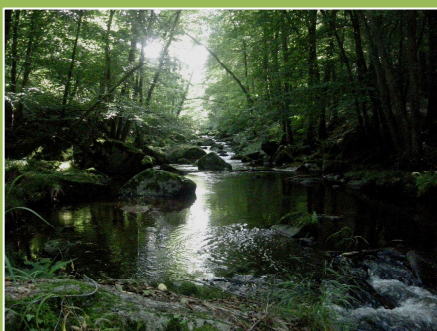


ETUDE DES POTENTIALITES D'ACCUEIL DU BASSIN DE LA BESBRE VIS-A-VIS DES ESPECES MIGRATRICES

Pierre Mesnier, Cédric Léon, Parouty Timothé et
Aurore Baisez, 2011. LOGRAMI



**Etude des potentialités d'accueil
du bassin de la Besbre vis-à-vis
des espèces migratrices.**

Pierre Mesnier, Cédric Léon,
Parouty Timothé et Aurore Baisez,
2011.

LOGRAMI, 48 pages.



Table des matières

INTRODUCTION.....	5
LE BASSIN VERSANT DE LA BESBRE	6
1.1. CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES	6
1.2. CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES ET GEOLOGIQUES.....	6
1.3. ACTIVITE HUMAINE	7
1.4. LES OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LE COURS DE LA BESBRE.....	8
1.5. QUALITE DE L'EAU	8
1.6. PEUPELEMENTS PISCICOLES	8
LES MIGRATEURS DU BASSIN VERSANT DE LA BESBRE	10
1.7. LE SAUMON ATLANTIQUE (ANNEXE 3).....	10
1.7.1. Description	10
1.7.2. Historique de la situation du saumon atlantique sur le bassin de la Loire	11
1.7.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre	12
1.8. LA LAMPROIE MARINE (ANNEXE 4).....	12
1.8.1. Description	12
1.8.2. Situation sur le bassin de la Loire	13
1.8.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre	13
1.9. L'ANGUILLE EUROPEENNE (ANNEXE 5)	13
1.9.1. Description	13
1.9.2. Situation sur le bassin de la Loire	14
1.9.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre	14
1.10. LA GRANDE ALOSE (ANNEXE 6).....	14
1.10.1. Description	15
1.10.2. Situation sur le bassin de la Loire	15
1.10.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre.....	15
LEGISLATION.....	16
1.11. CONTEXTE GENERAL	16
1.12. SITUATION SUR LE BASSIN DE LA BESBRE	17
MATERIELS ET METHODES	19
1.13. POTENTIALITE D'ACCUEIL DE LA BESBRE POUR LES POISSONS GRANDS MIGRATEURS.....	19
1.13.1. Estimation du potentiel pour la lamproie marine (<i>Pretromizon marinus</i>)	19
Description de la zone de reproduction	19
Estimation du potentiel d'accueil de géniteur de lamproie	19
Estimation du nombre de géniteurs potentiels	20
Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des larves ammocètes	20
1.13.2. Estimation du potentiel pour le saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)	21
Description des zones de reproduction	21
Estimation du potentiel d'accueil de géniteurs de saumons.....	21
Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des juvéniles de saumon.....	21
Estimation du nombre de smolts dévalant et du nombre de géniteur sur frayère.....	22
1.13.3. Estimation du potentiel pour l'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	22
Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil	22
1.13.4. Estimation du potentiel pour la grande alose (<i>Alosa alosa</i>).....	22
Description des zones de reproduction	22
Estimation du potentiel d'accueil des géniteurs.....	23
Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des alosons	23
1.13.5. Synthèse des habitats de reproduction et de croissance des poissons migrateurs.....	23
1.14. PROTOCOLE DE PROSPECTION DE TERRAIN	24
1.15. ANALYSES DE LA REPARTITION GRANULOMETRIQUE ET DES FACIES	25
1.16. CARTOGRAPHIE ET TRAITEMENT DE DONNEES.....	27
RESULTATS.....	28
1.17. DEROULEMENT ET CONDITIONS DES PROSPECTIONS DE TERRAIN	28

1.17.1. Bilan	28
1.17.2. Conditions hydrologiques.....	29
1.18. ANALYSES DE LA REPARTITION DES FACIES ET DE LA GRANULOMETRIE.....	30
1.19. LES OUVRAGES DE LA BESBRE	32
1.20. SURFACES POTENTIELLES DE REPRODUCTION ET DE PRODUCTION.....	34
1.20.1. La lamproie marine	34
Potentiel de reproduction.....	34
Potentiel de croissance.....	34
1.20.2. Le saumon atlantique.....	34
Potentiel de reproduction.....	34
Potentiel de croissance.....	35
Potentiel de retour d’adultes sur frayère	39
1.20.3. La grande alose	41
1.20.4. L’anguille européenne	41
DISCUSSION	43
1.21. CALCUL DES SURFACES	43
1.22. POTENTIALITES D’ACCUEIL DES POISSONS MIGRATEURS	43
PERSPECTIVES	45
CONCLUSION.....	47
GLOSSAIRE	48
BIBLIOGRAPHIE.....	50
ANNEXE.....	52

Table des illustrations

Figure 1 : Carte de localisation de la Besbre dans le Bassin versant de la Loire (source Agence de l'eau Loire-Bretagne, réalisation : Mesnier Pierre).....	6
Figure 2 : Hydrogrammes de la Besbre calculés sur la moyenne des débits mensuels de 1948 à 2008 pour la station de Châtel montagne (en bleu), de 1959 à 2011 pour celle de Saint Prix (en violet) et de 1966 à 2011 pour la station de Saint Pourçain sur Besbre (en beige).	7
Figure 3 : photo de saumon atlantique dans la passe de Vichy (source LOGRAMI).....	10
Figure 4 Carte de régression du saumon (Source : Baglinière et <i>al.</i> , 2008, Rencontres Migrateurs).....	11
Figure 5 : Photographie de lamproie marine dans la passe de Vichy (source LOGRAMI).	13
Figure 6 : Photographie d'anguille européenne (source LOGRAMI).	14
Figure 7 : photographie de grande alose (source IFRMER).....	15
Figure 8 : Calendrier des plans d'action en faveur des poissons migrateurs (Source PLAGEPOMI)	17
Figure 9 : schéma d'une coupe transversale de nid de lamproie marine (source LOGRAMI, réalisation N. Sourek).....	19
Figure 10 : schéma d'une frayère typique de grande alose (source LOGRAMI, réalisation P. Portafaix).....	23
Figure 11 : clé d'identification des faciès de Malavoi et Souchon (2002).	26
Figure 12 : Prospection de terrain (source LOGRAMI).....	28
Figure 13 : Profil en long de la Besbre (Source LOGRAMI). Le linéaire en vert représente la partie prospectée et en rouge celle qui ne l'a pas été. Les traits bleus verticaux décrivent les limites des secteurs de pente homogène dont le pourcentage est noté sous la courbe. Les flèches indiquent la position de certains ouvrages.	29
Figure 14 : Comparaison des débits de la Besbre entre 2011 (en violet) avec la moyenne inter-annuelle calculée entre 1966 et 2011 (en bleu) à la station de Saint Pourçain sur Besbre (source : eauFrance).	29
Figure 15 : Répartition des surfaces des différents faciès sur le linéaire de la Besbre (Source LOGRAMI).....	30
Figure 16 : la photo de droite (A) illustre le plus imposant des ouvrages transversaux constitués d'anciens poteaux électriques (non indiqué par l'ONEMA en 2005 mais figurant dans un inventaire de 2001). Celle de gauche (B) montre l'ouverture par érosion du barrage de Lapalisse (source LOGRAMI).	33
Figure 17 : Zone de grossissement des juvéniles de saumon atlantique (photo P. Mesnier).....	39
Figure 18 : Localisation des frayères potentielles d'aloses sur le bassin de la Besbre (Sources LOGRAMI).	41

