les travaux qui ont effectivement été réalisés sont les suivants:

- Creusement des parties les plus hautes par un fossé d'une largeur de 2 m à la cote 31.2m NGF qui est suffisante pour permettre le passage de l'eau et des poissons.
- Creusement des parties les plus profondes à la cote projet, soit 30.9m NGF, de façon à permettre à l'eau de rester dans les boires en cas de déconnexion avec la Loire, ce qui assure la survie de la faune aquatique.
- Matériaux déplacés 4000m³ et régalez sur les côtés.
- Coupe des arbres dans les boires.
- Coupe sélective des arbres en berge après un marquage.
- Enlèvement des encombres dans les zones de recreusement.
- Enlèvement et stabilisation d'encombres à proximité du site.
- Recépage des deux îlots de végétation dense

Les travaux ont été réalisés grâce à une pelle mécanique qui a emprunté les chemins d'accès existants pour se rendre sur le site. Les travaux ont eu lieu en août et septembre 1996.

Après cette restauration, un suivi a été engagé et il a permis, en 1998, de mettre en évidence quelques secteurs nécessitant une nouvelle intervention. Trois améliorations ont été proposées:

- Abaissement des points bas afin de garantir une plus longue immersion.
- Retalutage des berges par endroits pour obtenir des pentes plus douces.
- Elagage partiel pour augmenter la surface ensoleillée.

En 2003 ces nouveaux aménagements n'avaient toujours pas été réalisés. Actuellement, la boire est en communication avec la Loire pour des débits très faibles de l'ordre de 150 m³/s. La communication entre les deux milieux est donc facile mais, en revanche, les niveaux d'eau peuvent beaucoup varier.

2.6. Sazilly

Travaux envisagés par le CSP et la fédération de pêche de l'Indre-et-Loire:

- Modification du profil en long avec homogénéisation de la pente.
- Retalutage des berges.
- Traitement de la végétation rivulaire.
- Elimination de la végétation ligneuse dans le lit de l'annexe et des encombres.
- Plantation de végétaux de type herbacés (prélèvement ensemencement).
- Mise en place de pieux à l'amont contre les encombres.
- Mise en place de pieux à l'aval pour empêcher le braconnage.

Une estimation des coûts prévoyait 23 000€ pour les travaux, 3000€ pour l'entretien sur 3 ans et 118 000€ pour le suivi des populations sur trois ans.

L'ensemble des travaux prévus a été réalisé avec notamment un engazonnement sur une partie des surfaces terrassées et l'implantation des pieux de saules à l'amont de l'annexe.

Au total, les travaux ont coûté 27 000€ pour un volume de terrassement égal à 1000m³. Afin d'évaluer la rentabilité des interventions, la fédération a tenté d'estimer la productivité de la frayère après les travaux. Si l'on prend en compte un indice de 0.22 ind./m² et une surface de frayère de 7300m², on obtient un total de 1600 juvéniles par an.

Résultats obtenus

Les travaux ont eu lieu à l'automne 1997 et ont été financés dans le cadre du PLGN par la fédération de pêche du 37 (maître d'ouvrage), le CSP, le Conseil Général d'Indre-et-Loire et l'Etat et l'agence de l'eau Loire-Bretagne). C'est une entreprise qui a effectué les travaux sous la direction du chargé d'étude de la fédération (G. Ricou), qui en a assuré la maîtrise d'œuvre.

L'inondation satisfaisante sur l'ensemble du site est obtenue pour des débits proches de 230 m³/s sur la Vienne. Une grande partie de l'annexe est déjà fonctionnelle à 150 m³/s.

Le suivi réalisé en 1998, 1999, 2002 et 2003 a permis de mettre en évidence le bon fonctionnement de la frayère, notamment en terme de reproduction du brochet. Le couvert végétal demeure dense et varié mais la jussie progresse rapidement et tend à banaliser la boire.

L'annexe est totalement exondée en été et il ne subsiste que très peu de zones déprimées susceptibles de piéger l'ichtyofaune. Le milieu se vidange progressivement et les alvins sont peu à peu dirigés vers le milieu principal. En contre partie, il ne subsiste pas de mardelles où pourrait se développer une macrofaune benthique particulière.

2.7. Le Passage

Plusieurs projets ont été proposés au cours des 6 dernières années : l'intervention sur le secteur était déjà définie comme une priorité dans le SDVPH 49 puis, en 1997, le CSP-CL a réalisé une pré-étude d'aménagement et enfin, en 1999, la SA gestion de l'environnement a de nouveau proposé une intervention.

Les principales préconisations sont les suivantes :

- Terrassement d'une ouverture dans le chemin sur berge en consolidant par compactage le plafond du seuil au point de communication en respectant la cote 19.20m NGF.
- Autre possibilité: Mise en place d'un ouvrage de type Dalot permettant de maintenir le cheminement de la berge. D'une section de 1m × 1m, le Dalot sera calé à 19.20 m.
- Remobilisation d'un atterrissement sableux à l'aval d'un volume inférieur à 100 m³.
- Suppression de la végétation ligneuse dans la zone aval.
- Terrassement du chenal d'alimentation de la boire sur une longueur de 70 m et avec un profil caractérisé par une largeur en gueule de 10m et une largeur au plafond de 2m. Le fond du lit sera calé à 19.2 m NGF et le volume de matériaux extrait avoisinera les 450m³.
- Comblement d'une petite vasque d'environ 100m² pour éviter le piégeage des poissons.
- Retalutage à une pente de 3 pour 1 avec stabilisation par des techniques végétales. (boutures de saules sur toile de jute après engazonnement)
- Abattage de 6 arbres gênants. 13 par SAGE.
- Protection du chenal de liaison par une clôture afin d'éviter le piétinement par le bétail.
- Suivi de la végétation après les modifications de conditions de milieu.

Le but est d'atteindre une durée d'échange de 200 jours avec la Loire permettant la reproduction des principales espèces pisciaires. Le débit atteint en moyenne 200 jours par an est de 400 m³/s.

Si la commune ne parvient pas à acquérir toutes les parcelles du secteur, un compromis entre les propriétaires privés et le gestionnaire du domaine public fluvial (DDE) est souhaitable avant toute intervention.

Les matériaux extraits pourront être remis en Loire pour être remobilisés par le fleuve.

En marge des réaménagements à vocation piscicoles et écologique, il existe un projet de sentier pédestre qui traverserait le site. Cependant celui-ci n'a pas encore abouti.

V. Résultats du suivi des annexes

1. Les paramètres physico-chimiques

Les conclusions suivantes sont tirées du rapport d'SCE et de l'expertise du bureau d'étude RIVE.

1.1. Les nutriments

D'une manière générale, la teneur en éléments nutritifs est plus importante dans les boires en hiver. Ces concentrations sont probablement le résultat du lessivage des terres agricoles avoisinantes. A l'inverse, en été, les boires sont moins riches en nutriments que la Loire. La forte densité de végétation dans ces milieux favorise la consommation des nitrates et des phosphates.

A l'échelle d'une boire, quelques variations longitudinales peuvent apparaître en fonction de la morphologie de l'annexe et de l'alimentation par des petits tributaires.

Le site de Muides, qui possède des points d'eau extrêmement éloignés de la Loire (très faible connexion), présente des variations de teneur entre l'amont et l'aval. Les discontinuités hydrauliques favorisent les variations de concentrations en nutriments.

Le site de la Marinière n'est pas non plus homogène sur toute sa longueur. Les apports du ruisseau, qui se déversent dans l'annexe au niveau du tiers aval, modifient la composition de l'eau.

1.2. La conductivité

La conductivité ne varie pas énormément dans le temps et l'espace. La Loire, au niveau de Muides, présente tout de même des valeurs plus importantes (400 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que sur les autres secteurs (200 à 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les milieux connexes qui reçoivent des apports de nappes se caractérisent par une plus grande conductivité qu'en Loire.

1.3. Le pH

Il existe, le plus souvent, un gradient positif de pH entre l'amont et l'aval qui traduit un développement de la production primaire tout au long de l'annexe. Les valeurs de pH rencontrées dans les boires sont en général inférieures à celles de la Loire. Par ailleurs, le pH de la Vienne est inférieur à celui de la Loire.

1.4. L'oxygène dissous

Là encore, les discontinuités hydrauliques induisent de fortes variations dans les teneurs en oxygène dissous. Ainsi, les trous d'eau isolés contiennent moins d'oxygène que les zones qui bénéficient d'une meilleure connexion.

On peut également observer une différence de la teneur en oxygène dissous en Loire au niveau de Muides

1.5. La température

Sur l'ensemble de la Loire moyenne, le réchauffement des boires commence au début du mois de mars. Les fluctuations thermiques des annexes sont plus grandes que dans la Loire car il s'agit de milieux plus ou moins confinés qui réagissent plus vite aux événements climatiques.

Comme pour la conductivité, les annexes diffèrent du cours principal en raison des apports de nappes. Même si elles se réchauffent plus vite au printemps, les boires restent plus fraîches que la Loire en période estivale.

1.6. Bilan sur chaque boires

Le site des Vallées présente une grande homogénéité dans le temps et l'espace. De plus, ses paramètres physico-chimiques sont semblables à ceux de la Loire.

La boire de Muides est au contraire très hétérogène. Elle subit probablement l'influence de l'agglomération orléanaise qui se traduit par une forte teneur en nitrates. Le phosphore joue probablement ici, le rôle de facteur limitant.

La Marinière possède un profil mésologique peu marqué qui subit tout de même l'influence d'un petit ruisseau dans la partie aval. En d'autres termes, les paramètres physico-chimiques varient peu.

L'influence des apports de nappes se fait beaucoup plus ressentir sur la boire de Bois Chétif. Ses caractères mésologiques, en période de moyenne et basses eaux, diffèrent significativement de ceux de la Loire. La faible teneur en nitrates, qui joue ici le rôle de facteur limitant, reste étrange et ne pourrait s'expliquer que par une consommation par les végétaux.

La boire de Sazilly ne fait pas partie du même hydrosystème principal ; il est donc délicat de la comparer aux autres annexes. De plus, cette frayère est asséchée très tôt dans la saison, ce qui rend difficile une analyse de l'évolution temporelle.

2. Les données phytoécologiques

Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été prévu de continuer le travail des stagiaires précédents, sur le suivi des groupements végétaux des annexes fluviales. Il n'y a donc pas eu de transects de végétation réalisés sur les boires en 2003. Un suivi a été mis en oeuvre en 2002 et est prévu en 2004-2005.

En revanche, les données existantes sur la flore des annexes permettent d'identifier les espèces patrimoniales, indicatrices et celles qui représentent des supports de frai intéressants.

2.1. Espèces patrimoniales

Plusieurs espèces signalées dans les boires font l'objet d'une protection particulière. Les mesures de préservation peuvent avoir été mises en place à l'échelle régionale ou nationale. Le tableau suivant répertorie toutes ces espèces.

Tableau 1 : Localisation des espèces végétales protégées

	Les Vallées	Ousson	Muides	Marinière	Bois Chétif	Sazilly	Le Passage
Protection Nationale							
Pulicaire vulgaire (<i>Pulicaria vulgaris</i>)							
Gratiolle officinale (<i>Gratiola officinalis</i>)							
Protection région Centre							
Pigamon jaune (<i>Thalictrum flavum</i>)							
Butome en ombelle (<i>Butomus umbellatus</i>)							
Germandrée des marais (<i>Teucrium scordium</i>)							
Protection région Bourgogne							
Scutellaire à feuilles hastées (<i>Scutellaria hastifolia</i>)							
Butome en ombelle (<i>Butomus umbellatus</i>)							
Protection région Pays de la Loire							
Scutellaire à feuilles hastées (<i>Scutellaria hastifolia</i>)							
Inule des fleuves (<i>Inula britannica</i>)							
Faux nénuphar (<i>Nymphoides peltata</i>)							

(Voir annexe IV)

Il existe également sur les boires des espèces plus ou moins rares qui ne sont pas protégées mais qui méritent d'être citées. Ces espèces sont très souvent inféodées à un habitat précis, en l'occurrence les boires. Il s'agit de:

- L'épiaire des marais (*Stachys palustris*)
- La petite renouée (*Polygonum minus*)
- Le potamot fluet (*Potamogeton pusillus*)
- La renoncule divariquée (*Ranunculus circinatus*)
- L'orme lisse (*Ulmus laevis*) qui est en forte régression sur le bassin de la Loire.

Ces milieux très particuliers aux conditions hydriques fluctuantes, qui abritent une flore remarquable, représentent un habitat original qu'il convient de préserver.

2.2 Espèces bioindicatrices

Les végétaux comme les poissons ou les macroinvertébrés peuvent être utilisés comme indicateurs pour évaluer l'état de santé du milieu ou pour comprendre leur fonctionnement.

L'étude des différents groupements végétaux, qui se répartissent dans l'annexe selon l'hydrométrie du sol et selon la texture du substrat, permet d'identifier les zones où une intervention est souhaitable. En effet, les relevés floristiques peuvent être reliés aux relevés topographiques (d'où les transects), et ceci sur l'ensemble de l'annexe et non pas uniquement sur le chenal principal.

La végétation sert également à évaluer la durée de submersion du site et donc une certaine fréquence d'inondation.. Pour cela, il est indispensable de connaître la physiologie des plantes et surtout leur tolérance à la submersion. On sait par exemple que l'agrostide stolonifère, le Butome en ombelle et les éléocharis se répartissent dans les boires à une altitude qui correspond à la cote de la ligne d'eau pour un débit médian. Les baldingères se situent plus au niveau du module.

A partir des relevés floristiques, il est donc possible de déterminer les zones où la topographie est à modifier.

Au-delà des aspects purement hydrauliques, les végétaux peuvent nous renseigner sur la qualité du milieu et son bon fonctionnement. Certaines espèces se développent principalement lorsque les conditions d'ensoleillement, d'inondabilité et de qualité d'eau sont adéquates.

Voici quelques espèces indicatrices d'un bon fonctionnement:

- Myosotis des marais (*Myosotis scorpioides*). Présent dans toutes les boires, on le trouve en herbier d'eau et dans les mégaphorbiaies.
- Véronique mouron d'eau (*Veronica anagallis-aquatica*). Caractéristique des prairies humides à berges peu pentues.
- Butome en ombelle (*Butomus umbellatus*). Sa présence caractérise les milieux favorables au frai (Présence d'eau une bonne partie de l'année, bonne qualité de milieux, courant faible).
- Pigamon jaune (*Thalictrum flavum*). Présent sur les sites fonctionnels, il se situe dans les mégaphorbiaies ou parmi les héliophytes.
- Germandrée des marais (*Teucrium scordium*). Elle se situe à des niveaux topographiques proches du module.