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques physiques des habitats de croissance et de reproduction des poissons migrateurs.	24
Tableau 2 : échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifié dans Malavoi (1989).....	27
Tableau 3 : surfaces des CLE induites par les barrages (Source LOGRAMI).	30
Tableau 4 : Comparaison de la composition du type de faciès et de la granulométrie principale dans 5 tronçons de pente homogène représenté sous forme de surface et de pourcentage de recouvrement (Source LOGRAMI). D'après l'échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifié dans Malavoi et Souchon (1989) (tableau 1) ; A : Argile, L : Limon, S : Sable, GF : Gravier Fin, GG : Gravier Grossier, CF : Caillou Fin, CG : Caillou Grossier, PF : Pierre Fine, PG : Pierre Grossière, B : Blocs, R : Roche mère.....	31
Tableau 5 : Surfaces potentielles d'accueil et nombre de géniteurs du bassin de la Besbre par tronçon pour la lamproie marine et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI).....	36
Tableau 6 : Surfaces (en m²) potentielles de reproduction et nombre de frayères du bassin de la Besbre par tronçon pour le saumon atlantique et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI).....	37
Tableau 7 : Surfaces (en m²) potentielles de croissance (ERR) et nombre de smolts produits par tronçon sur l'ensemble du bassin de la Besbre (en vert) et pour la zone salmonicole en aval de Saint Clément (en blanc), pour le saumon atlantique et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI).....	38
Tableau 8 : Nombre de géniteurs de retour sur les frayères, issus des smolts dévalants produits sur l'ensemble du linéaire de la Besbre (A, B et C) et dans la zone salmonicole en aval de Saint Clément (D). Le tableau B correspond aux valeurs minimales qui peuvent être considérées comme proche de la réalité actuelle, et le tableau C représente les conditions presque optimales de migration (Sources LOGRAMI). Les valeurs modifiées (taux de survie, nombre de smolts) apparaissent en grisé.	40
Tableau 9 : Surface de croissance par tronçon pour l'anguille européenne et pourcentage cumulé	42
Tableau 10 : Comparaison des potentialités d'accueil de la Besbre pour la lamproie marine avec celles de l'Arroux (Friedrich, 2002) et de l'Aron (Paulin, 2006).....	43
Tableau 11 : Comparaison des potentialités d'accueil de la Besbre pour le saumon atlantique (ERR) avec celles de l'Arroux (Friedrich, 2002) et de l'Aron (Paulin, 2006).....	44

Introduction

La Loire ainsi qu'une grande partie de ses affluents sont des cours d'eau historiquement fréquentés par les poissons grands migrateurs. Les chroniques des pêcheries ligériennes en témoignent (Steinbach, 2000). Cependant, les activités humaines ont largement contribué au déclin de ces espèces dès le début du XIX^{ième} siècle. L'édification d'ouvrages transversaux pour la navigation fluviale ou pour la production hydroélectrique ainsi que l'intensification de la pêche furent les premiers facteurs de la diminution du nombre des grands migrateurs sur le réseau hydrographique de la Loire (Bachelier, 1964). L'extraction de granulats et les pollutions ont contribué plus récemment à amplifier la perturbation du milieu (Steinbach, 2001). Les habitats favorables à la croissance ou au développement des juvéniles étant soit difficilement accessibles soit détruits, les effectifs des populations de poissons migrateurs ont subi des fortes diminutions.

A l'heure actuelle, les espèces migratrices colonisant encore la partie amont du bassin de la Loire sont considérées par l'Union International pour la Conservation de la Nature comme « quasiment menacées » (la lamproie marine), « vulnérables » (les aloses et le saumon atlantique) ou « en danger critique d'extinction » (l'anguille européenne) sur le territoire français. Un cadre juridique national et européen prend en compte la gestion de ces populations. Ces espèces figurent à l'annexe III de la convention de Berne, ainsi qu'à l'annexe II et V (sauf la lamproie marine) de la Directive Habitat Faune Flore (Taverny et Elie, 2010 ; Paulin, 2006). A ceci s'ajoute la volonté d'améliorer la libre circulation piscicole et la continuité écologique des cours d'eau, avec notamment les lois Grenelle et l'article L214-17 du code de l'environnement.

Depuis 1994, le Plan Loire Grandeur Nature a été mis en place pour, entre autres, améliorer la libre circulation des poissons et affiner les connaissances sur le bassin. En aval de Roanne, l'axe de la Loire est peu affecté par les aménagements transversaux et l'optimisation de la passe à poissons de Decize (576 km de l'estuaire) en 2009 a rétabli une transparence presque totale du fleuve de l'estuaire jusqu'à Villerest (730 km de l'estuaire). Les études du potentiel d'accueil pour les poissons migrateurs de l'Aron (Sourek et al, 2010 et Paulin, 2006) et de l'Arroux (Minster & Bomassi, 1999 ; Friedrich, 2002), situés en amont de Decize, ont déjà été réalisées. Cependant, aucune étude concernant la Besbre n'a été menée à ce jour.

La Besbre est un bassin relativement important dans la Loire Bourbonnaise (du bec d'Allier à Roanne) et ne fait l'objet d'aucun outil de gestion intégrée à l'échelle de son bassin versant. Après l'évaluation du potentiel d'accueil de l'Aron (Paulin, 2006), le WWF-France a proposé d'étudier la situation des poissons migrateurs de la Besbre. Cette étude, financée par l'agence de l'eau Loire-Bretagne et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), via le Plan Loire, a été commandée par le WWF-France. Elle s'intègre dans le programme de mise en œuvre de corridors écologiques autour du bec d'Allier. L'étude se concrétise par un partenariat entre la fédération départementale de la pêche et de protection des milieux aquatiques de l'Allier, l'association LOGRAMI et le WWF-France.

Afin de mener à bien cette étude, il est nécessaire de répondre à trois grandes questions : Quelles sont les espèces de poissons grands migrateurs que peut accueillir la Besbre ? Quelle est la surface d'habitat disponible pour chaque espèce et chaque stade ? Quels sont les ouvrages à traiter en priorité afin d'optimiser la recolonisation de la rivière ?

Réalisée en 2011 durant une période de fort étiage, l'étude apporte des résultats qui doivent être considérés, notamment pour les surfaces recensées, comme des *minima*.

Le bassin versant de la Besbre

1.1. Caractéristiques géographiques

La Besbre prend sa source dans les monts du Bourbonnais à une altitude de 1 200 m sur la face nord du Puy de Montoncel (1 287 m). Sa confluence avec la Loire (634 km de l'estuaire), dont elle est un affluent de rive gauche (Figure 1), a lieu en aval de Diou. Elle se situe à une altitude de 208 m et s'effectue après un parcours de la rivière de 114 km vers le Nord. La Besbre est comprise presque en totalité dans le département de l'Allier (03). Elle couvre une superficie de 768 km² pour un périmètre de 203 km.