2.3. Caractérisation des supports de ponte

Les sources d'information sont diverses sur le sujet. De plus, les cortèges floristiques diffèrent d'une région à l'autre. Il n'est donc pas évident de dresser une liste de plantes servant de support aux pontes de brochets valable sur tout le territoire français. Les données bibliographiques suivantes correspondent aux études récentes et répertorient des espèces qui sont présentes en Loire moyenne.

Les zones de frai du brochet sont des sites riches en végétation aquatique émergente (carex, roseaux) et/ou en végétation terrestre submergée pendant les crues (CLERC, 1987). Ces végétaux constituent le support de ponte, ce qui permettra aux œufs de se trouver au-dessus du sédiment où les concentrations en oxygène sont les plus faibles (FAGO, 1977 in CHAPMAN et HALL, 1996).

Les espèces susceptibles d'être utilisées comme support de ponte ne sont pas des plantes annuelles car le frai a lieu pendant la deuxième quinzaine de février et seules les espèces vivaces peuvent être présentes.

- D'après le travail de Mathias PRAT sur les boires de la Loire en 1998, les groupements propices au frai sont les suivants:
 - Groupements à grande glycérie. Leur niveau topographique est sous la médiane et les sites sur lesquels elle se trouve sont d'une grande richesse écologique.
 - Pelouses à Agrostide stolonifère. Cette espèce se situe au niveau de la médiane et se développe très tôt lorsqu'elle est bien implantée formant ainsi de vastes tapis denses et courts.
 - Phalaridaies. Elle se situe relativement haut au niveau du module, et n'offre que peu de possibilités car elle est souvent associée à la Salicaire (*Lythrum salicaria*), à la lysimaque (*Lysimachia vulgaris*) ou au lycoper d'Europe (*Lycopus europeanus*).
 - Pelouses à Rorripe sylvestre. Cette espèce forme un tapis dense et ras adapté au frai.
 - Cariçaies. Ces groupements sont présents en ceinture en bas de berge et ne représentent donc pas des surfaces de frai très importantes. Dans ces groupements, on trouve : *Carex acuta*, *Carex acutiformis*, *Carex riparia* et le Butome en ombelle *Butomus umbellatus*.
 - Groupements à joncs ou à éléocharis. Ils se situent dans le même secteur que les carex.
 - Mégaphorbiaies atlantiques hygrophiles fauchées.

Ainsi que d'autres groupements moins fréquents:

- Prairie à *Elytrigia campestris* (Godron et Gren) de la Marinière. Elle se situe sur des terrasses au-dessus de la médiane et ne fait office de support que lors de fortes crues.
- Prairies à *Alopecurus geniculatus*
- Groupements d'*Equisetum fluviatilis*
- Herbiers aquatiques d'*Elodea canadensis*
- Herbiers aquatiques à *Glyceria fluitans*
- Herbiers aquatiques à *Ranunculus fluitans* et à *Ranunculus penicillatus*.
- Herbiers aquatiques à *Myriophyllum verticillatum* et *Ceratophyllum demersum*.

- D'après FROST et KIPLING (1967 in FAO), les végétaux favorables au frai du brochet sont:

- Phragmites	- Equisetum
- Elodée du Canada	- Fontinalis sp.
- Myriophyllum	- Agrostis stolonifera
- Nitella	- Juncus bulbosus
- Carex	- Mentha aquatica

- D'autres végétaux sont cités par CRAIG (1996) et sont regroupés dans la liste suivante

Tableau 2 : Espèces végétales utilisées comme support de ponte (d'après Minster, 1997)

Type	Noms	Auteurs
Végétation émergente	<i>Carex sp.</i> <i>Eleocharis sp.</i> <i>Spartina sp.</i> <i>Agrostis stolonifera</i> <i>Juncus bulbosus</i> <i>Andropogon halii</i> <i>Eragrostis trichoides</i> <i>Stipa spartea</i>	Franklin et Smith 1963 Forney 1965 Franklin et Smith 1963 Kennedy 1969 Forney 1965 Mc Carraker et Thomas 1972
Végétation aquatique ou semi-aquatique	<i>Elodea sp.</i> <i>Myriophyllum sp.</i> <i>Nitella sp.</i> <i>Apium inundatum</i> <i>Fontinalis sp.</i> <i>Hippuris sp.</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Bouteloua curtipendula</i> <i>Najas flexilis</i> <i>Potamogeton sp.</i> <i>Utricularia sp.</i> <i>Vallisneria americanus</i>	Frost et Kipling 1967 Kennedy 1969 Mc Carraker et Thomas 1972 Priegel et Krohn 1975

- Selon une étude menée au Québec par Chapleau et Thellen en 1980, le support de ponte varie en fonction de la hauteur d'eau.
- Pour des hautes eaux, la ponte a lieu sur des hélrophytes à croissance rapide et à hautes tiges du type Salicaire (*Lythrum salicaria*), Aster simple (*Aster simplex*) ou Verges d'or (*Solidago sp.*).
 - Pour des hauteurs d'eau moyennes, la ponte se fait sur des baldingères.
 - Pour des niveaux d'eau faibles, la dépose des œufs se fait sur les Scirpes (*Scirpus sp.*) et les Quenouilles (*Typha sp.*).

- Un autre type de milieu peut être utilisé comme zone de frai, il s'agit des prairies humides fauchées composées de sénéçon aquatique *Senecio aquaticus*, oenanthe *Oenanthe silaifolia* *Oenanthe fistulosa*, gratiole officinale *Gratiola officinalis*, pigamon jaune *Thalictrum flavum* et de guimauve officinale *Althea officinalis*.

Il n'existe pas de plante peu propice au frai en temps que telle. La physionomie de certaines peut quand même perturber le frai. La salicaire ou encore la Lysimaque possèdent des tiges érigées qui retardent le développement des jeunes pousses. Il ne faut pas oublier néanmoins qu'elles représentent des caches pour les brochetons ainsi qu'un support pour les macroinvertébrés. Dans une moindre mesure, les groupements d'Iris ou les phragmites peuvent, par leur densité, être défavorables au frai.

Les espèces telles que la Renouée du Japon ou la jussie qui étouffent le milieu sont, quant à elles, défavorables à l'ensemble de l'hydrosystème.

Il semble donc que le brochet fasse preuve d'un certain opportunisme quant aux supports de ponte, pourvu qu'ils soient facilement accessibles et que le milieu permette un réchauffement rapide des eaux.

A ce titre, une étude de Mousson montre qu'en l'absence de toute cette végétation, la ponte pourrait avoir lieu sur des substrats tels que le blé d'hiver, la litière de forêt ou les mousses, mais avec une densité d'œuf plus faible.

Après les travaux, certains gestionnaires ont eu recours à une végétalisation par semis. Pour les annexes rudéralisées, avec des berges abruptes et d'importantes surfaces modifiées, un semis est préconisé. C'est le cas sur une partie de la frayère de Sazilly. Cette technique reste discutable dans la mesure où l'on n'est jamais sûr de l'origine des graines. (Voir annexe V)

3. Les invertébrés aquatiques

3.1. Suivi des macroinvertébrés

Si les peuplements piscicoles permettent d'apporter des informations sur le fonctionnement des hydrosystèmes, il s'avère que la faculté des poissons à échapper, plus ou moins temporairement, aux conditions environnementales, rend ce groupe taxonomique peu utilisable. En effet, lorsque l'échelle de temps est trop courte, les variations engendrées par des travaux dans le lit de la Loire au sein de la faune piscicole ne sont pas toujours perceptibles. La macrofaune benthique, beaucoup plus diversifiée et ayant la possibilité de coloniser toutes les niches écologiques, permet en revanche de mieux rendre compte des modifications du milieu. L'évolution de ce compartiment écologique peut être analysée grâce à deux sources de données. Dans un premier temps, il y a les informations collectées par les agents du CSP et ensuite, il y a les prélèvements que le bureau d'étude SCE a réalisés en 2002.

Suivi des agents du CSP:

Les méthodes employées par le CSP pour identifier les invertébrés benthiques sont de simples prélèvements aléatoires, et donc pas en mesure de caractériser fidèlement la population des annexes. En effet, ces prélèvements sont réalisés uniquement au niveau des supports de pontes potentiels. Ceux-ci sont, en général, des végétaux. Très peu d'autres habitats sont prospectés. La population ne se trouve donc pas entièrement représentée. D'autre part, la détermination s'effectue sur le terrain et généralement, elle s'arrête à l'ordre. La diversité des modes de vie et les différences de sensibilité sont énormes au sein d'un ordre et même d'une famille, c'est pourquoi toute interprétation est impossible lorsque l'identification ne va pas au-delà de l'ordre.

Analyses réalisées par SCE:

Remarque préalable :

Les résultats de la campagne 2002 effectuée par SCE ont été analysés et expertisés par le Bureau d'étude RIVE, afin d'aller plus loin dans les analyses comparatives, qui n'étaient pas prévues initialement dans le marché de SCE.

Les données recueillies par SCE sont les seules exploitables pour l'année 2002. Cependant, l'analyse diachronique a été limitée aux variations entre le printemps et l'été car il n'existait pas d'information antérieure.

Les principales observations faites par le bureau d'étude sont les suivantes:

- Le site des Vallées abrite des genres plus rhéophiles que dans les autres boires en raison de l'alimentation par le ruisseau de la fontaine Herry.
- Les supports les plus biogènes se trouvent être les racines immergées et les hydrophytes.
- Muides et la Marinière sont caractérisées par des taxons à cycles de vie courts et longs, à la différence des autres boires qui ne comptent que des genres à cycles de vie courts. Cette brièveté dans le développement des macroinvertébrés est probablement due à une forte variation des paramètres abiotiques et surtout de l'inondation au cours des saisons.

Les données sources ont ensuite été analysées par le bureau d'étude RIVE qui a mis en évidence les phénomènes suivants:

- L'abondance et la diversité évoluent dans le sens inverse au cours des saisons. Les peuplements estivaux sont plus diversifiés. Il convient donc de préserver ces populations en favorisant le maintien en eau durant la période d'étiage.
- Malgré les rejets domestiques du hameau des Vallées dans le ruisseau de la fontaine Herry, la qualité d'eau et les peuplements macrobenthiques sont globalement meilleurs aux Vallées que dans les autres sites.
- La population qui se développe à Muides se démarque des autres boires.

Les données ont ensuite été traitées grâce à des analyses factorielles des correspondances. Le tableau suivant, issu du rapport d'expertise de RIVE, présente une hiérarchisation des facteurs de macro et micro distribution pouvant expliquer les différences de peuplement.

Tableau 3 : Comparaison des premières valeurs propres des différentes analyses inter classes réalisées. (D'après RIVE, 2003)

Paramètre	Test de signification	λ_1	% /. AFC. globale
AFC. globale		0.78	100%
Station	Oui 0/1000	0.54	69.2%
Nitrates	Oui 0/1000	0.53	67.9%
Chlorophylle a	Oui 0/1000	0.33	42.3%
Phosphates	Oui 0/1000	0.28	35.9%
Substrats	Oui 7/1000	0.27	34.6%
Conductivité	Oui 0/1000	0.26	33.3%
Oxygène	Oui 0/1000	0.26	33.3%
Date	Oui 2/1000	0.20	25.6%
pH	Oui 1/1000	0.19	24.3%
Température	Oui 17/1000	0.15	19.2%
Vitesse de courant	Non 302/1000	-	-

Ce tableau montre l'importance de l'effet stationnel sur la répartition de la faune. Il souligne également le fort impact des nutriments (nitrates, phosphates et chlorophylle a) sur les populations. En revanche, la température et la conductivité, qui caractérisent les apports de nappes, ne semblent pas pouvoir expliquer cette répartition. Enfin, la nature du substrat apparaît comme un facteur peu explicatif mais toutefois supérieur à l'effet temporel.

D'une manière générale, au cours des saisons, les points bas isolés présentent un peuplement d'autant plus caractéristique que ces sous-systèmes sont éloignés du lit vif (Dieu, 1997). Il semble donc important de conserver, dans les secteurs les plus éloignés du cours principal, des zones qui restent en eau toute l'année et qui permettent le développement de populations macrobenthiques stables, le risque de piégeage des poissons devant être minimisé.

La poursuite du suivi permettra de confirmer ou non ces hypothèses car 2002 fut une année caractérisée par une faible hydraulité, ce qui n'est pas forcément représentatif des conditions habituelles sur la Loire.

3.2. Suivi du zooplancton

Là encore, le suivi réalisé par le CSP n'est pas exploitable car il n'y a pas de protocole clairement défini. Les observations consistent donc à constater la présence ou non du zooplancton.

Le bureau d'étude SCE a, quant à lui, réalisé des prélèvements durant le mois d'avril. Les analyses ont permis d'évaluer la concentration en zooplancton à environ 10 $\mu\text{L/L}$ pour toutes les boires, à l'exception de Bois Chétif. En effet, étant donné la faible quantité d'eau restante dans cette annexe, les prélèvements ne contenaient que 3 $\mu\text{L/L}$ de zooplancton.

4. Les données piscicoles

4.1. La diversité des sources et formats de données

Afin de comprendre et de commenter l'évolution des populations pisciaires, toutes les pêches électriques qui ont eu lieu dans les boires ont été répertoriées. Ces données sont également mises en relation avec des pêches électriques qui ont été réalisées dans le lit de la Loire à proximité des annexes. Les sondages en Loire sont réalisés dans le cadre du suivi des centrales nucléaires (Chinon, St-Laurent-des-eaux et Belleville), des études du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) ou du RHP (Réseau Hydrobiologique et Piscicole).

La correspondance entre les stations est la suivante :

- Boire des Vallées → station de Belleville amont
- Boire d'Ousson → Station de Belleville aval
- Boire de Muides → Station St-Laurent-des-eaux aval
- Boire de la Marinière → Station St-Laurent-des-eaux aval
- Boire de Bois Chétif → Station Chinon amont
- Boire de Sazilly → Station RHP d'Anché
- Boire du Passage →

Les résultats des pêches électriques sont fournis sous diverse formes : les effectifs sont parfois exprimés en abondance mais aussi en abondance relative ou encore en CPUE (effort de pêche), de sorte qu'il n'est pas possible de traiter les données autrement que sous forme d'une matrice basée sur les fréquences ou l'Absence/Présence.