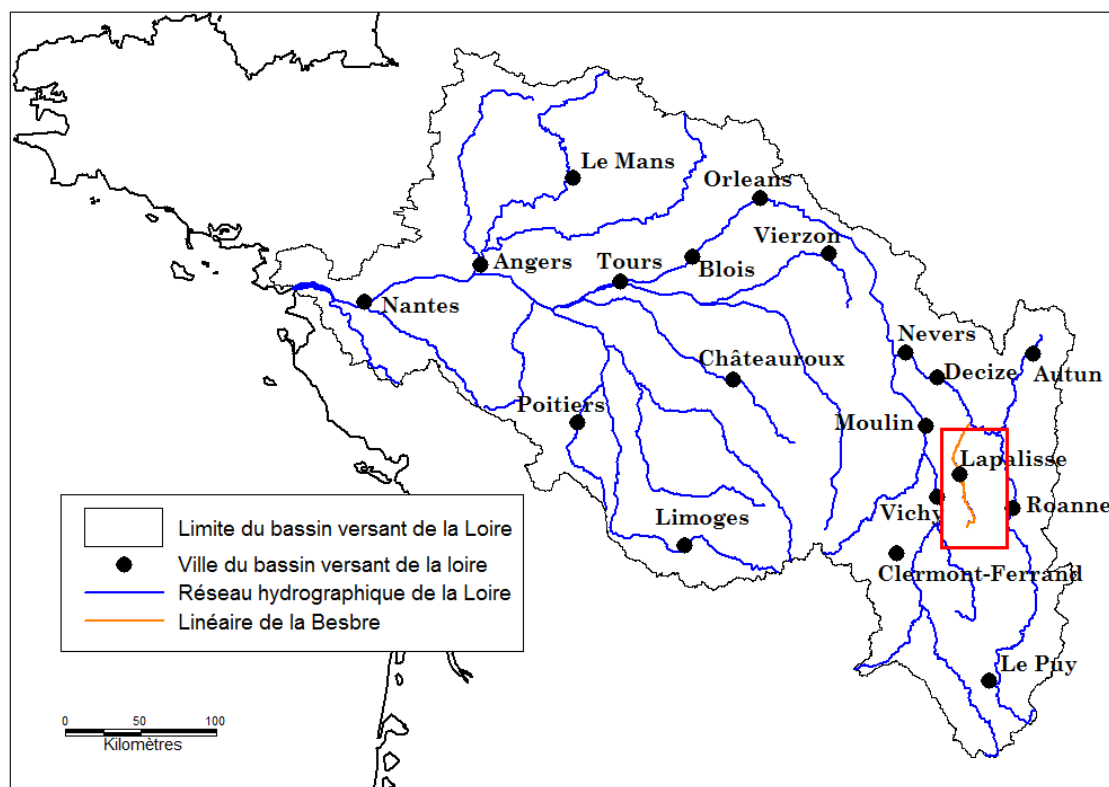


Figure 1 : Carte de localisation de la Besbre dans le Bassin versant de la Loire (source Agence de l'eau Loire-Bretagne, réalisation : Mesnier Pierre).

1.2. Caractéristiques hydrologiques et géologiques

La Besbre est caractérisée par une période de fortes eaux du milieu de l'automne au printemps et d'une période d'étiage en été. La distribution unimodale des débits de la Besbre au cours de l'année et les données météorologiques locales permettent d'affirmer qu'elle a un régime de type pluvial (Figure 2).

Le module inter-annuel, calculé sur une période de 46 ans, à Saint Pourçain sur Besbre (710 km² de bassin versant) est de 8,82 m³.s⁻¹ (source DREAL Centre). Il est de 9,1 m³.s⁻¹ au barrage des Persières à Dompierre sur Besbre (source DREAL Auvergne).

Le coefficient de Gravelius (K_G) du bassin est voisin de 2. La Besbre est donc un bassin très allongé qui lui confère des caractéristiques hydrologiques particulières. Les hydrogrammes de crues sont de faible intensité mais de durées relativement importantes.

Le bassin de la Besbre est scindé en deux parties géologiquement différentes. Dans sa partie amont, la rivière coule sur le socle granitique de la montagne bourbonnaise (Nord-Est

du massif central), et en aval de Lapalisse, sur des terrains sédimentaires calcaires formés plus récemment (Rouy, 2008).

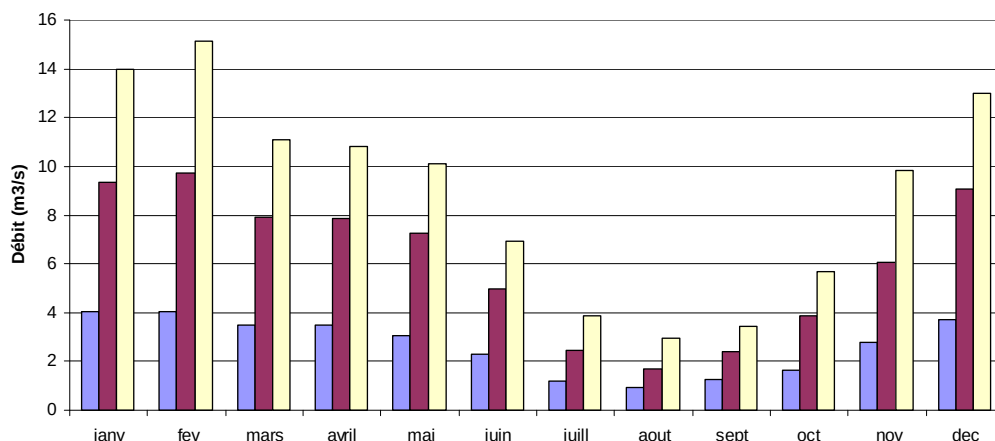


Figure 2 : Hydrogrammes de la Besbre calculés sur la moyenne des débits mensuels de 1948 à 2008 pour la station de Châtel montagne (en bleu), de 1959 à 2011 pour celle de Saint Prix (en violet) et de 1966 à 2011 pour la station de Saint Pourçain sur Besbre (en beige).

Le principal affluent de la Besbre est le Barbenan. Leur confluence se situe sur la commune du Breuil. Le débit moyen interannuel du Barbenan au Breuil est de $1,88 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (sur la période 1967-2008). Les fluctuations saisonnières de débit peuvent être assez marquées, avec notamment des étiages pouvant être sévères (à signaler que les nombreux captages pour l'adduction à l'eau potable dans les sources du Barbenan peuvent en partie expliquer ce phénomène).

1.3. Activité humaine

Le paysage du val de Besbre est principalement marqué par l'agriculture céréalière et l'élevage, ce qui en fait un bassin à caractère rural (environ 25 hab./km^2). Les deux communes les plus peuplées sont Dompierre sur Besbre et Lapalisse (légèrement supérieur à 3 500 habitants lors du recensement 1999).

L'analyse des données d'occupation du sol de 36 communes du bassin de la Besbre, entre 1979 et 2000, montre une perte des terres de pâtures en faveur des surfaces labourées (diminution de l'élevage). De plus, l'exploitation forestière des résineux, par coupe à blanc, dans la partie amont du bassin, est fréquente. En plus de l'importance pour les modifications du paysage, ces deux facteurs sont à l'origine de problèmes de pollutions diffuses, sous la forme de particules fines transférées vers les milieux aquatiques par lessivage des sols.

Les prélèvements d'eau réalisés pour les activités humaines ont un effet non négligeable sur la rivière. En amont, ils perturbent les régimes hydrologiques, aggravant les étiages. Ceux situés en aval impactent directement la continuité du milieu aquatique. En effet, en raison d'un abaissement du niveau de la nappe phréatique, des enrochements sont placés en aval des points de captage pour permettre de maintenir une côte convenable.

L'activité humaine la plus préjudiciable pour la Besbre, d'un point de vue physique, est l'extraction de granulats. En plus des deux carrières encore en exploitation, de nombreuses extractions sauvages, au sein même du lit mineur, sont réalisées dans la partie aval du cours d'eau. A cette pratique, s'ajoute celle des enrochements des berges qui contraignent la rivière dans son lit mineur, provoquant une tendance à l'incision (Rouy, 2008).

A ces activités s'ajoutent la production hydroélectrique, la minoterie, la scierie ou encore l'alimentation du canal latéral à la Loire qui affectent le milieu par l'intermédiaire d'ouvrages transversaux.

1.4. Les ouvrages hydrauliques sur le cours de la Besbre

Au total, 35 ouvrages ont été recensés sur le linéaire de la Besbre (Atlas cartographique - carte 2). Parmi eux, 3 présentent des brèches importantes laissant libre la circulation des poissons (le barrage de Lapalisse, le moulin Neuf et le moulin Côte). Le bassin de décantation situé en amont de Saint Priest Laprugne, constitue l'ouvrage le plus haut placé sur le bassin de la Besbre. Il est le vestige de l'exploitation d'une ancienne mine d'extraction d'uranium. La qualité de l'eau en aval de l'édifice est nettement altérée par la présence de fortes concentrations en métaux lourds. En effet, jusqu'en 1977, la Besbre servait de décanteur pour l'activité de la mine.

Le barrage de Saint Clément, haut de 20 m, détourne une partie du débit de la rivière pour alimenter, par l'intermédiaire d'une conduite forcée, la centrale hydroélectrique située en amont immédiat du barrage de compensation EDF. Elle court-circuite ainsi 9,5 km du cours d'eau. Une micro-centrale est également en fonctionnement au niveau du moulin Chatelard et une seconde, au moulin Chaume, ne fonctionne actuellement plus. Une micro-centrale équipe aussi le Moulin Marin et est, a priori, encore en fonctionnement.

Le premier obstacle (barrage des Persières à Dompierre sur Besbre), situé à environ 9,3 km de la confluence avec la Loire, a été équipé d'une passe à poisson en 2011. Cependant, peu de barrages en amont sont équipés de dispositif de franchissement. Ils sont, par conséquent, considérés comme des verrous infranchissables pour les poissons migrateurs.

Il est important de noter que malgré une forte incision de la Loire (Gasowski, 1994), la Besbre ne présente pas d'aspect infranchissable à sa confluence avec le fleuve.

1.5. Qualité de l'eau

Les rapports de la DREAL Auvergne, sur les deux stations suivies sur la Besbre (annexe 1), montrent une grande variation des notes en fonction de l'indice utilisé. En effet, en général les notes d'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) sont plus élevées que celles des indices diatomées (IBD) et de l'indice macrophyte (IBMR). Cela s'observe surtout pour la station la plus en aval (Dompierre sur Besbre) où la moyenne inter-annuelle passe de 15,8 pour l'IBGN à 10,1 pour l'IBD. D'après ce dernier indice, on peut également affirmer que des perturbations ont eu lieu dans la rivière durant les années 2008 pour la station de Dompierre sur Besbre et 2010 pour celles de Saint Prix.

Par ailleurs, l'échéance de l'atteinte des objectifs pour la Directive Cadre sur l'Eau a été repoussée à 2021 pour la masse d'eau allant du barrage de Saint Clément jusqu'à la confluence avec la Loire (annexe 2). Les principaux facteurs déclassants qui ont orienté cette décision sont l'hydrologie, la continuité écologique et la géomorphologie.

1.6. Peuplements piscicoles

La Besbre est composée de deux sections piscicoles :

- L'aval, classé en 2^{nde} catégorie, où la pêche à la carpe et aux poissons blancs (cyprinidés) est fréquente ;
- La 1ère catégorie piscicole comprend la Besbre (et ses affluents) de la source au pont de Lapalisse et les affluents de la Besbre du pont de Lapalisse au pont de Dompierre sur Besbre. On y pratique la pêche aux salmonidés (ombre commun et truite fario) et aux écrevisses (atlas cartographique 1).

D'après les résultats des pêches électriques réalisées sur différentes stations de la Besbre, 27 espèces de poissons sont régulièrement observées, dont deux espèces de poissons grands migrateurs : l'anguille et la lamproie marine.

Plusieurs stations du Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP, actuellement remplacé par le RCS) étaient régulièrement suivies le long de la Besbre pour être représentatif des hydroécorégions du bassin versant. L'analyse bibliographique a permis une synthèse des données de 1993 à 2006.

Il en ressort que la zone salmonicole (station de La Chabanne) montre une richesse spécifique singulière (truite, chabot) avec, depuis 2005, l'apparition de la lamproie de planer, du vairon. Dans la zone intermédiaire (station de Saint-Prix), la qualité des peuplements piscicoles est le plus souvent bonne. Néanmoins, les derniers inventaires montrent que les espèces d'eaux calmes (barbeau, spirin, gardon) réapparaissent en fortes abondances. L'ombre commun, qui pendant quelques années n'était pas présent dans les inventaires (des changements de méthode d'échantillonnage pouvant expliquer que cette espèce ne soit plus capturée) est toutefois régulièrement observé par les pêcheurs sur la Besbre et le Barbenan.

La zone cyprinicole montre un peuplement de bonne qualité malgré la disparition d'une espèce sensible, la vandoise, et la réapparition d'espèces d'étangs (perche soleil et rotengle). Plus globalement, la richesse spécifique est très importante sur cette station. Ainsi certaines années on recense jusqu'à 19 espèces de poissons.

Les peuplements ont aussi été suivis en tête de bassin, sur les sources du Barbenan, jusqu'en 2003. Le peuplement sur cette station montrait de fortes abondances de truite. Comme indiqué précédemment, l'ombre commun y est aussi signalé. En 2010, les résultats des inventaires piscicoles laissent apparaître un peuplement piscicole composé de trois espèces, toutes représentatives d'un cours d'eau de 1^{ère} catégorie piscicole et toutes bio indicatrices du niveau typologique (zone à truite), à savoir truite fario, chabot et lamproie de planer.

L'intérêt du peuplement piscicole de la Besbre résulte donc de sa richesse spécifique et de la présence de certaines espèces, en particulier celles inscrites à l'annexe II de la directive Habitats, qui sont :

- pour les espèces sédentaires : le chabot (*Cottus gobio*), la bouvière (*Rhodeus amarus*) et la lamproie de planer (*Lampetra planeri*)
- pour les espèces migratrices : la lamproie marine (*Petromyzon marinus*).

La truite fario (*Salmo trutta fario*) et l'ombre commun (*Thymallus thymallus*), espèces protégées en France, sont également bien présentes sur le bassin.

Les migrateurs du bassin versant de la Besbre

Le bassin de la Besbre accueillait historiquement quatre espèces de poissons grands migrateurs amphihalins :

- les migrateurs anadromes* potamotoques* représentés par trois espèces : le saumon atlantique (*Salmo salar*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et la grande alose (*Alosa alosa*) ;
- l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) qui est un migrateur catadrome* thalassotoque*.

De plus, ce sont aussi les espèces migratrices les plus couramment observées à la station de comptage de Decize, sur la Loire, à 58 km en aval de la confluence avec la Besbre.

1.7. Le saumon atlantique (annexe 3)

1.7.1. Description

Le saumon fait partie de la famille des salmonidés, plus spécifiquement du genre *Salmo*. Son corps allongé est dit fusiforme. On le distingue de la truite de mer à la position de la mâchoire antérieure, qui se situe au niveau du milieu de l'œil, alors qu'elle est plus en retrait chez sa cousine la truite. De plus, les adultes observés en rivière sont souvent moins tachetés que les truites. Le saumon est de couleur argentée sur les flancs et le ventre, et sombre sur la partie dorsale. Comme tous les salmonidés, on le distingue des autres familles de poissons, par sa nageoire adipeuse, située entre les nageoires dorsale et caudale (Figure 3).