L'idéal aurait été d'analyser les effectifs rapportés au temps de pêche ou à la surface prospectée. Malheureusement, dans le cas des boires, la déconnexion induit un phénomène de concentration des poissons piégés et, en parallèle, une augmentation de la prédation. Dans ces conditions changeantes, la valeur de l'effort de pêche perd tout son sens. Les poissons n'ont, par ailleurs, pas les moyens de fuir comme dans le milieu principal.

4.2. Le Brochet: Bioindicateur de l'état de santé de l'écosystème

Un écosystème aquatique est une entité représentée par l'ensemble intégré d'un milieu et des peuplements associés. Il constitue l'unité fonctionnelle résultant de l'ensemble des relations et des interactions existant entre espèces, entre paramètres puis entre espèces et milieu.

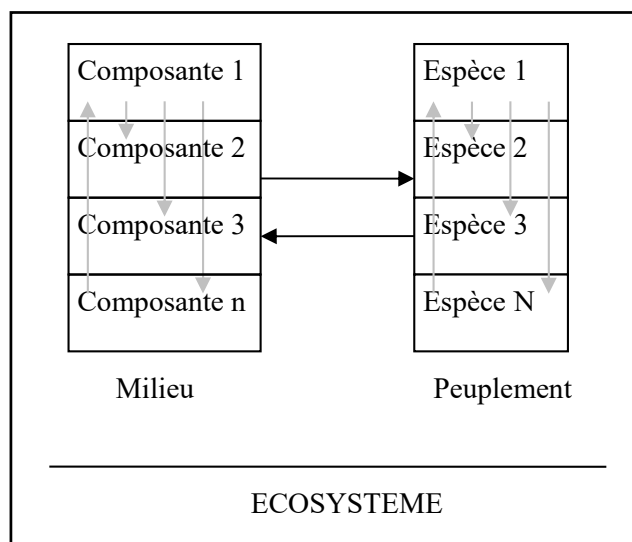


Figure 2 : Schématisation de l'écosystème. (D'après Verneaux in PESSON, 1976)

Dans le cas des hydrosystèmes fluviaux, le maintien des équilibres naturels est assuré en grande partie par la qualité des échanges entre la rivière et son lit majeur. Cependant, toute modification de l'un des éléments (eau, substrat, composantes de l'édifice biologique) se répercute sur l'ensemble.

La visualisation des évolutions peut être réalisée à partir du suivi et de l'étude d'un nombre optimal d'indicateurs biologiques et/ou mésologiques caractéristiques du milieu. Le choix de ces variables et des modalités de mesure est primordial puisqu'il conditionne la significativité de la réalité ainsi élaborée.

L'étude approfondie de tous les compartiments de l'hydrosystème serait bien trop lourde et coûteuse pour les gestionnaires, c'est pourquoi ils ont recouru aux indicateurs biologiques.

Le choix judicieux de variables biologiques synthétiques, intégratrices des conditions chimiques et physiques de l'eau, complété par le suivi des descripteurs majeurs, constitue la base d'un appareil de suivi écologique de qualité.

Cette démarche permet de mettre en œuvre des actions de gestion et de restauration efficaces. La mise en place d'une typologie des annexes, basée sur une approche analytique, permet de définir des ordres de priorités et garantit un maximum d'efficacité des actions. Cependant, les projets liés à un site doivent être replacés dans une problématique d'ensemble permettant d'intégrer notamment les potentialités afin d'obtenir, pour un même effort, un rendement d'action optimal. (Porteret 1997).

Le brochet est une espèce qui a un fort caractère intégrateur car il exploite, au cours de son existence, plusieurs niveaux de la pyramide trophique, dont il occupe la position sommitale au stade adulte. Il permet donc de mettre en évidence les différentes perturbations infligées à l'écosystème.

Pour comprendre ce choix et le suivi qui est effectué actuellement, il faut connaître la biologie de cette espèce.

Biologie du Brochet

Le brochet, très bien réparti sur le bassin de la Loire, est un migrateur holobiotique transversal. Au cours de son développement, il occupe une large série d'habitats aquatiques qui recouvrent à la fois le chenal principal, les zones rivulaires, les systèmes latéraux et les zones inondables. Ces exigences trophiques et spatiales, associées à une grande longévité (jusqu'à 10 ans), lui confèrent un fort pouvoir intégrateur.

La phase de reproduction débute dès la mi-février. C'est le premier poisson de la zone potamique à se reproduire. Les géniteurs, âgés de 2 à 3 ans, gagnent les milieux annexes pour déposer leurs œufs. Ils recherchent des conditions favorables au développement de leur progéniture, à savoir peu de courant, une température adaptée (ponte à partir de 8°C) et un tapis végétal vaste et dense (l'aire de ponte peut atteindre 1000m² pour 1 femelle). On ne connaît pas encore les signaux exacts qui déclenchent la migration mais on sait qu'elle a lieu pendant une décrue et que les zones de frai sont caractérisées par une légère différence de température. Il est intéressant de noter que la fécondité des femelles dépend des conditions de stress et de la qualité d'eau qui peuvent bloquer le processus de maturation et entraîner la résorption des ovules. (Chancerel, 1998)

L'incubation nécessite 120°C/jour après quoi la larve vésiculée sort de l'œuf et se fixe par une ventouse aux végétaux pendant 120°C/j. La larve doit attendre encore 80°C/j pour voir la vésicule vitelline se résorber totalement. Il faut donc environ 1 mois (pour des températures normales de l'ordre de 10°C) à l'œuf pour devenir un alevin actif pouvant s'alimenter. Cela dure alors jusqu'à la fin du mois de mars.

Les alevins sont successivement planctophage (jusqu'à 20-25 mm), puis entomophage et enfin ichtyophage (taille allant de 30 à 85 mm). Le brochet devient cannibale à partir de 90 mm.

L'avalaison est déclenchée en fonction des disponibilités en terme de nourriture dans l'annexe et des conditions hydrologiques. Selon Forney en 1968, dès le stade de la nage libre, les jeunes brochetons âgés de 10 à 20 jours peuvent émigrer vers le lit vif. D'une manière générale, les jeunes brochets regagnent le cours principal au début du mois de mai. (Voir annexe VI)

En définitif, le taux de survie n'atteint pas 1% des œufs fécondables et, dans les conditions les plus favorables, la production de brochetons est de 5000 par hectare.

La reproduction du brochet peut ainsi se décomposer en quatre grandes étapes:

- La montaison des géniteurs dans les annexes
- La dépose des œufs sur un support adéquat.
- Le grossissement des alevins.
- L'avalaison des jeunes brochetons.

Afin d'identifier l'étape à laquelle d'éventuels problèmes surviennent, diverses investigations sont menées par les agents du CSP. Dans un premier temps, une prospection hebdomadaire est réalisée pendant la période de frai pour indiquer la présence ou non de géniteurs et localiser les sites de pontes. Cela permet de mettre en évidence les perturbations inhérentes aux deux premières étapes. Dans un deuxième temps, le CSP procède à une pêche électrique pour vérifier la présence des brochetons pendant la seconde quinzaine de mai. Cette exploration permet de constater le bon déroulement de la troisième étape. Enfin, la connexion entre la boire et le milieu principal est surveillée afin de vérifier si l'avalaison des juvéniles a lieu dans de bonnes conditions.

Les méthodes d'investigation doivent être aisément reproductibles pour permettre la comparaison des sites entre eux et au cours du temps.

Selon cette méthodologie et au terme des pêches électriques, si les effectifs ne sont pas suffisants, il suffit de remonter aux investigations des mois passés pour identifier les problèmes et intervenir sur l'un ou l'autre des compartiments de l'écosystème.

4.3. L'analyse des données piscicoles

Pour interpréter l'évolution des populations piscicoles, il est important d'identifier les différences dans les protocoles du CSP et du SEMA et de voir dans quelle mesure celles-ci interviennent sur les captures.

Le contexte général est similaire dans la mesure où les deux organismes pêchent par ambiances. D'autre part, chaque secteur de Loire est particulier et, compte tenu de la dynamique spécifique de la Loire, il est difficile de retrouver les mêmes ambiances plusieurs fois sachant que les prélèvements se font en général sur un linéaire d'1 km.

La principale différence entre les deux méthodes réside dans le positionnement de l'anode. Pour le CSP, il s'agit d'une anode fixée à l'avant du bateau alors que pour le SEMA, c'est un opérateur qui tient l'électrode et qui la déplace. Le SEMA obtient de meilleurs résultats car l'effet opérateur se fait moins ressentir (pour le CSP l'effet opérateur est dû au pilote du bateau). La prospection dans la lame d'eau est également plus efficace car l'opérateur du SEMA peut immerger l'anode plus profondément lors de la prospection des mouilles. Au niveau des encombres, le SEMA a une meilleure efficacité en raison de la mobilité de l'anode. Selon Jean-Yves Lécureuil (SEMA), la collecte des poissons est également plus aisée dans le cas d'une anode mobile.

Un autre biais d'échantillonnage est la variation nyctémérale de la localisation des populations de poissons. Le jour, l'essentiel de la population se réfugie au niveau des encombres ou des zones plus profondes et la nuit, les poissons s'éparpillent et colonisent les milieux moins profonds à la recherche de nourriture. L'heure de prospection, pas toujours la même, peut conduire à des différences d'appréciation des résultats.

Dans le cas des pêches électriques dans les boires, deux paramètres peuvent induire des erreurs d'interprétation. Dans un premier temps, l'effet opérateur peut fortement jouer sur les résultats car les équipes qui réalisent les pêches évoluent au fil des ans. D'autre part, le matériel utilisé n'est pas toujours le même et, là encore, des différences de puissance peuvent induire des variations dans les relevés.

Analyse globale de la population

L'analyse des populations pisciaires, et plus particulièrement celle des brochets, doit tenir compte des classes d'âge et des tailles. En effet, une population en bonne santé devrait comprendre toutes les classes d'âge. Dans le cas contraire, l'absence d'une génération peut mettre en évidence un dysfonctionnement. Il faut cependant remarquer que la distinction entre des individus 0+ et 1+ est parfois délicate.

L'analyse des tailles est un outil intéressant qui doit être prochainement intégré à l'indice poisson. Cependant, la faible quantité de brochets capturés en Loire ne permet pas de caractériser les populations en terme de répartition des classes d'âge.

Les conclusions du rapport d' A.M. Minster mettent en évidence les facteurs qui influencent la productivité des frayères. Il s'agit de l'envasement, de la qualité de l'eau, du type de communication avec le cours principal et du recouvrement végétal, mais également, d'un point de vue piscicole, de la présence de prédateurs d'œufs et de brochetons. C'est pourquoi, il est intéressant d'évaluer le rapport entre les brochetons et la présence de prédateurs d'œufs (gardon, rotengle et tanche).

La raréfaction des sites de frai oblige les brochets à concentrer leurs pontes et cela peut provoquer, par la suite, une augmentation du phénomène de cannibalisme.

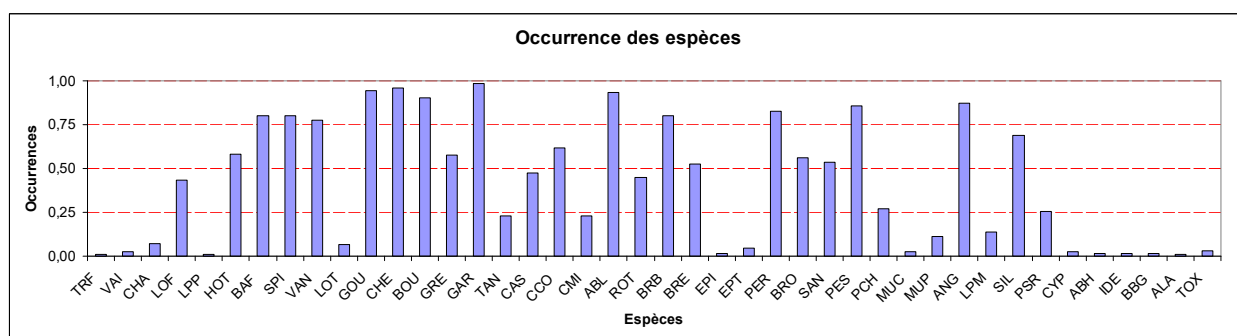
La carpe utilise également ces milieux mais ses exigences sont moindres dans la mesure où elle séjourne moins longtemps dans l'annexe. La reproduction a lieu plus tard dans la saison, vers le mois de mai, et les températures étant plus élevées, l'incubation et le développement se font plus vite. Ces poissons doivent cependant accéder aux sites de frai et ceci lors des crues du mois de mai. Au vue des

niveaux d'eau pendant les pêches et de l'état des connexions, il semble que les carpes ne puissent pas se reproduire dans les mêmes sites que le brochet

On peut noter la présence d'une grande quantité d'alevins de perche fluviatile dans la boire du Passage en 2003. Cette boire n'a pas encore été restaurée mais elle semble bien fonctionner pour cette espèce. Les investigations après travaux devraient permettre de voir si une plus grande connexion avec la Loire perturbe la reproduction des perches qui sont bien installées sur le site.

Occurrence des espèces

Figure 3 : Occurrence des espèces piscicoles dans les pêches électriques



Sur les 42 espèces rencontrées dans les boires ou dans le chenal principal, 17 sont considérées comme accidentelles, 5 comme accessoires et 19 comme constantes.

Les carnassiers, et en particulier les brochets, sont bien représentés car ils ont été capturés dans plus de la moitié des pêches.

Afin d'identifier les grandes tendances dans l'évolution des populations pisciaires de la Loire, les prélèvements au niveau de 2 centrales nucléaires ont été comparées. Les centrales de Chinon et Belleville semblaient être les plus intéressantes dans la mesure où les pêches ont lieu depuis déjà 15 ans.

Les figures suivantes illustrent les évolutions majeures.

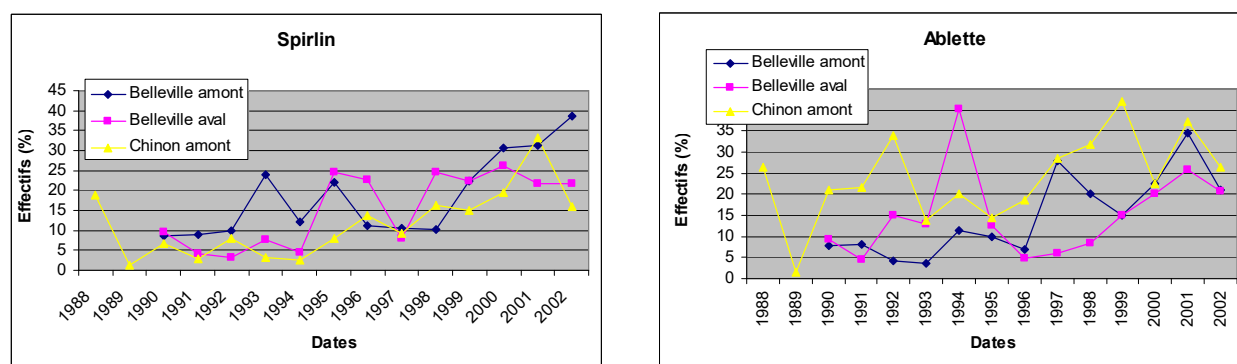


Figure 4 : Evolution des effectifs de spirilins et d'ablettes sur 15 ans.