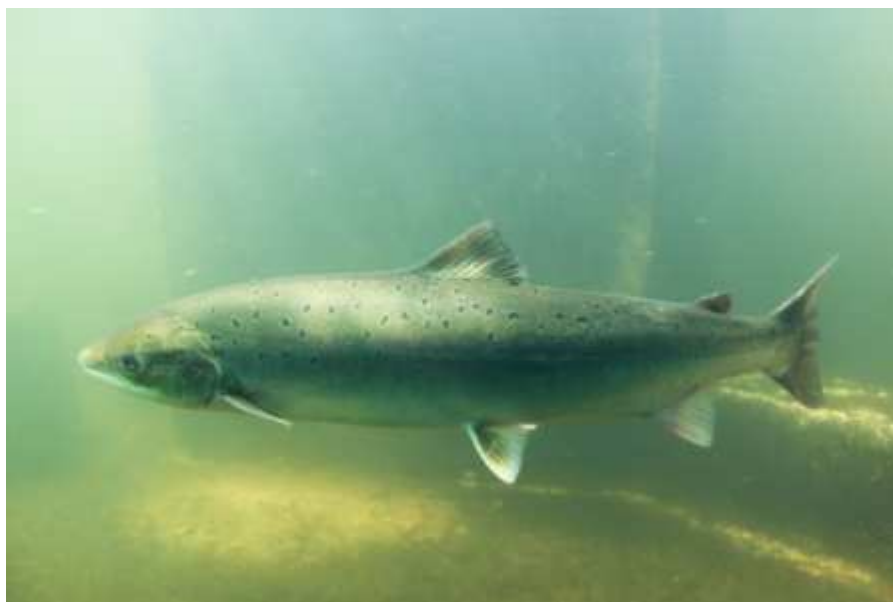


Figure 3 : photo de saumon atlantique dans la passe de Vichy (source LOGRAMI).

* Les mots suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire.

1.7.2. Historique de la situation du saumon atlantique sur le bassin de la Loire

Dès le début du XIX^{ième} siècle, la population de saumons de la Loire commença à décliner fortement, notamment à cause d'une pression de pêche excessive. En effet, Napoléon octroya un droit de pêche pratiquement libre dans l'estuaire jusqu'à l'aval de Nantes et également sur de nombreux cours d'eau du bassin de la Loire. Ce ne fut pas le seul facteur impactant la migration de ces poissons. Par la suite, l'essor du transport ferroviaire et de l'utilisation de houille comme énergie firent largement diminuer l'activité de flottage du bois sur le bassin. Or, lors des crues, les barrages déjà existant étaient ouverts au niveau des « pas de roi » pour faciliter le transit du bois le long des rivières, et par la même occasion la remontée des saumons qui devenaient actifs pendant ces épisodes. L'arrêt de cette activité priva les grands migrateurs de nombreuses frayères en tête de bassin versant (Bachelier, 1963 et 1964).

Les premières infrastructures qui eurent un impact important furent la construction des barrages de Decize (58 km en aval de la confluence entre la Loire et la Besbre) en 1836 pour la navigation fluviale, puis celui de Roanne en 1843 pour l'alimentation du canal latéral à la Loire. Cependant, jusqu'en 1845, ces deux ouvrages furent ouverts deux jours par semaine pour faciliter la navigation fluviale en aval. Après la fin de la construction du canal latéral à la Loire, ce ne fut plus le cas. De plus, en 1860, un exhaussement de 0,4 m du barrage de Decize bloqua, sauf au moment de crues exceptionnelles, la migration des saumons vers la Loire supérieure et ses affluents.

A la fin du XIX^{ième} siècle, de nombreux meuniers, sur l'ensemble du bassin, n'hésitèrent pas à exhausser les ouvrages afin d'augmenter la hauteur de chute lorsqu'ils remplaçaient le rouet par une turbine. Ils rendirent ainsi certains seuils infranchissables.

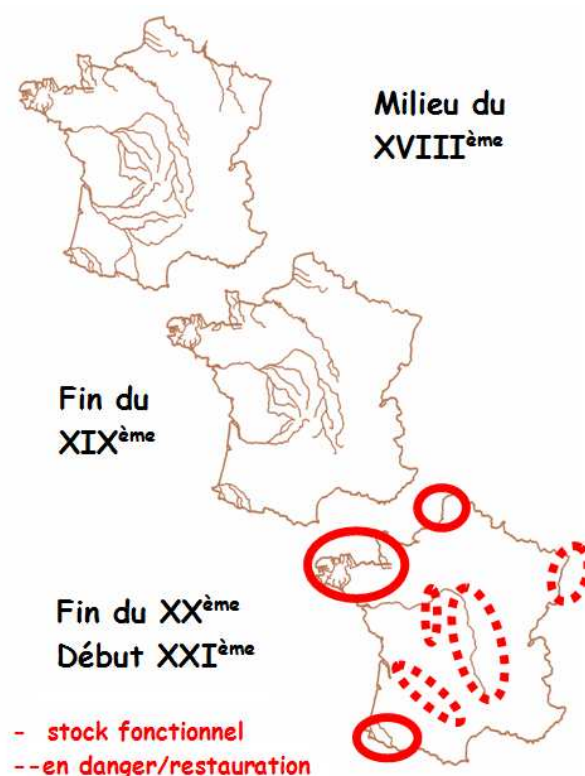


Figure 4 Carte de régression du saumon (Source : Baglinière et al., 2008, Rencontres Migrateurs).

De nombreux autres barrages furent construits sur la Loire et ses affluents (Vienne, Gartempe, Creuse, Sioule, Allier, Dore, Alagnon...).

Un point positif pour les saumons fut la chenalisation du fleuve entre l'estuaire et Nantes. Elle rendit la pêche plus difficile (augmentation de la section mouillée). De plus, l'industrialisation du port de Nantes en 1926 entraîna la diminution de l'activité de pêche (reconversion des pêcheurs en dockers).

Cependant, la construction des barrages de Grangent (Haute Loire, 43) en 1957 et Villerest (Loire, 42) en 1978 sur la Loire condamnèrent définitivement l'accès des migrateurs à la partie supérieure du fleuve. La surface des frayères accessibles pour la reproduction des saumons subit une régression très importante. Sur l'Allier, le barrage de Poutès (Haute Loire, 43) construit en 1941, malgré la présence d'une passe à poisson suivi d'un ascenseur à saumons, reste un des principaux obstacles au bon déroulement de la migration des poissons grands migrateurs (Figure 4).

Malgré des efforts de repeuplement au milieu du XX^{ième} siècle et la construction de passe à poissons pour certains ouvrages clefs, les abondances de saumon continuèrent à chuter (Bachelier 1963-1964).

Face à cette situation, il a été décidé en 1994 d'interdire complètement l'exploitation du saumon sur l'ensemble du bassin de la Loire. Afin de sauvegarder l'espèce, un important programme de restauration des populations de poissons ligériens, dans le cadre du « Plan Loire Grandeur Nature », a été mis en place. 15 ans après cette décision, 550 saumons en moyenne sont comptabilisés chaque année au niveau de la station de comptage de Vichy sur l'Allier.

1.7.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre

Les premiers moulins apparurent au cours du XVII^{ième} siècle sur la partie médiane de la Besbre. Les principaux, le barrage des Persières (alimentation du canal latéral à la Loire), le moulin Marin à 2 km en aval de Lapalisse et celui de Jaligny, furent érigés dans les années 1830. Cependant, l'ensemble de ces obstacles ne bloqua pas complètement la migration des saumons car ils furent observés jusque dans les années 1960 au niveau de Lapalisse (source AAPPMA Lapalisse). De plus, des témoignages locaux rapportent que des tacons étaient encore pêchés sur la Besbre dans les années 1950.

Les pêches électriques pratiquées par l'ONEMA et la fédération de pêche de l'Allier depuis 1982 ne montrent pas la présence de tacon dans les secteurs du Breuil, de Dompierre et de Saint-Prix.

A la station de comptage des poissons migrateurs de Decize, située sur la Loire en aval de la confluence entre la Besbre et la Loire, et gérée par l'association LOGRAMI, en moyenne, 12 saumons par an sont comptabilisés.

1.8. La lamproie marine (annexe 4)

1.8.1. Description

La lamproie n'est pas un poisson au sens strict. En effet, elle ne possède ni de paire de nageoires, ni de mâchoires : c'est un agnathe (vertébré primitif). Elle possède une bouche circulaire très efficace pour la succion qui fonctionne comme une ventouse : c'est un parasite. L'eau qu'elle aspire passe par des branchies internes puis est expulsée par une série de sept perforations branchiales, situées en arrière de l'œil. Son corps dépourvu d'écaille est anguilliforme avec une nageoire correspondant à la fusion des nageoires (chez les poissons stricts) des nageoires anale, caudale et dorsale et une seconde nageoire dorsale plus courte.

Adulte, elle arbore une coloration marbrée sur le dos et jaunâtre sur la partie ventrale. Les adultes peuvent atteindre une longueur de 1,2 m pour un poids de 2 kg (Taverny & Elie, 2010 ; Ducasse & Leprince, 1980 ; Figure 5).



Figure 5 : Photographie de lamproie marine dans la passe de Vichy (source LOGRAMI).

1.8.2. Situation sur le bassin de la Loire

La lamproie est présente dans une grande partie du bassin de la Loire malgré les nombreux aménagements que l'on peut y trouver. Elle est observable sur l'ensemble des axes principaux : la Loire, la Mayenne, la Sarthe aval, la Vienne, la Gartempe, le Cher aval, l'Allier, l'Arroux ainsi que sur certains de leurs affluents.

1.8.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre

Les lamproies marines sont régulièrement observées sur le parement bétonné du barrage des Persières au niveau de Dompierre sur Besbre ; les dernières observations remontent à juin 2001 (sources : présidents des AAPPMA de Dompierre et Lapalisse, et ONEMA).

Les pêches électriques, organisées par l'ONEMA et la fédération de pêche de l'Allier, montrent la présence irrégulière de larves ammocètes au niveau des stations de Dompierre et de Saint-Prix (amont de Lapalisse). La dernière observation date de 2010.

En moyenne, 1 833 lamproies par an sont comptabilisées depuis 1998 au niveau de la station de Decize. En 2011, aucune lamproie n'a été observée.

1.9. L'anguille européenne (annexe 5)

1.9.1. Description

Ce poisson, de la famille des *anguillidae*, est de type serpentiforme (ou anguilliforme). L'anguille possède un corps cylindrique dans sa partie antérieure et aplatie latéralement dans la région caudale. Elle est dotée de nageoires pectorales faiblement développées et d'une nageoire résultant de la fusion de la dorsale, de la caudale et de l'anale (Figure 6). Sa peau est dépourvue d'écailles mais elle est recouverte de mucus. Elle est dotée d'un fort pouvoir de reptation qui, en plus de son tégument sous-cutané, lui permet d'évoluer hors de l'eau. Cette

capacité l'aide favorablement lors de la colonisation de milieux obstrués par des embâcles naturels.



Figure 6 : Photographie d'anguille européenne (source LOGRAMI).

1.9.2. Situation sur le bassin de la Loire

Le bassin de la Loire constitue un territoire d'accueil de toute première importance pour l'anguille, du point de vue de sa localisation biogéographique, de son étendue et de l'importance des masses d'eau qu'il draine. Une grande majorité du territoire répond aux exigences de l'espèce, à l'exception des zones montagneuses du Massif Central situées au dessus de 1 000 m d'altitude (Plan de gestion anguille de la France, 2009).

Depuis les années 1980, les populations d'anguille ont décliné sur l'ensemble de son aire de répartition. Les déclarations des pêcheurs sur les captures de civelles dans l'estuaire de la Loire montrent une forte diminution du recrutement* depuis 1980 (division par 12,5). De même, le nombre d'individus observés dans les zones amont est en régression (Plan de gestion anguille de la France, 2009).

1.9.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre

Les pêches électriques organisées par l'ONEMA et la fédération de pêche de l'Allier permettent d'affirmer que l'anguille est présente sur le bassin de la Besbre au moins jusqu'en amont de Lapalisse (Saint-Prix).

Les anguilles peuvent être comptabilisées à Decize mais les comptages ne sont pas exhaustifs en raison des caractéristiques du dispositif de franchissement (fort taux d'échappement).

1.10. La grande alose (annexe 6)

Il existe deux espèces d'aloses sur le bassin de la Loire : l'alse feinte (*Alosa fallax*) et la grande alose (*Alosa alosa*). C'est la seconde espèce qui nous intéresse, car elle seule peut coloniser le secteur d'étude.

1.10.1. Description

L'alose appartient à la famille des *clupeidae* comme le hareng. Son corps fusiforme est comprimé latéralement. Le dos est de couleur gris bleuté, les flancs sont argentés et le ventre est blanc. Une ou plusieurs tâches noires sont visibles en arrière des pectorales. Sa bouche est large et sa caudale est largement échancrée (Baglinière & Elie, 2000 ; Figure 7).



Figure 7 : photographie de grande alose (source IFRMER).

1.10.2. Situation sur le bassin de la Loire

Sur le bassin de la Loire, cette espèce est la première à répondre fortement aux améliorations apportées à la libre circulation des poissons (seuil des centrales nucléaires, modification du pont d'Amboise, arasement du barrage mobile de Blois). En effet, la population a considérablement augmenté depuis 2004, passant d'un millier de poissons à plus de 10 000 jusqu'en 2008. Depuis 2009, les conditions environnementales et une possible intensification de la pêche sont peut-être à l'origine de la diminution du nombre d'aloses recensées sur les stations de comptage du bassin Loire.

1.10.3. Etat des lieux sur le bassin de la Besbre

Des observations montrent la présence de la grande alose au niveau de la confluence entre la Besbre et la Loire (le cul de Besbre) (source : le président de l'AAPPMA de Lapalisse).

Cependant, les pêches électriques réalisées à Dompierre sur Besbre (7 km en amont de la confluence) durant l'été n'ont pas mis en évidence la présence de cette espèce.

Une moyenne de 4 899 aloses par an est comptabilisée au niveau de la station de Decize. En 2010, seulement 171 aloses y sont passées.

Législation

1.11. Contexte général

Depuis les années 90, la prise de conscience de la baisse des effectifs de poissons grands migrateurs en France s'est traduite par la mise en place de Comités de Gestion des poissons migrateurs (COGEPOMI). Ces instances de concertation sont chargées de mettre en place des plans de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI), fixant des modalités de gestion des espèces sur une durée de 5 ans (modalités de pêche, mesures utiles pour la reproduction, la circulation, le suivi, les plans d'alevinage), en lien avec les SDAGE.

Sur le bassin de la Loire, le « COGEPOMI du bassin de la Loire, des cours d'eau vendéens et de la Sèvre Niortaise » couvre, en totalité ou en partie, 28 départements et 9 régions administratives (Pays de la Loire, Basse-Normandie, Poitou-Charentes, Limousin, Centre, Bourgogne, Auvergne, Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon). Cette instance est présidée par le Préfet de la région Pays de la Loire.

Le volet « Migrateurs » du Plan Loire III est également concerné par d'autres documents stratégiques ou réglementaires entrés en vigueur après son adoption, notamment :

- Le **plan de gestion Anguilles**, établi en application du Règlement (CE) n° 1100/2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes et adopté par la Commission européenne le 15 février 2010. Le plan national est décliné à l'échelle des bassins. Il est applicable sur la période 2009-2012 ;

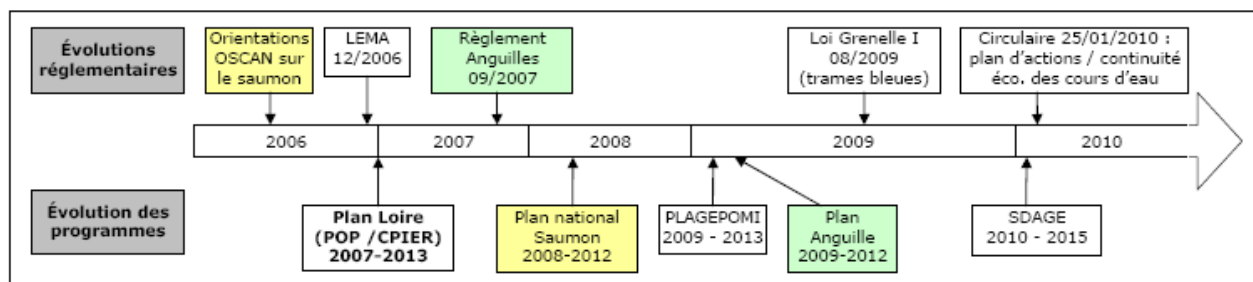
- Le **plan français de préservation du saumon**, validé en juin 2008 et applicable à la période 2008-2012 pour atteindre les objectifs définis en 2006 par l'organisation de conservation du saumon de l'Atlantique Nord (OCSAN), à laquelle adhère l'Union Européenne.