Ces deux espèces semblent être en légère augmentation sur la Loire depuis une quinzaine d'années. Elles occupent une part de plus en plus importante dans les effectifs puisqu'elles représentent jusqu'à 60% du cortège piscicole.

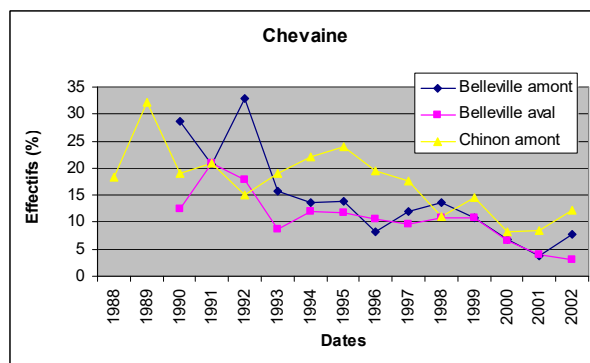


Figure 5 : Evolution des effectifs de chevaines sur 15 ans.

Les effectifs de chevaine montrent au contraire une importante diminution sur le secteur puisqu'ils sont passés de 25 à seulement 5% de la population.

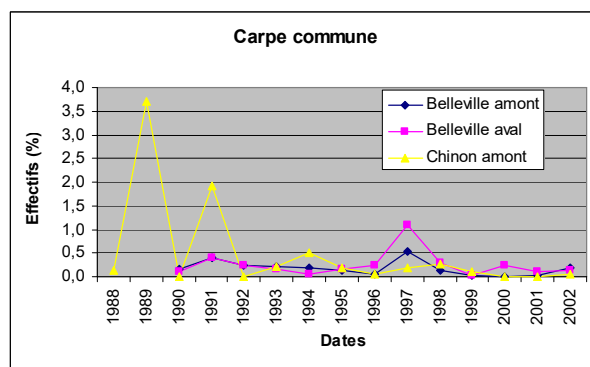
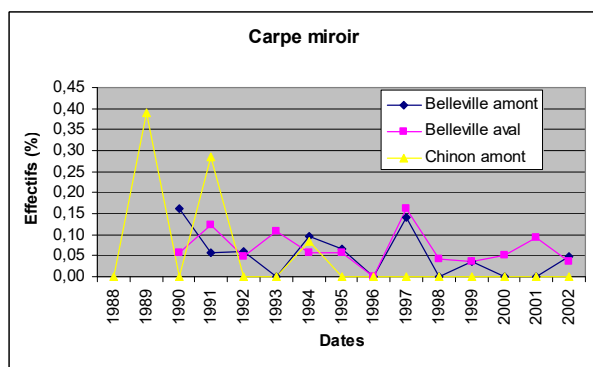


Figure 6 : Evolution des effectifs de carpes sur 15 ans

Les effectifs de carpe sont faibles sur le secteur mais relativement constants depuis une dizaine d'années.

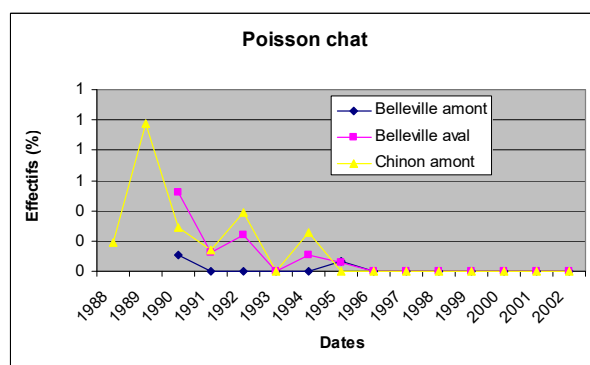
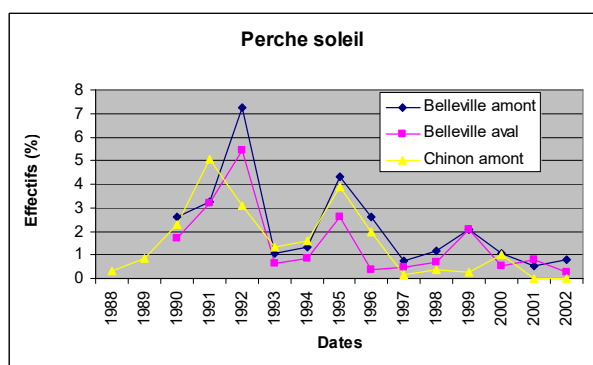


Figure 7 : Evolution des effectifs de perches soleil et de poissons chat sur 15 ans.

Ces deux espèces envahissantes qui ont pu représenter jusqu'à 7.5% de la population sont aujourd'hui en nette régression en Loire moyenne. Les poissons chats ont même complètement disparus des inventaires. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils ne sont plus présents sur les affluents.

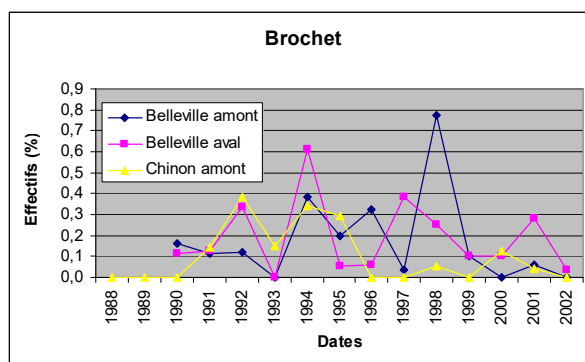


Figure 8 : Evolution des effectifs de brochets sur 15 ans.

Comme le montre la figure précédente les populations de brochets décrivent une courbe en « dents de scie ». La reproduction du brochet nécessitant des conditions hydrauliques très particulières, les effectifs fluctuent fortement d’une année sur l’autre en fonction des conditions d’enneigement des boires.

Les alevinages qui sont réalisés pour maintenir la population peuvent également être à l’origine de ces grandes variations.

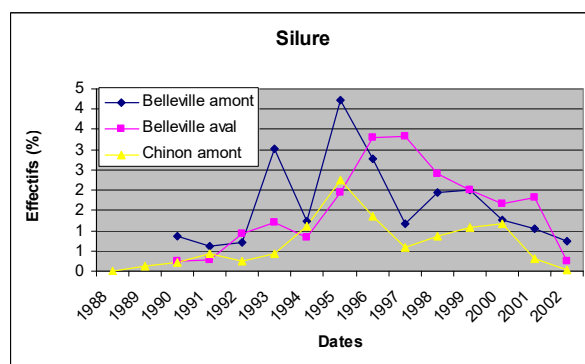


Figure 9 : Evolution des effectifs de silures sur 15 ans.

Après une forte augmentation des effectifs jusqu’au milieu des années 90, la population de silures semble décroître. Cette diminution peut être due à une absence de capture des gros spécimens qui vivent dans les fosses et qui ne sont pas inquiétés par les pêches électriques.

Les autres espèces ont des effectifs qui varient peu ou de façon cyclique. Elles ne présentent pas de grandes évolutions, c’est pourquoi les figures ne sont pas présentées ici.

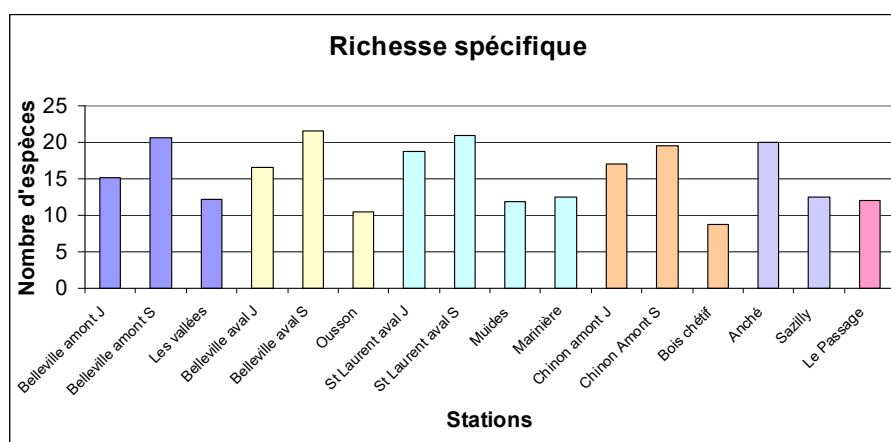


Figure 10 : Comparaison des richesses spécifiques dans le lit de la Loire et dans les boires

Cette figure permet de mettre en évidence un écart important entre le nombre d'espèces capturées dans la Loire et dans les annexes. Cet écart, en faveur du lit principal, est de l'ordre de 10 espèces. Les habitats étant plus diversifiés dans le chenal que dans les boires, ce résultat semble logique. La richesse spécifique est comparable dans les boires, à l'exception de Bois Chétif qui ne compte en moyenne que 8 espèces. Ce déficit pourrait être imputé à la fermeture du milieu et donc au faible développement de la végétation aquatique.

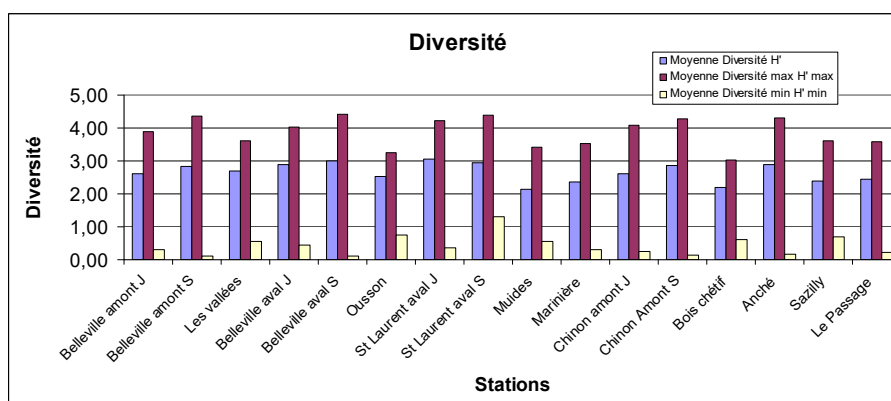


Figure 11 : Comparaison de la diversité H' dans le lit de la Loire et dans les boires

Là encore, le peuplement présent dans les boires semble être moins bien structuré que le peuplement du chenal principal. Cependant, les écarts sont moins flagrants. Les pêches électriques qui sont réalisées, ont pour but principal de suivre l'évolution des populations de brochets, celui-ci étant considéré comme un bon indicateur biologique. Elles sont alors réalisées en mai et juin pour vérifier la présence de brochetons. A cette période, toutes les autres espèces de poissons ne se sont pas forcément reproduites ; c'est pourquoi, les peuplements peuvent paraître déséquilibrés.

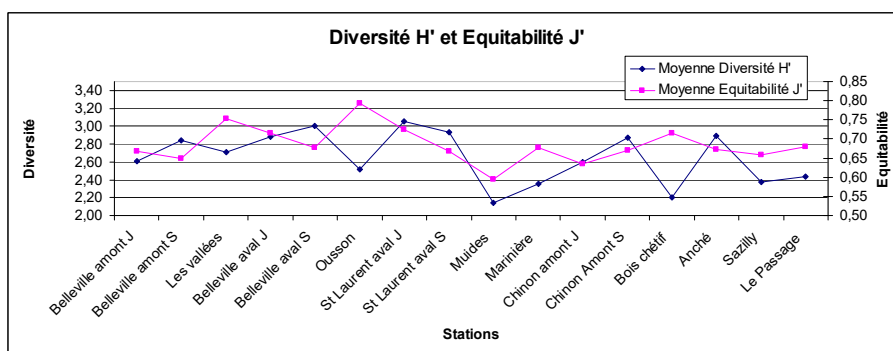


Figure 12 : Comparaison de la diversité H' et de l'équitabilité J' dans le lit de la Loire et dans les boires

Ce graphique est extrêmement intéressant dans la mesure où il met en évidence une plus grande équitabilité dans les boires que dans la Loire. En d'autres termes, les populations sont peut-être mal structurées dans les boires mais leur état est satisfaisant au regard des potentialités qu'offre le milieu. Les populations piscicoles des boires exploitent mieux les niches écologiques que le milieu peut offrir.

On peut également remarquer deux situations très différentes : la première concerne la boire d'Ousson. En effet, l'équitabilité dans ce secteur est particulièrement bonne puisqu'elle atteint 0,8, ce qui dénote une bonne exploitation du milieu par les poissons. En revanche, la boire de Muides s'illustre par le phénomène inverse.

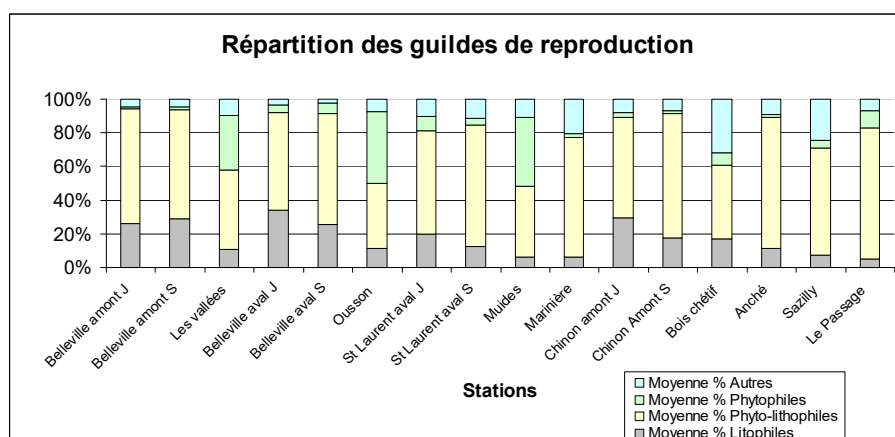


Figure 13 : Répartition des guildes de reproduction dans la Loire et dans les boires

Le graphique met en évidence une plus grande proportion d'individus phytophiles au sein des boires des Vallées, d'Ousson et de Muides-sur-Loire ; en revanche, les boires de Bois Chétif, Sazilly et du Passage montrent une très faible proportion de ces espèces. Ce phénomène pourrait s'expliquer sur le site de Bois Chétif qui se trouve moins bien végétalisé mais la situation est difficilement explicable sur les deux autres boires. Contrairement aux annexes, le lit de la Loire recueille une grande proportion d'espèces lithophiles.

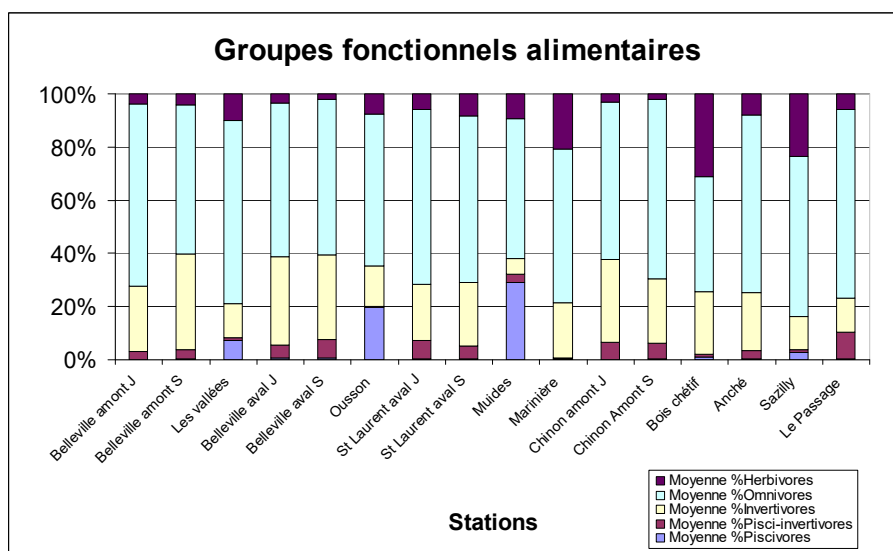


Figure 14 : Répartition des groupes fonctionnels alimentaires dans la Loire et dans les boires

Les proportions de carnassiers sont significatives uniquement dans les boires. Seuls les sites de Bois Chétif et du Passage présentent une très faible part de poissons piscivores. Le site de St-Rémy-la-Varenne comporte en revanche une bonne proportion d'individus pisci-invertivores. Ce résultat provient de la grande quantité de perches capturées lors de la pêche électrique de 2003.

Les annexes se caractérisent également par une forte proportion d'individus herbivores probablement en raison de la grande quantité de végétaux qui se développent dans ces milieux.

En parallèle à cette forte proportion d'herbivores et de piscivores, on remarque une faible représentation des espèces invertivores. Le phénomène s'inverse dans le lit principal.

Les spécimens omnivores se retrouvent dans les mêmes proportions tout au long de la Loire et dans les différentes boires.

Les deux milieux, à savoir le cours principal et les annexes hydrauliques, sont donc extrêmement différents sur le plan des peuplements piscicoles. Les boires hébergent des espèces qui utilisent la végétation aquatique comme lieu de frai ou comme nourriture. La Loire quant à elle, accueille des espèces plus rhéophiles qui n'ont pas besoin des végétaux pour se reproduire.

Au sein des boires nous pouvons distinguer deux groupes. Le premier se compose des sites amont, à savoir les Vallées, Ousson et Muides-sur-Loire. Ces derniers possèdent des peuplements similaires qui comprennent une part importante de carnassiers phytophiles (Brochet) et peu d'herbivores. Le second groupe se compose de la Marinière, de Bois Chétif et de Sazilly qui possèdent des peuplements diamétralement opposés. La boire du Passage se trouve plus à l'écart des autres en terme d'ichtyofaune et ceci probablement en raison d'une déconnexion très importante vis-à-vis du cours principal.

Les peuplements piscicoles des annexes sont moins diversifiés que dans la Loire ; cependant, les espèces rencontrés dans ces milieux sont très différents et en cela, il jouent un grand rôle dans la biodiversité de l'hydrosystème Ligérien.

Les boires amont semblent mieux fonctionner en terme de reproduction esocicole. Il serait donc intéressant de restaurer d'autres boires en appliquant les mêmes méthodes que dans ces annexes.

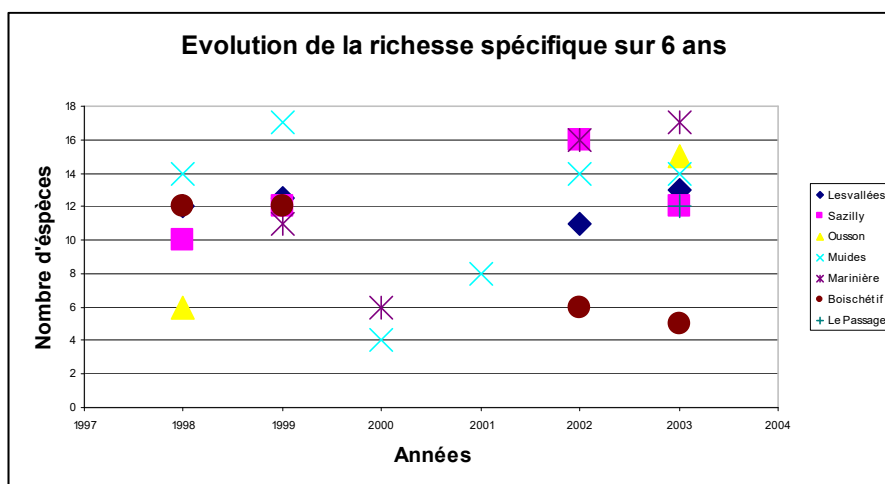


Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique dans les boires sur 6 années

Le graphique ne met pas en évidence une évolution favorable de la richesse spécifique au sein des boires. La boire de Bois Chétif montre même une diminution importante du nombre d'espèces. (12→5) Ces résultats sont à nuancer car il faut les mettre en relation avec l'hydrologie de la Loire qui ne permet pas toujours un ennoiment adéquat.

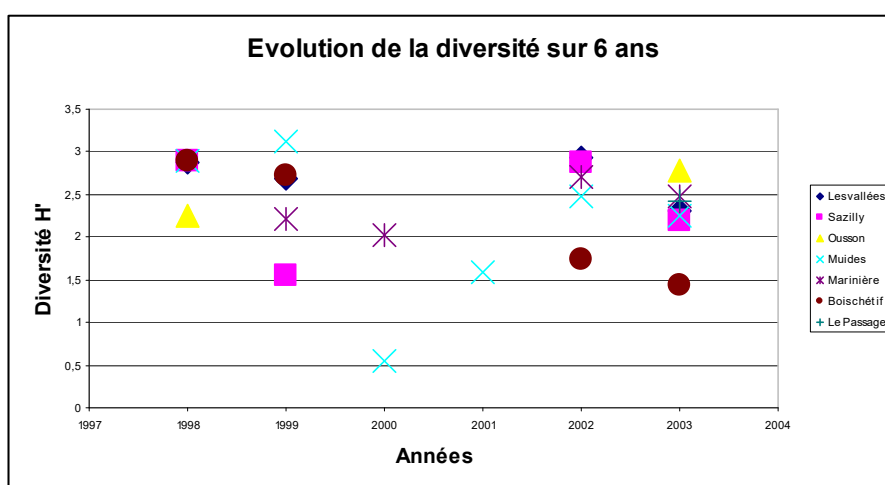


Figure 16 : Evolution de la diversité H' dans les boires sur 6 années

Le constat est le même en ce qui concerne l'indice de diversité H'. Les travaux n'ont pas permis de mieux structurer les populations piscicoles des annexes. Là encore, les interprétations doivent être nuancées par les débits et donc par les conditions d'enneigement qui varient chaque année.

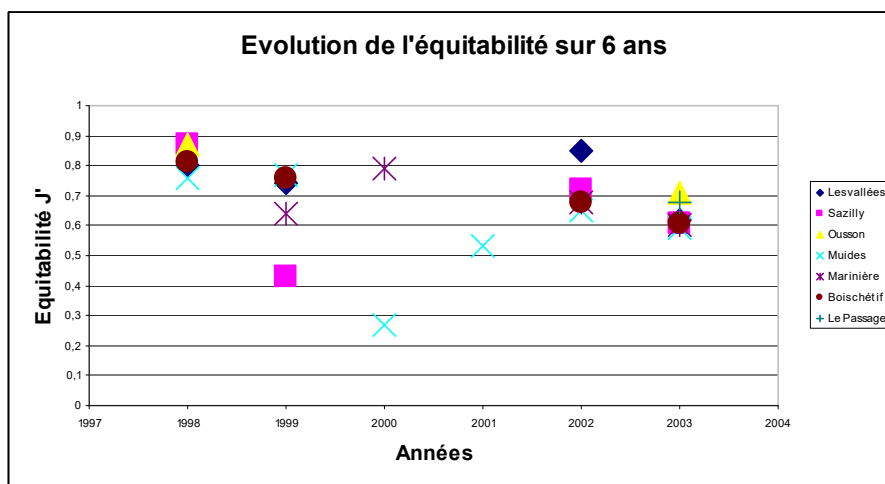


Figure 17 : Evolution de l'équitabilité J' dans les boires sur 6 années

(Voir annexe VII)

Mis à part quelques point isolés, l'équitabilité J' dans les annexes est restée élevée au cours de ces 6 dernières années. Les peuplements qui se développent sont en adéquation avec les conditions du milieu.

L'évolution des peuplements piscicoles ne permet pas de distinguer les aménagements à systématiser. En effet, la comparaison des sites restaurés et non restaurés ne met pas en évidence une différence significative.

De meilleurs résultats sont tout de même obtenus sur les boires amont, ce qui laisse penser que les aménagements réalisés sur ces sites sont bien adaptés. Ceci se vérifie surtout en terme de reproduction de brochets.

Le recul existant sur les travaux de restauration n'est pas encore suffisant pour juger et définir les bonnes pratiques. Les investigations doivent continuer pour permettre de recueillir des données supplémentaires (pour d'autres débits en Loire).

5. Les batraciens

Les informations collectées par les agents du CSP lors des prospections hebdomadaires, les relevés effectués par le CPNRC lors de l'expertise de 2002 ainsi que les inventaires réalisés dans le cadre d'études avant-projet sont synthétisés dans le tableau suivant:

Tableau 4 : Synthèse des observations concernant les batraciens dans les boires.
(en présence/absence)

	Vallées	Ousson	Muides	Marinière	Bois Chétif	Sazilly	Passage
Grenouille verte (<i>Rana esculenta</i>)							
Grenouille agile (<i>Rana dalmatina</i>)							
Grenouille rieuse (<i>Rana ridibunda</i>)							
Rainette arboricole (<i>Hyla arborea</i>)							
Crapaud commun (<i>Bufo bufo</i>)							
Triton palmé (<i>Triturus helveticus</i>)							
Triton crêté (<i>Triturus cristatus</i>)							

Les espèces rencontrées ne présentent pas un grand intérêt patrimonial, à l'exception du triton crêté signalé en amont de la boire de Muides.

En majorité, les urodèles ne fréquentent pas les milieux qui sont en connexion avec le cours principal (même si celle-ci est très brève). La cohabitation entre ces animaux et les poissons carnassiers est totalement impossible. C'est pourquoi, à l'avenir, il sera indispensable de réaliser un inventaire précis des espèces sur les sites n'ayant pas subi d'intervention. On peut supposer qu'il existe des populations intéressantes dans la mesure où les boires qui n'ont pas encore été restaurées sont fortement déconnectées du cours principal. Les exigences en terme d'habitat étant totalement opposées pour ces deux groupes faunistiques, il sera peut être nécessaire de modérer les aménagements à but piscicole.

Il pourrait également être intéressant de déterminer les pontes observées durant le suivi hebdomadaire par les agents du CSP. Etant donné qu'il n'y a pas de prospection pendant la période estivale, ces relevés seraient déjà une source d'informations non négligeables dans la connaissance des populations de batraciens dans les boires.

Une surveillance particulière devrait être mise en place par rapport à la présence de la grenouille taureau qui progresse rapidement en direction de ce secteur de Loire. Cette espèce pourrait causer d'importants dégâts dans les populations pisciaires car elle a pour mets favoris les alevins qui constituent l'essentiel de la population des boires.

VI. Préconisations afin d'améliorer le suivi des annexes

Les séries de données qui sont actuellement en notre possession ne sont pas encore assez significatives. Il faut donc continuer les analyses pour pouvoir avancer des conclusions significatives. Il est impératif de définir au mieux les modalités de prélèvement pour rendre comparables les données existantes et les futures données.

1. Les travaux d'aménagement

Cas particulier de la Vienne

La Vienne, sur laquelle se trouve la boire de Sazilly, abrite une espèce remarquable de macroinvertébrés qui avait été déclarée disparue et qui a été redécouverte récemment. Il s'agit d'une anodonte du nom de *Margaritifera auricularia*.

Cette espèce est présente sur 80 cours d'eau en France répartis sur 28 départements. C'est un animal qui vit dans un premier temps sous la forme de parasite (le plus souvent sur des salmonidés) et dont la durée de vie peut atteindre 100 ans. Depuis un siècle, 30 à 50% (données cochet, 1999) de la population a disparu. C'est pourquoi, elle fait aujourd'hui l'objet d'une attention particulière.

Sur la Vienne, *Margaritifera auricularia* (Grande mulette) est signalée au niveau de la Boire de "Sauvegrain", ce qui rend toute intervention sur cette boire impossible.

En effet, tous les entretiens et aménagements qui pourraient avoir un impact négatif sur l'habitat de la grande Mulette, sont interdites. La modification des boires à proximité des sites où se trouve la moule n'est pas envisageable car un changement dans la topographie de ces milieux pourrait provoquer une érosion ou un afflux de sédiments susceptibles d'affecter cette espèce. Par ailleurs, l'arasement du barrage de maison rouge sur la Creuse a provoqué le déplacement d'une importante langue de sédiments dont on ne connaît pas encore les effets sur les populations de *Margaritifera auricularia*.

La fédération de pêche de l'Indre-et-Loire désire pourtant réaliser des travaux d'entretien sur les boires de la Vienne. En 2003, après la parution d'un atlas cartographique localisant les populations, elle a sollicité l'avis de principe de la DIREN Centre du CSP et de l'EPPLGN pour lancer des avant-projets d'aménagement.

Généralités

Avant toute chose, il est indispensable de réaliser un état initial des boires qui doivent faire prochainement l'objet d'une restauration. Ces diagnostics, qui n'ont pas toujours été effectués dans le passé, permettront de proposer des aménagements adaptés et d'évaluer avec plus de précision l'impact des interventions après qu'elles aient eu lieu.