Ce plan dresse un bilan de l'état des populations de saumons dans les cours d'eau des bassins versants français, la situation des pêcheries et des captures et des mesures actuelles en faveur de cette espèce. Sur cette base, il propose vingt actions pour améliorer la gestion des pêches, protéger et restaurer l'habitat du saumon, restaurer les populations, mieux gérer l'aquaculture et faciliter l'échange d'informations ;

- **L'adoption de la loi Grenelle 1**, qui fait de la restauration de la continuité écologique une priorité, en lançant le concept de « trame bleue ». L'article 23 de cette loi précise en effet que, « pour stopper la perte de biodiversité sauvage et domestique, restaurer et maintenir ses capacités d'évolution », l'Etat se fixe notamment comme objectif « la constitution, d'ici à 2012, d'une trame verte et bleue, outil d'aménagement du territoire qui permettra de créer des continuités territoriales ». Ce concept sera repris dans le SDAGE 2010-2015 ;

- Notons enfin que l'Union Européenne fixe comme obligation la « transparence migratoire », par l'effacement des obstacles ou la mise en place de dispositifs de franchissement sur des axes à enjeux : en effet, en application de la **Directive Cadre sur l'Eau** (DCE) de 2000, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 instaure la notion de continuité écologique pour les cours d'eau qui seront classés au titre de l'article **L. 214-17** du code de l'Environnement.

Ces différents évènements relatifs aux poissons grands migrateurs et leurs calendriers respectifs sont résumés dans la Figure 8 :



Les objectifs du plan Loire sur ce thème sont formulés de la façon suivante :

- « Pérenniser, voire développer le suivi des migrations et le suivi évaluatif des actions dans un cadre commun et coordonné (stations de suivi, tableaux de bord notamment Anguilles) » ;
- Approfondir la connaissance et la recherche sur la biologie des espèces, et plus particulièrement sur les facteurs limitant leur restauration.

Ils correspondent à ceux du PLAGEPOMI, qui visent notamment à « améliorer la connaissance sur le statut et la dynamique des populations de poissons migrateurs et développer et pérenniser les dispositifs de suivi de ces espèces » pour mieux évaluer l'efficacité des mesures de gestion et de restauration mises en oeuvre et les réorienter si nécessaire.

Le PLAGEPOMI détaille les mesures de suivi transversales à mettre en oeuvre pour les potamotoques, et les mesures spécifiques aux saumons, aux lamproies et aux aloses. Les plans Anguilles de bassin déclinent les mesures de suivi prévues à cette échelle. Sur la Loire, la seule action de suivi prévue est la mise à jour du Tableau de bord Anguille, mis en place en 2001, et dont l'association LOGRAMI est maître d'ouvrage.

Le principal acteur en charge du suivi des populations de poissons migrateurs sur le bassin de la Loire est l'association LOGRAMI. Elle contribue aux mesures de « monitoring » du PLAGEPOMI, du plan Anguilles et du plan de gestion du saumon, en réalisant des suivis en continu (stations de comptage) et de façon plus générale, en coordonnant le recueil des données biologiques.

Ces données alimentent les tableaux de bords Anguilles* (depuis 2001) et SALT* (depuis 2008) qui ont pour objet de fournir une vision dynamique des populations de façon à accompagner la décision publique pour une meilleure gestion des grands migrateurs.

1.12. Situation sur le bassin de la Besbre

L'article L 214-17 du code de l'environnement à amener les autorités compétentes à proposer deux nouvelles listes de classement des ouvrages sur la Besbre pour les poissons migrateurs.

L'article L214-17 du code de l'environnement prévoit que la liste 1 comprend une liste de cours d'eau parmi ceux classés en très bon état écologique, en réservoirs biologiques et ceux classés pour les grands migrateurs. Les cours d'eau proposés ne sont pas forcément tous retenus. Ainsi, à l'issue de la concertation départementale, le Charnay et le Graveron n'ont pas été retenus au classement en liste 1.

Sur les cours d'eau en liste 1, il est interdit de construire de nouveaux ouvrages. Les renouvellements de concession ou d'autorisation seront accompagnés d'une obligation d'installation d'ouvrage pour maintenir la continuité écologique (migration des poissons et transport sédimentaire).

L'ensemble du bassin du Barbenan et de ses affluents est classé rivière en très bon état écologique. La Besbre de l'ouvrage de Saint Clément jusqu'à sa confluence avec la Loire, et de la confluence du Coindre à la confluence du Sapey, est classée comme rivière à grands migrateurs. Elle est actuellement classée pour l'anguille, mais l'ONEMA a dernièrement proposé d'ajouter la lamproie marine à ce classement. Le Barbenan ainsi que plusieurs affluents sont classés comme réservoirs biologiques. Ces cours d'eau ont tous été proposés pour ce classement (carte 3 de l'atlas cartographique).

La liste 2 concerne les cours d'eau, portions de cours d'eau ou canaux dans lesquels il est nécessaire d'assurer la continuité écologique. Tous les ouvrages des cours d'eau concernés devront être rendus transparents, par gestion, entretien, arasement ou équipement, sous 5 ans. Le cours principal du Barbenan, la Têche (sans ses affluents) et la Besbre de sa confluence avec la Loire jusqu'au barrage de Saint Clément ont été proposés pour ce classement. La partie de la Besbre (avec les affluents suivants : Sapey, Galant et Coindre) allant de la confluence avec le Sapey à la confluence avec le Coindre ont également été proposées en liste 2 (carte 4 de l'atlas cartographique).

A l'exception des ouvrages "enrochement abreuvoir", "Lapalisse (ruine)" et "Moulin Neuf (ruine)", les autres ouvrages de la Besbre entre la confluence avec le Barbenan et celle de la Loire sont classés au titre de la loi Grenelle (carte 5 de l'atlas cartographique). Leur traitement pour rétablir la continuité écologique peut ainsi bénéficier, sous conditions, d'une aide financière, notamment de l'agence de l'eau Loire-bretagne.

Matériels et méthodes

Afin d'évaluer la potentialité d'accueil et de production de la Besbre vis-à-vis des différentes espèces de poissons grands migrateurs, il est nécessaire de caractériser les zones de reproduction et de production de juvéniles et d'en mesurer leur surface.

1.13. Potentialité d'accueil de la Besbre pour les poissons grands migrateurs.

Les preferenda d'habitats pour la croissance et la reproduction des espèces ciblées dans cette étude sont décrits dans les paragraphes qui suivent. Cela permet de focaliser notre prospection de terrain sur les zones essentielles à la réalisation des étapes primordiales de leur cycle de vie.