Les aménagements réalisés dans les boires visent à augmenter la productivité de ces secteur sur le plan piscicole et particulièrement des brochets (parlons simple). Pour ce faire, les projets se basent sur le module de la ligne d'eau afin d'offrir au brochet un tapis végétal et des conditions hydrauliques favorables à sa reproduction. Le module est une donnée statistique qui ne reflète pas les grandes variations que l'on peut observer d'une année sur l'autre. C'est pourquoi, il est important de diversifier la topographie des boires aussi bien pour le brochet que pour les groupements végétaux. De plus, cette valeur du module est calculée sur une période de 30 à 50 ans, alors que les conditions hydrauliques se sont considérablement

modifiées durant les vingt dernières années avec, notamment, un abaissement de la ligne d'eau très important de l'ordre de 1,5 m. Les hauteurs d'eau moyennes devraient ainsi être recalculées à partir des dix ou vingt dernières années.

La plupart du temps, les gestionnaires ont choisi de replacer les matériaux extraits au niveau des berges. Malheureusement, le volume des déblais peut rendre la pente des berges trop forte (ce n'est pas le cas partout). De plus, l'écart entre le niveau d'enracinement et le niveau de la nappe devient trop grand.

La pratique qui consiste à conserver la couche superficielle du substrat et à la régaler après les travaux sur le fond des annexes, doit être généralisée. En effet, cette technique permet une cicatrisation rapide des sites et une recolonisation par des espèces autochtones. Ceci évite le développement d'une végétation rudérale.

Si l'on compare l'écosystème à une pyramide, le brochet se situe effectivement au sommet de celle-ci. Ainsi, il est vrai que si l'on améliore le fonctionnement de tous les étages de cet édifice, les populations de brochets devraient retrouver un équilibre avec le milieu. Cependant, lorsqu'on agit directement sur les populations de brochets et que les effectifs augmentent, cela ne signifie pas que toutes les perturbations qui affectent l'écosystème sont supprimées.

Les aménagements ne doivent pas avoir pour but l'amélioration de l'état de santé d'une seule espèce. Ils doivent favoriser les échanges entre les compartiments pour redynamiser l'écosystème dans son ensemble.

Toutes les interventions, qu'il s'agisse d'un reprofilage ou du traitement sélectif de la végétation, doivent tenir compte des espèces végétales et animales présentes ainsi que du type d'habitat rencontré.

L'analyse des données existantes doit permettre d'évaluer l'efficacité des aménagements réalisés et de distinguer les types de boires qui ont évolué favorablement. Des travaux comme ceux de M. Prat en 1998 et de D. Pujol peuvent constituer une base dans les techniques de choix des sites à restaurer. (Voir annexe VIII)

1.1. Cadre réglementaire

L'ensemble du lit de la Loire est soumis à de multiples réglementations qui visent à orienter la gestion, afin de protéger et de promouvoir le patrimoine naturel et culturel.

A l'échelle des boires, les gestionnaires peuvent se trouver confrontés à des plantes ou des animaux protégés. Cette protection, qui peut être valable pour la région ou pour tout le territoire national, implique l'emploi de méthodes adaptées, garantissant la pérennité des espèces.

Ce fleuve fait partie du district hydrographique Loire-Bretagne. Les aménagements qui ont lieu dans son lit doivent donc être en accord avec les préconisations générales du SDAGE.

C'est dans le cadre du volet RMN (Restauration des Milieux Naturels) du PLGN que sont fixés les objectifs et les moyens de la restauration. (L'Equipe ne met en œuvre aucune politique).

A une échelle plus vaste, la Loire est inscrite dans le réseau européen Natura 2000. Les annexes hydrauliques qui jalonnent le cours principal comportent parfois des habitats particuliers, qualifiés d'habitats d'intérêt communautaire. Ces milieux peuvent abriter un grand nombre d'espèces animales et végétales, elles-mêmes, d'intérêt communautaire. Les travaux de restauration doivent donc prendre en compte les mesures de préservation ou de protection qui concernent ces habitats et ces espèces.

La Loire moyenne est également classée, depuis peu, au patrimoine mondial de l'UNESCO. A ce titre, les gestionnaires se doivent de tout mettre en œuvre pour conserver cette classification.

Toute cette réglementation doit être intégrée et respectée par les instances chargées de la gestion des annexes hydrauliques lors des opérations de restauration.

1.2. Le réseau Natura 2000

Mise en place et principe

La directive "oiseaux sauvages"

Dans les années 1970, les associations naturalistes et les scientifiques européens ont soulevé le problème de la réduction du nombre d'espèces vivant en Europe ainsi que la réduction des niveaux de populations de certaines espèces. La commission européenne a reconnu l'importance du phénomène et surtout, en raison d'un grand nombre d'espèces migratrices, elle a envisagé le problème d'une manière globale en indiquant que la protection devait se faire de façon transfrontalière.

Ainsi, la directive du 2 avril 1979, a pour objet de protéger et de gérer les espèces, tout en réglementant la chasse, la capture, la mise à mort et le commerce. Elle stipule que les mesures doivent être prises à un niveau qui corresponde aux exigences écologiques, scientifiques et culturelles, compte tenu des usages et des activités économiques.

La menace la plus grave qui pèse sur les oiseaux se trouve dans la destruction des milieux naturels ou semi naturels qui composent leurs habitats. La directive « Oiseaux » établit la création de Zones de Protection Spéciales (ZPS) permettant le maintien et le rétablissement d'une diversité et d'une superficie suffisante d'habitats. Une attention particulière a été portée aux zones humides.

La directive "habitats"

Cette dernière vient en complément de la directive oiseaux dans la mesure où elle élargit la gamme des milieux et des espèces à protéger. Elle s'articule en 16 articles qui énoncent les objectifs et les méthodes de la conservation et de la protection. En annexes figurent les listes d'espèces et d'habitats ainsi que les différents critères de sélection des sites et les diverses interdictions relatives aux espèces citées.

Le réseau de sites Natura 2000

Il est composé de sites visés par les deux directives précédentes. L'objectif est d'intégrer ces zones de protection dans le contexte socio-économique de chaque état membre. La mise en place de ce réseau, actuellement en cours dans l'hexagone, passe par trois grandes étapes, selon la chronologie suivante :

- 1992-1995: Etablissement d'une liste nationale des sites susceptibles d'être reconnus d'importance communautaire;
- 1995-1998: Etablissement d'une liste européenne des sites d'importance communautaire;
- 1998-2006: Incorporation des sites retenus au réseau Natura 2000.

L'ordonnance n°2001-321 du 11 avril 2001 précise le statut juridique du réseau Natura 2000. Celle-ci explique que l'objectif n'est pas de faire de ces sites des "sanctuaires de nature" mais d'adapter les activités humaines à une logique de conservation.

La directive habitat impose aux états membres la mise en place de mesures de conservations nécessaires. (Plan de gestion, mesures réglementaires administratives ou contractuelles).

La France privilégie actuellement l'approche contractuelle pour gérer les sites Natura 2000. Cette démarche doit être concrétisée par la réalisation de documents d'objectifs qui seront établis sous la responsabilité des préfets de département. Ces documents devront définir les orientations de gestion et les mesures de conservations contractuelles, voire éventuellement des mesures réglementaires. Des contrats administratifs (contrats Natura 2000,) seront passés avec chaque acteur pour leur permettre de bénéficier de rémunérations appropriées au manque à gagner et aux prestations et aux services rendus à la collectivité.

Opérateurs NATURA 2000 en région Centre

A ce jour, la DIREN Centre a mandaté un opérateur pour la réalisation des documents d'objectifs:

- Le bureau d'étude Biotope pour les départements du 18, 37 et 45
- En 2003, le Loir-et-Cher n'a pas encore d'opérateur du document d'objectifs NATURA 2000

Les espèces et les habitats d'intérêt communautaires dans les boires

Voici la liste des espèces piscicoles d'intérêt européen qui sont présentes en région Centre et qui pourraient être rencontrées dans ou à proximité des boires:

- | | |
|---|--|
| - Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) | - Lamproie de Planer (<i>Lampetra planeri</i>) |
| - Alose feinte (<i>Alosa fallax</i>) | - Bouvière (<i>Rhodeus amarus</i>) |
| - Grande Alose (<i>Alosa alosa</i>) | - Loche d'étang (<i>Misgurnus fossilis</i>) |
| - Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>) | - Loche de rivière (<i>Cobitis taenia</i>) |
| | - Chabot (<i>Cottus gobio</i>) |

Voici la liste des habitats et des autres espèces d'intérêt communautaires également susceptibles d'être rencontrés dans les boires:

- | | |
|---|------------------------------------|
| - Végétations aquatiques: | - Castor |
| - Végétations des grèves | - Triton crêté |
| - Forêts de bois tendre | - Cuivré des marais |
| - Formations à hautes herbes (Mégaphorbiaies) | - Héron pourpre, Martin-pêcheur... |
| - Loutre | - Ache rampante |

1.3. Concordance des travaux avec le réseau Natura 2000

D'après le travail de Paul Cassagnes, réalisé en 2001, il est possible de proposer des méthodes de restauration des milieux aquatiques ligériens en accord avec les préconisations du réseau Natura 2000.

Le tableau suivant montre les impacts potentiels des travaux d'entretien sur les Habitats et les espèces d'intérêt communautaire.

Tableau 5 : Impact potentiel des travaux d'entretien dans les boires.

(d'après P. Cassagnes, 2001)

Code N2000	Habitats et espèces d'intérêt communautaire	Entretien des boires			
		Reconnexion Reprofilage	Dévégétalisation Scarification	Entretien de la végétation des abords	Enlèvement des encombres
3140-1	Végétation benthique à characées				
3150-4	Végétation aquatique de l' <i>hydrocharition</i>				
3130-3	Végétation de grèves: Nanocyperion				
3270-1	Végétation des grèves: <i>Bidention</i>				
3270-2	Végétation des grèves: <i>Chenopodion rubri</i>				
6431	Mégaphorbaies et lisières				
91E0	Forêt alluviale de bois tendres				
91F0	Forêt alluviale de bois durs				
1337	Castor d'Europe (<i>Castor fiber</i>)				
1355	Loutre d'Europe (<i>Lutra lutra</i>)				
1166	Triton crêté (<i>Triturus cristatus</i>)				
1134	Bouvière (<i>Rhodeus sericeus amarus</i>)				
1060	Cuivré des marais (<i>Lycaena dispar</i>)				
1614	Ache rampant (<i>Apium repens</i>)				
	Avifaune fréquentant les boires (Aigrette garzette, Héron pourpré, Martin pêcheur, etc.)				

N.B : Les cases grisées indiquent la potentialité d'un impact négatif significatif.

Préconisations générales:

Pour préserver un maximum de diversité, il est indispensable de respecter la forme bosselée des profils en long. Il faut maintenir les point hauts ainsi que les points bas.

Une bonne connaissance du fonctionnement hydrique est également indispensable. En effet, les boires sont alimentées directement par la Loire ou par l'intermédiaire de la nappe alluviale. Le maintien de certaines pièces d'eau pendant l'étiage peut être dû à la présence d'un substrat argileux ; il conviendra pour ces secteurs de ne pas recreuser afin d'éviter les phénomènes de drainage qui bouleverseraient le milieu.

Lors d'interventions sur les boires, il est important de prendre le maximum de précautions pour éviter la prolifération d'espèces telle que la jussie. Cette dernière peut coloniser parfois, de façon alarmante, ce type de milieu.

Lors des opérations de dévégétalisation et de scarification, la totalité des salicacées sont supprimées. Or, elles constituent une source d'alimentation pour le castor (*Castor fiber*) et une zone de refuge pour la bouvière en période de hautes eaux. Il conviendrait donc de conserver quelques salicacées buissonnantes pour préserver l'habitat de ces deux espèces.

Il n'est pas nécessaire de reconnecter toutes les boires entre elles. En effet, les plus anciennes et les plus éloignées du lit mineur peuvent constituer un habitat de choix pour le triton crêté (*Triturus cristatus*). La présence de ces batraciens est totalement incompatible avec celle des poissons carnassiers, et la connexion de ces pièces d'eau entraînerait leur disparition.

En ce qui concerne l'entretien de la végétation, les actions comme le débroussaillage ou l'élagage ne doivent pas être systématiques. La végétation rivulaire fait le lien entre le milieu terrestre et aquatique ; elle joue un grand rôle en terme de biodiversité. Les conditions hydrauliques étant moins contraignantes dans les annexes, l'entretien de la ripisylve doit être moins marqué.

Les encombres qui ne présentent pas de risque d'atterrissement et qui n'obstruent pas plus de la moitié de la section sont à conserver car elles représentent des habitats très biogènes.

Il faut, dans la mesure du possible, favoriser l'alternance de zones d'ombre et de zones éclairées pour encourager le développement de la végétation aquatique.

Lors des phases d'état initial, les gestionnaires doivent porter une attention toute particulière à l'identification et au repérage des espèces et des habitats d'intérêt communautaire.

2. Le suivi phytoécologique

Les méthodes de suivi qui sont mises en œuvre actuellement semblent être adaptées au contexte. Malheureusement, ce compartiment évolue très lentement et il est délicat de tirer des enseignements à partir d'une si courte série de données. Il est indispensable de définir clairement le protocole d'échantillonnage afin de le reproduire, le plus fidèlement possible, d'une année à l'autre. En particulier, les transects doivent être réalisés exactement au même endroit.

L'impact des aménagements n'est pas encore bien connu mais il est d'ores et déjà possible d'encourager certaines pratiques.

Par exemple, il serait intéressant de tenir compte des espèces patrimoniales identifiées comme support de ponte dans la composition des semis qui sont utilisés lors de l'engazonnement. L'annexe V est un exemple de semis.

Afin de visualiser les grandes évolutions dans les peuplements végétaux, il pourrait être intéressant d'utiliser les cartes de végétation du SIEL et de comparer les différentes campagnes de photos.

3. Le suivi du Zooplancton et des macroinvertébrés

3.1. Le zooplancton

Les prospections devraient être plus poussées en ce qui concerne le zooplancton. En temps que premier relais trophique dans la croissance des alevins et comme caractéristique propre de chaque site, l'étude du zooplancton se révèle très intéressante. Les échantillons devront être prélevés par remplissage d'une bouteille puis par filtration du contenu. Ces mesures devront être faites d'une part, dans la zone centrale la plus profonde et d'autre part, en zone littorale, sous une profondeur de 10-15 cm comme le préconise V. Porteret dans son rapport de septembre 1997. La méthode employée par SCE convient tout à fait mais, là encore, il serait profitable de renforcer les investigations lorsque les brochetons adoptent le régime planctophage.

Comme il n'existe que très peu de donnée concernant les populations de macroinvertébrés et de zooplancton des boires avant les travaux, il serait intéressant de procéder à un échantillonnage sur les sites qui n'ont pas encore été restaurés. (Boire d'Ousson et du Passage).

3.2. La macrofaune benthique

Lorsqu'il s'agit de caractériser la population de macro invertébrés dans les boires, le nombre de prélèvements ainsi que le niveau de détermination nécessaire est extrêmement élevé. En effet, si l'on se réfère aux travaux de M. Bacchi sur la Loire, il faudrait réaliser 16 prélèvements d'1/20 m² dans le cas d'une analyse à la famille et 20 prélèvements dans le cas d'une analyse au genre. Le travail réalisé actuellement par le bureau d'étude SCE est un bon compromis entre le coût et les résultats obtenus. Il permet de caractériser les populations macrobenthiques du point de vue qualitatif et quantitatif. Ces investigations doivent être poursuivies.

En revanche, si l'on se cantonne à décrire les populations présentes lors de la phase entomophage des brochetons, et c'est ce qui intéresse les agents du CSP, les moyens à mettre en œuvre sont moins importants.

L'élaboration d'un protocole permettant de suivre les populations des annexes pourrait s'articuler ainsi: dans un premier temps, il s'agirait de réaliser une cartographie précise des sites en terme d'habitats macro benthiques. Ensuite, il faudrait définir les habitats à prospecter chaque année ainsi que le matériel à utiliser (épuisette de maille fine). Enfin, la détermination pourrait se faire sur le terrain en allant jusqu'à la

famille. Sachant que les hauteurs d'eau, et donc les habitats, sont très variables au cours du temps, il faudrait pouvoir adapter l'échantillonnage chaque année.

La période de prélèvement doit être fixée en fonction du régime alimentaire des brochetons. Celui-ci devient entomophage courant avril, c'est pourquoi deux, voire trois, prélèvements seraient nécessaires durant ce mois. A ce sujet, les AFC réalisées par Nina Dieu en 1997 ont montré que les périodes les plus favorables à l'échantillonnage des macroinvertébrés étaient le mois d'avril et le mois de juin. Ce qui correspond tout à fait avec notre problématique.

Une poursuite des prélèvements pendant la période d'étiage n'aurait pas grand intérêt dans la mesure où les peuplements se caractérisent alors par des espèces limnophiles. Les familles d'odonates, de coléoptères et d'hétéroptères sont alors très bien représentées.

Il serait intéressant de connaître précisément le régime alimentaire des brochetons à cette période pour mettre en évidence certaines carences..

4. Le suivi piscicole et batracologique

Même si ce n'est pas l'objet du suivi, quelques questions pourraient être éclaircies. En effet, on ne connaît pas bien la distance parcourue par le brochet pour venir jusque dans les annexes. Cette information permettrait peut-être d'orienter les restaurations de boires en fonction de la distance entre les sites fonctionnels.

Les brochets remontent la frayère d'aval en amont : c'est le phénomène d'appel. Il serait intéressant de définir plus précisément ce phénomène en indiquant les conditions physico-chimiques et hydrologiques qui déclenchent la migration.

Un problème important est posé quant à la comparabilité des pêches électriques. Les sondages en Loire sont réalisés selon le protocole RHP. Il est donc aisé de les mettre en relation. En revanche, au niveau des annexes, les conditions de prélèvement sont assez aléatoires. Dans la mesure où l'effet de concentration et de prédation modifie considérablement les relevés piscicoles, il serait peut-être opportun de fixer une limite en terme de surface mouillée. Ainsi, les pièces d'eau inférieures à 100m² ne devraient pas être prospectées pour ne pas introduire trop de biais dans l'échantillonnage.

5. Le suivi des paramètres physico-chimiques

L'alimentation hydrique des boires peut avoir plusieurs origines qui sont: le cours principal, les nappes souterraines et les apports de versant. La composition physico-chimique des eaux résulte de l'interaction de ces trois sources. Malheureusement, actuellement, on ne connaît pas avec précision ces modalités d'apport. Il est donc délicat d'interpréter les résultats.

Les paramètres mesurés lors du suivi comme la température ou la conductivité apportent quelques éléments de réponse mais ils ne sont pas suffisants pour quantifier le rôle de chaque masse d'eau.

Le suivi des températures réalisé par les agents du CSP est très important dans la compréhension de ces phénomènes. Il doit donc être poursuivi.

D'un autre côté, afin d'évaluer la qualité de l'ensoleillement et pour juger de l'activité photosynthétique, il faudrait mesurer les variations nyctémérales de la concentration en O₂.

6. Homogénéisation des rendus cartographiques

Il est nécessaire d'harmoniser les représentations cartographiques dans le but de rendre comparable les travaux dans le temps et l'espace.

Plusieurs formats sont à notre disposition afin de mieux représenter les boires:

- Les fonds de carte IGN: les cartes au 25000^{ème} sont issues de l'interprétation de photos aériennes parfois anciennes et le lit de la Loire subit de rapides transformations.
- Les données du S.I.E.L. (Système d'Information sur l'Evolution du Lit de la Loire) : Les cartes de la géodynamique et de la végétation issues des différentes campagnes de photos aériennes peuvent être utilisées. La précision est plus grande car les images fournissent des informations au 10000^{ème}.
- Les photographies aériennes de l'IGN ou de la DIREN Centre.
- Les relevés topographiques, lorsqu'ils existent, peuvent être très précis. Ils peuvent provenir de la base de donnée bathymétrie/topographie du SIEL. Une actualisation de ces relevés est programmée dans le suivi 2004-2005.
- Les plans de situation et les schémas. Ils sont en général plus précis car l'échelle est encore plus fine mais leur positionnement n'est pas géo-référencé. La comparaison entre les relevés du CSP, de l'EPPLGN et des bureaux d'études s'en trouve compromise.

Il semble que les données fournies par le SIEL soient adaptées à la problématique. En effet, les campagnes de mesures sont régulièrement actualisées et les cartes sont géo-référencées. Cependant, l'échelle reste trop petite dans la mesure où les groupements végétaux des boires peuvent se limiter à quelques mètres carrés. Il est également délicat de visualiser une station de plante protégée.

Le bureau d'étude chargé du suivi 2004-2005 ainsi que le CSP devraient définir des fonds de cartes communs à partir de photos aériennes géo-référencées qui auraient subi une légère augmentation d'échelle.

Le moyen le plus efficace de cartographier les boires serait de réaliser un relevé topographique précis en spécifiant les coordonnées Lambert pour chaque point. A ce sujet, une consultation a été lancée pour cet automne.

Conclusion

Les pêches électriques effectuées en Loire moyenne depuis une quinzaine d'années mettent en évidence une forte **régression des populations de brochets**.

Les spécialistes ont rapidement compris qu'il ne s'agissait pas d'un déficit au niveau du nombre de géniteurs mais bien d'un manque de surfaces pouvant être utilisées comme frayères.

La raison principale de cette diminution de fonctionnalité est un **abaissement considérable de la ligne d'eau** durant les trente dernières années. (de l'ordre de 1.5m)

Ce nouveau problème dans la géodynamique du fleuve est apparu suite à la modification des activités humaines. **L'extraction massive de granulats** dans le lit mineur est l'une des causes principales du déséquilibre.

Certains aménageurs auraient plutôt tendance à promouvoir le principe de **non intervention** ("Laisser faire la nature") dans les situations où l'écosystème dispose d'une certaine **résilience**. Malheureusement, dans le contexte ligérien, les processus ne semblent pas toujours être **réversibles** sans une intervention de l'homme.

Dans le cadre du programme de **Restauration des Milieux Naturels** du Programme Interrégional Loire Grandeur Nature*^o+ l'Equipe Pluridisciplinaire a engagé un suivi des annexes hydrauliques.

L'évolution de cinq **sites pilotes**, qui ont été restaurés à la fin des années 90, a été analysée afin d'améliorer les connaissances sur ces milieux complexes et de proposer des méthodes de **restauration** applicables à l'ensemble de la Loire moyenne

Il ne s'agit pas d'aménager totalement ces annexes mais plutôt de leur redonner une dynamique en adéquation avec les nouveaux paramètres géomorphologiques afin de garantir **l'auto-entretien**.

Mon rôle dans cette problématique était de réaliser une synthèse des informations existantes et de proposer une **amélioration des méthodes de suivi** de manière à optimiser les données et permettre une gestion appropriée des boires.

Les premiers résultats de l'étude ont permis de mettre en évidence la fonctionnalité des sites restaurés. Cependant, il n'existe pas encore un impact significatif sur les populations de la Loire. L'étude des boires d'Ousson et du Passage a permis de montrer que des sites à forte potentialité en terme de morphologie souffraient des **problèmes de connexion**.

L'étude des populations piscicoles présentes dans les boires permet de mettre en évidence une différence significative entre ces milieux et le cours principal. Même si les peuplements sont moins diversifiés dans les annexes, ils se composent d'espèces que l'on ne retrouve pas forcément dans la Loire et en cela, ils **contribuent à la biodiversité**. Les peuplements des annexes présentent très souvent une bonne structuration ce qui se traduit par une **équitabilité élevée**.

Les évolutions dans le temps ne sont pas encore significatives en raison d'un **trop faible recul**. Il est indispensable de poursuivre les investigations pour affiner les connaissances sur les modes de fonctionnement des annexes et proposer des aménagements adaptés. Le maintien des populations de brochet en Loire dépend uniquement de la restauration de ces annexes fluviales.

Même si les conclusions ne sont pas très significatives, ces investigations ont permis d'améliorer les connaissances sur la biologie du brochet et sur l'imbrication des différents compartiments de l'écosystèmes.

Bibliographie

- **ADESVV** (Bacchi M., Dieu N., Berton J.P.), 1998. *Site de Ousson-Chatillon, prélèvements de macroinvertébrés benthiques, résultats de la campagne 1998*. 22p..
- **Amoros C., Bornette G., Henry C.P.**, 2000. *Environmental auditing. A vegetation-based method for ecological diagnosis of riverine wetlands*. In *Environmental Management* Vol. 25, N°2, PP.211-227.
- **Barbeillon J., Maubert Ph., Baccchi M.**, 2001. *Suivi et évaluation des impacts des aménagements réalisés en 1997 sur les écosystèmes de la Loire à Chaumont et Rilly (Loire et Cher)*. CDPNE et DDE41. 43p..
- **BETURE-SETAME**, 1990. *Etude globale d'environnement de la Loire: Tome I*. EPALA.
- **Billard R.**, 1983. *Le Brochet: Gestion dans le milieu naturel et élevage*. INRA Paris. 371p..
- **Bodineau C.**, 1998. *Définition d'un programme de restauration des annexes hydrauliques d'intérêt hydro-écologique majeur sur la Loire en Maine-et-Loire*. EPPLGN, rapport de stage de MST Aménagement et mise en valeur des régions (Rennes). 58p..
- **Bornette G., Piegay H., Citterio A., Amoros C., Godreau V.**, 2001. *Aquatic plant diversity in four river floodplains: a comparaison at two hierarchical levels*. In *Biodiversity and conservation* 10. P.1683-1701.
- **Bouchardy C.**, 2002. *La Loire: Vallées et vals du grand fleuve sauvage*. Delachaux et Niestlé. 287p..
- **Cassagnes P.**, 2001. *Préservation des espèces et habitats d'intérêt communautaire dans les opérations restauration et d'entretien du lit de la Loire moyenne*. EPPLGN, rapport de stage de DESS Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe (Tours).144p..
- **CDPNE 41**, 1996. *Analyse environnementale des travaux de restauration, Muides sur Loire - St Dyé sur Loire*. 37p..
- **Chancerel**. (CSP DR4), 1998. *Le brochet, biologie et gestion, cahier technique "mise au point"*. Document provisoire. 12p..
- **Clerc J.**, 1987. *Pour une nouvelle gestion du brochet. Etude comparative de l'élevage du brochet dans six fédérations du nord de la France. Aménagements de frayère*. Mémoire de Maîtrise Aménagement du territoire. 88p..
- **CNRPC**, 2002. *Expertise sur les amphibiens des zones humides de la Loire moyenne. Etat actuel des populations*. 15p..
- **Cochet G.**, 1996. *Le statut des margaritiferae de France (Mollusca: bivalvia: unionacea: margaritiferae)*. p. 27-31.
- **Cochet G.**, 2001. *Margaritifera auricularia sur le cours de la Vienne, Bilan des connaissances impact des aménagements gestion et protection*. 23p..

- **CPNRC**, 1996. *Evaluation écologique et définition d'objectifs de gestion pour un site de la Loire: "Les Vallées" à Couargues (18)*. Programme Life Loire Nature (Orléans). 22p..
- **Craig J. F.**, 1996. *Pike: biology and exploitation*. Chapman et Hall. Fish and Fisheries. p.19-298.
- **CSP-CL DR4**, 1998. *Suivi hydrobiologique et piscicole des annexes hydrauliques aménagées en Loire moyenne, département du Loir-et-Cher, évaluation 1998*. 38p..
- **CSP-CL DR4**, 1999. *Frayère d'Ousson sur Loire, Commune d'Ousson sur Loire (45) Etat hydraulique, végétal et piscicole*. 25p..
- **CSP-CL DR4**, 1999. *Suivi hydrobiologique et piscicole - Saison 1999. Frayère de la Marinière, Rilly-sur-Loire (41)*. 23p..
- **CSP-CL DR4**, 2002. *Programme de suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et ses principaux affluents. Evaluation de leur fonctionnalité et de leur biodiversité. Volet piscicole*. 140p..
- **CSP-CL DR4**, 2002. *Suivi des annexes hydrauliques restaurées, département du Loir-et-Cher, année 2001. La Marinière (Rilly sur Loire) et La Petite Loire (Muides sur Loire)*. 18p..
- **CSP-CL DR4, EPPLGN**, 1995. *Restauration de la Petite Loire à Muides. Examen hydrologique et piscicole*. 13p..
- **DDE 37 (Lasserre A., Le Floch P.), IMACOF (Bacchi M., Berton J.P.)**, 1997. *Chantier expérimental Loire Moyenne, restauration de l'annexe hydraulique du Bois Chétif, commune de la Chapelle sur Loire. Document après travaux, préparé pour la visite de l'association Française des Ingénieurs Ecologues du 18 juin 1997*. 23p..
- **DIREN Centre**, 1997. *Etudes hydrauliques d'évaluation des travaux dans le lit de la Loire, Ousson/Loire, Châtillon/Loire. Analyse locale, objectifs, modélisation et scénarios étudiés*. 46p..
- **DIREN Centre**, 1997. *Etudes hydrauliques d'évaluation des travaux dans le lit de la Loire, Ousson/Loire, Châtillon/Loire, Le Bec d'Allier, Marseille-lès-Aubigny. Hydrologie et morphologie comparées des sites*. 28p..
- **DIREN Centre**, 2001. *Natura 2000: Directive Habitats. Les Milieux et espèces d'intérêt européen connus en région Centre*.
- **Fédération de pêche d'Indre et Loire**, 1996. *Restauration de la frayère de Sazilly sur la Vienne*. 60p.. avec le soutien de CSP Cellule plan Loire, du Conseil Général d'Indre-et-Loire, de la Région Centre, de l'AELB et de la DDAF 37.
- **Housset B., Chupin R. (CSP-CL DR4)**, 1997. *Boire du Passage, Saint-Rémy-La-Varenne (49). Rétablissement de la communication avec la Loire*. 13p..
- **Housset B., Chupin R. (CSP-CL DR4)**, 1997. *Projet d'aménagement d'une frayère à brochet. Commune de Couargues (18) - Les Vallées*. 51p..
- **IMACOF (M. Bacchi, J.P. Berton, T. Cornier)**, 1996. *Chantier expérimental Loire moyenne, Avant-projet pour la réalisation des travaux 1996. Site de la Capelle sur Loire: Frayère de Bois Chétif*. 98p..
- **IMACOF**, 1996. *Chantier expérimental Loire moyenne, Avant-projet pour la réalisation des travaux. Site de la Capelle sur Loire: Frayère de Bois Chétif*. 44p..
- **Leclerc B.**, 1996. *Les principales frayères à brochets de la Loire moyenne. Rapport de stage CSP-Cellule Opérationnelle Plan Loire*. 43p..

- **Lefert C., CDPNE 41, INAPG** (Institut National Agronomique Paris-Grignon), 1989. *Pré-étude d'aménagement écologique et piscicole de la "Petite Loire" (Loir et Cher)*. 137p..
- **Minster A.M.**, 1997. Etude de la productivité de frayères à brochets (*Esox lucius* Linné, 1758). Analyse des résultats obtenus sur dix-neuf stations du Nord-Est de la France.. DESS Eaux continentales, pollutions et aménagement. Besançon. 50p..
- **Moy J.**, 2000. *Influence de la couverture forestière sur la fonctionnalité et la biodiversité de quelques annexes fluviales de la Loire moyenne*. EPPLGN, Rapport de stage de D.E.S de Sciences de l'Environnement à la Fondation Universitaire Luxembourgeoise. 69p..
- **Piégay H., Bornette G., Citterio A., Hérouin E., Moulin B., Statiotis C.**, 2000. *Channel instability as a control on silting dynamics and vegetation patterns within perifluvial aquatic zones*. In Hydrol. Process. N°14. p.3011-3029.
- **Porteret V., Degiorgi F., Compagnat P., Froment B.** (CSP DR de Lyon), 1997. *La reproduction du brochet, Investigations 1997. Validation des méthodes sur quelques sites et proposition d'un observatoire du brochet sur la Saône et la basse vallée du Doubs*. 38p. + annexes.
- **Prat M.**, Sept. 1998. *Mise au point d'un appui méthodologique pour la restauration végétale des annexes hydrauliques d'intérêt piscicole majeur, sur la Loire et ses principaux affluents*. EPPLGN, rapport de stage de DESS "Espace et Milieux" Paris 7. 99p..
- **Proust C.**, 2000. *Programme de suivi des annexes fluviales restaurées sur la Loire et ses principaux affluents. Evaluation de leur fonctionnalité et de leur biodiversité*. EPPLGN, Association des étudiants en DESS IHCE (Tours). 30p..
- **Pujol D.**, 1999. *Suivi de la végétation des annexes hydrauliques et proposition d'un guide technique pour leur restauration*. EPPLGN, rapport de stage de DESS IHCE (Tours). 65p..
- **Robin O.**, 1995. *Etude de la macrofaune benthique en Loire, mise en place de stratégie de prélèvement et d'inventaire par les substrats artificiels*. Mémoire de stage de fin d'étude en MST IMACOF. 61p..
- **SAGE** (Société Anonyme Gestion de l'Environnement), 1999. *Restauration du lit dans le secteur de Saint-Rémy-La-Varenne, principes d'aménagement*. 118p..
- **SCE** (Bureau d'études), 2002. *Suivi de fonctionnement de cinq annexes hydrauliques restaurées sur la Loire et la Vienne*. EPPLGN. 77p..
- **SOGREAH ingénierie**. 1997. *Travaux d'entretien et de restauration du lit de la Loire et des ouvrages. Communes d'Ousson/Loire, Chatillon/Loire et de Briare (Loiret). Demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau*. 36p..
- **Steinbach P.**, 1998. *La restauration des annexes fluviales de la Loire et de ses affluents*. Eaux libres N°26. 13p..
- **Willm L.**, 1999. *Prise en compte de la biodiversité dans l'étude, la gestion et la restauration des annexes fluviales en France et en Europe*. EPPLGN, rapport de stage de DESS Ingénierie des Hydrosystèmes continentaux en Europe (Tours). 109p..

Table des matières

Sommaire	1
Résumé	3
Summary	4
Liste des abréviations	7
Introduction	8
I. Cadre de l'étude	9
1. Bassin Versant et historique des aménagements sur la Loire	9
1.1. Le fleuve et son contexte	9
La Loire des montagnes	9
La Loire bourguignonne	9
La Loire moyenne	9
La Loire dans l'estuaire	9
Contexte actuel	10
1.2. Localisation du secteur d'étude	10
1.3. Topographie, géologie et hydrogéologie	11
1.4. Facteurs climatiques	11
1.5. Occupation du sol	11
1.6. Hydrologie	12
1.7. Aménagements	12
2. Le contexte partenarial	13
2.1. L'Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature	13
Création de la structure	13
Le programme interrégional Loire Grandeur Nature	14
Budget de l'Equipe	14
Programme de restauration des annexes hydrauliques	15
2.2. Les autres acteurs impliqués dans l'étude	15
L' EP Loire (anciennement EPALA)	15
L'état et les régions	15
L'agence de l'eau Loire-Bretagne	15
Le CSP	15
La DIREN Centre	16
CPNRC (Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre)	16
Conseils généraux	16
Collectivités locales	16
3. Les annexes étudiées	16
3.1. Généralités et choix des sept sites	16

3.2. Description des sites	19
Boire des Vallées sur la commune de Couargues (18)	19
Localisation:	19
Situation administrative et mesures de conservation:	19
Géologie:	19
Hydrologie et hydraulique:	19
Description du site:	19
Intérêts biologiques:	20
Boire d'Ousson-sur-Loire (45)	21
Localisation:	21
Géologie:	21
Situation administrative et mesures de conservation:	21
Hydrologie et hydraulique:	21
Description du site:	21
Intérêts biologiques:	22
Boire de Muides-sur-Loire (45)	23
Localisation:	23
Situation administrative et mesures de conservation:	23
Géologie:	23
Hydrologie et hydraulique:	23
Description du site:	24
Intérêts biologiques:	25
Boire "La Marinière" à Rilly-sur-Loire (41)	25
Localisation:	25
Situation administrative et mesures de conservation:	26
Géologie:	26
Hydrologie et hydraulique:	26
Description du site:	26
Intérêts biologiques:	27
Boire de Bois Chétif à la Chapelle-sur-Loire (37)	27
Localisation:	27
Situation administrative et mesures de conservation:	27
Géologie:	27
Hydrologie et hydraulique:	28
Description du site:	28
Intérêts biologiques:	28
Boire de Sazilly sur la Vienne (37)	29
Localisation:	29
Situation administrative et mesures de conservation:	29
Géologie:	29
Hydrologie et hydraulique:	29
Description du site:	30
Intérêts biologiques:	30
Boire du Passage à St-Rémy-La-Varenne (49)	31

Localisation	31
Situation administrative et mesures de conservation:	31
Géologie	31
Hydrologie et hydraulique	31
Description du site	32
Intérêts biologiques	32
II. Les objectifs de l'étude	34
<i>1. Définitions relatives à l'hydrosystème</i>	<i>34</i>
<i>2. Fonctions des annexes</i>	<i>35</i>
<i>3. Causes de dysfonctionnements</i>	<i>35</i>
3.1. L'extraction de granulats en lit mineur	35
3.2. La construction d'ouvrages de navigation.	36
3.3. La modification de l'occupation du sol depuis 1950.	36
<i>4. Objectif de restauration: La fonctionnalité</i>	<i>37</i>
<i>5. Prise en compte de la biodiversité</i>	<i>38</i>
III. Méthodologie	39
<i>1. Cadre de l'étude et recueil de données</i>	<i>39</i>
<i>2. Le protocole actuellement mis en œuvre</i>	<i>40</i>
2.1. Suivi de l'ichtyofaune	40
2.2. Suivi de la macrofaune benthique et du zooplancton	40
2.3. Suivi de la végétation	41
2.4. Suivi des paramètres physico-chimiques	41
IV. Bilan des travaux réalisés et situation actuelle dans les sept boires	42
<i>1. Principe d'intervention</i>	<i>42</i>
<i>2. Situation dans les boires</i>	<i>43</i>
2.1. les Vallées	43
2.2. Ousson-sur-Loire	44
2.3. Muides-sur-Loire	45
2.4. La Marinière	46
2.5. Bois Chétif	47
2.6. Sazilly	49
2.7. Le Passage	50
V. Résultats du suivi des annexes	51
<i>1. Les paramètres physico-chimiques</i>	<i>51</i>
1.1. Les nutriments	51
1.2. La conductivité	51
1.3. Le pH	51
1.4. L'oxygène dissous	51
1.5. La température	52
1.6. Bilan sur chaque boires	52
<i>2. Les données phytoécologiques</i>	<i>52</i>
2.1. Espèces patrimoniales	52

2.2	Espèces bioindicatrices	54
2.3.	Caractérisation des supports de ponte	54
3.	<i>Les invertébrés aquatiques</i>	57
3.1.	Suivi des macroinvertébrés	57
	Suivi des agents du CSP:	57
	Analyses réalisées par SCE:	58
3.2.	Suivi du zooplancton	59
4.	<i>Les données piscicoles</i>	60
4.1.	La diversité des sources et formats de données	60
4.2.	Le Brochet: Bioindicateur de l'état de santé de l'écosystème	61
	Biologie du Brochet	62
4.3.	L'analyse des données piscicoles	63
	Analyse globale de la population	63
	Occurrence des espèces	64
	Analyse synchronique	67
	Analyse diachronique	70
5.	<i>Les batraciens</i>	72
VI.	Préconisations afin d'améliorer le suivi des annexes	73
1.	<i>Les travaux d'aménagement</i>	73
	Cas particulier de la Vienne	73
	Généralités	73
1.1.	Cadre réglementaire	74
1.2.	Le réseau Natura 2000	75
	Mise en place et principe	75
	La directive "oiseaux sauvages"	75
	La directive "habitats"	75
	Le réseau de sites Natura 2000	75
	Opérateurs NATURA 2000 en région Centre	76
	Les espèces et les habitats d'intérêt communautaires dans les boires	76
1.3.	Concordance des travaux avec le réseau Natura 2000	77
	Préconisations générales:	78
2.	<i>Le suivi phytoécologique</i>	78
3.	<i>Le suivi du Zooplancton et des macroinvertébrés</i>	79
3.1.	Le zooplancton	79
3.2.	La macrofaune benthique	79
4.	<i>Le suivi piscicole et batracologique</i>	80
5.	<i>Le suivi des paramètres physico-chimiques</i>	80
6.	<i>Homogénéisation des rendus cartographiques</i>	81
	Conclusion	82
	Bibliographie	83
	Table des matières	86
	Liste des figures et des tableaux.	90
	Annexes	91

Liste des figures et des tableaux.

Figure 1 : Equilibre dynamique des hydrosystèmes. (Selon LANE, 1955)	36
Figure 2 : Schématisation de l'écosystème. (D'après Verneaux in PESSON, 1976).....	61
Figure 3 : Occurrence des espèces piscicoles dans les pêches électriques.....	64
Figure 4 : Evolution des effectifs de spirilins et d'ablettes sur 15 ans.	64
Figure 5 : Evolution des effectifs de chevaines sur 15 ans.	65
Figure 6 : Evolution des effectifs de carpes sur 15 ans	65
Figure 7 : Evolution des effectifs de perches soleil et de poissons chat sur 15 ans.	65
Figure 8 : Evolution des effectifs de brochets sur 15 ans.....	66
Figure 9 : Evolution des effectifs de silures sur 15 ans.....	66
Figure 10 : Comparaison des richesses spécifiques dans le lit de la Loire et dans les boires	67
Figure 11 : Comparaison de la diversité H' dans le lit de la Loire et dans les boires.....	67
Figure 12 : Comparaison de la diversité H' et de l'équitabilité J' dans le lit de la Loire et dans les boires	68
Figure 13 : Répartition des guildes de reproduction dans la Loire et dans les boires	68
Figure 14 : Répartition des groupes fonctionnels alimentaires dans la Loire et dans les boires...	69
Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique dans les boires sur 6 années	70
Figure 16 : Evolution de la diversité H' dans les boires sur 6 années	70
Figure 17 : Evolution de l'équitabilité J' dans les boires sur 6 années	71
 Tableau 1 : Localisation des espèces végétales protégées	 53
Tableau 2 : Espèces végétales utilisées comme support de ponte (d'après Minster, 1997)	56
Tableau 3 : Comparaison des premières valeurs propres des différentes analyses inter classes réalisées. (D'après RIVE, 2003)	59
Tableau 4 : Synthèse des observations concernant les batraciens dans les boires. (en présence/absence).....	72
Tableau 5 : Impact potentiel des travaux d'entretien dans les boires.	77

Annexes

Annexe I : Données hydrologiques sur la Loire au niveau d'Orléans.

Annexe II : Photographies des boires dans différentes conditions d'enneigement

Annexe III : Exemple de tableau récapitulatif des relevés du CSP

Annexe IV : Photographies des plantes protégées rencontrées sur les boires

Annexe V : Exemple de composition de semis pour la revégétalisation des boires après travaux

Annexe VI : Photographies du brochet (*Esox lucius*) à différents stades de développement

Annexe VII : Données numériques sur les populations piscicoles

Annexe VIII : Tableau d'évaluation des conditions de frai dans les boires