1.13.1. Estimation du potentiel pour la lamproie marine (*Pretromizon marinus*)

Description de la zone de reproduction

Dans des cours d'eau tel que la Besbre (de module inférieur à $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), les frayères de lamproies sont situées dans des zones de profondeur allant de 0,06 m à 0,96 m, dans lesquelles la vitesse d'écoulement moyenne est de $0,54 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cela correspond aux faciès de type lotique*. La granulométrie est principalement composée de cailloux (ou galets) et de graviers (80 à 90 % de la composition), de sable sur lequel les œufs se fixent, et potentiellement de quelques blocs. La reproduction a lieu entre mai et août dans des eaux d'une température variant de 15 à 23 °C (Taverny & Elie, 2010 ; Ducasse & Leprince 1980).

Les nids, facilement repérables à l'œil nu, forment des tâches claires dans les zones de transition entre les plats courants et les radiers. Elles sont dues au déplacement, par les mâles qui confectionnent le nid, du substrat couvert de périlithon*, plus sombre (Figure 9).

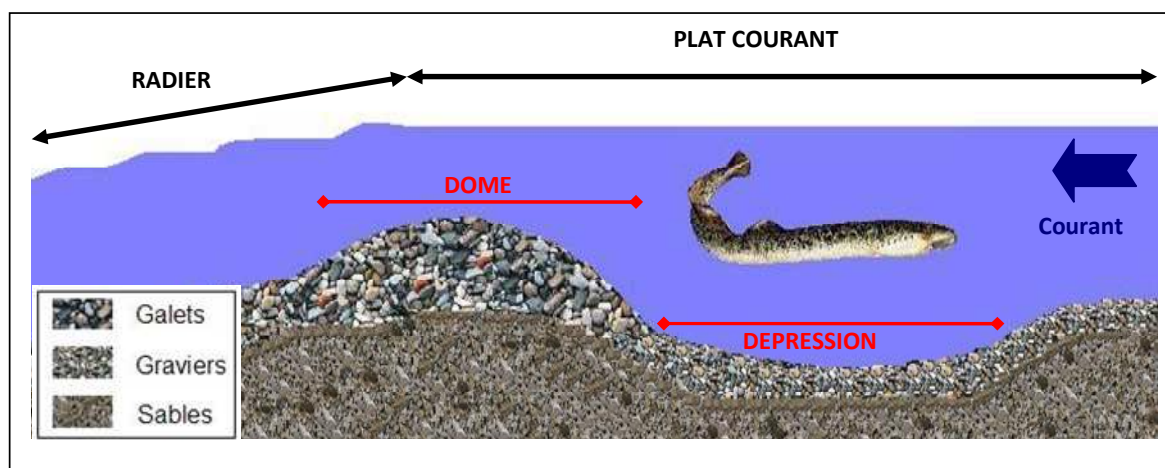


Figure 9 : schéma d'une coupe transversale de nid de lamproie marine (source LOGRAMI, réalisation N. Sourek).

Estimation du potentiel d'accueil de géniteur de lamproie

Deux méthodes sont utilisées pour calculer la surface des zones potentielles de reproduction pour la lamproie marine.

La première représente la surface potentielle maximale que l'on peut considérer sur la rivière. Elle consiste à sommer l'ensemble des plats courants, radiers et chenaux lotiques

(Taverny & Elie, 2010). En fonction des conditions hydrauliques au moment de la ponte, les zones de reproduction utilisées par les lamproies peuvent être très variables géographiquement (zone d'accélération en tête d'îlot, amont de pile de pont ou de banc de convexité) (Ducasse & Leprince, 1980).

$$S_{\text{repro lamproie}} = \sum S_{\text{PLA}} + \sum S_{\text{RAD}} + \sum S_{\text{CLO}}$$

La seconde, plus restrictive, prend en compte uniquement l'interface entre les plats courant et les radiers (zone d'accélération). Ces zones (dites préférentielles d'après Taverny & Elie 2010) sont les plus favorables à la reproduction et décrivent le potentiel d'accueil à minima pour cette phase du cycle de vie. Les zones dont la granulométrie est trop fine ou trop grossière ne sont pas retenues pour le calcul final.

$$S'_{\text{repro lamproie}} = \sum S_{\text{interface favorable PLA / RAD}}$$

Estimation du nombre de géniteurs potentiels

Afin d'estimer le nombre de géniteurs que peut accueillir la Besbre, il est nécessaire de connaître quelques paramètres importants : le nombre de nids potentiel et le nombre de géniteurs moyen par nid. Lors de ce calcul, l'hypothèse qu'un seul nid est creusé par couple est admise.

Les frayères (cuvettes et le dôme) de lamproie recouvrent une surface de 2 m² en moyenne (Taverny & Elie, 2010).

$$\text{nb nids} = S_{\text{repro lamproie}} / 2$$

Il est généralement admis que le taux de polygamie des lamproies marines est compris entre 16 % (hypothèse basse) et 23 % (hypothèse haute) (Ducasse & Leprince, 1980). De plus, bien que le nombre de géniteurs sur une frayère puisse atteindre une dizaine d'individus, en général, le phénomène de polygamie fait intervenir 1 femelle et 2 mâles.

Ainsi, le calcul du nombre de géniteurs potentiels peut-être réalisé selon les deux hypothèses par la formule suivante :

$$\text{nb de géniteurs} = (\text{nb nids} \times \% \text{ monogamie} \times 2) + (\text{nb nids} \times \% \text{ polygamie} \times 3)$$

Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des larves ammocètes

Environ 40 jours après leur émergence, les larves (ou ammocètes), quittent le nid et colonisent des substrats propices à leur croissance. Ils sont composés de sédiment fin de type sable et limon, mêlé à de la matière organique. Les habitats favorables pour ce stade sont donc les zones de dépôt où le courant est très faible voir nul (inférieur à 0,1 m.s⁻¹) et dans des zones de faible profondeur (inférieur à 50 cm). Cela correspond aux zones lenticques* ainsi qu'aux mouilles. Les observations in situ montrent cependant qu'il n'est pas rare de retrouver des larves dans le milieu lotique colonisé par la végétation ou dans des zones lenticques plus profondes, mais avec des densités beaucoup plus faibles (Taverny & Elie, 2010).

$$S_{\text{crois lamproie}} = \sum S_{\text{CLE}}$$

1.13.2. Estimation du potentiel pour le saumon atlantique (*Salmo salar*)

Description des zones de reproduction

Le saumon se reproduit dans la zone d'interface entre les plats courants et les radiers ou les rapides, dans les parties moyennes à hautes des rivières et des fleuves. Ils affectionnent des vitesses de courant allant jusqu'à $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ mais l'optimum se situe entre $0,4$ et $0,7 \text{ m.s}^{-1}$, pour une profondeur comprise entre $0,1$ et $0,5 \text{ m}$. La granulométrie du substrat des frayères est plus grossière que pour les autres poissons migrateurs étudiés ici. Les frayères sont composées principalement de pierres et de cailloux accompagnés de graviers et parfois de blocs (Courot 1987 dans Souchon & Valentin 1991).

Estimation du potentiel d'accueil de géniteurs de saumons

La méthode utilisée pour calculer la surface des zones potentielles de reproduction du saumon atlantique constitue à sommer l'ensemble des surfaces favorables entre les plats courant et les radiers. Les radiers dont la granulométrie principale est inférieure au caillou fin (CF) et ceux dont la granulométrie secondaire est inférieure au gravier grossier (GG) sont écartés. Nous ne discriminerons pas les radiers composés principalement de roche mère, substrat qui est pourtant incompatible avec la reproduction, car les estimations des surfaces favorables en tête de radier, dans ces cas, ont été réalisées directement sur le terrain.

$$S \text{ repro}_{\text{saumon}} = \sum S \text{ interface favorable PLA / RAD}$$

Un second calcul, plus restrictif, est réalisé en éliminant les radiers qui sont principalement composés de cailloux fins (CF) et secondairement de graviers grossiers (GG). En effet, ces sites de reproduction sont représentatifs de la limite inférieure du préférendum d'habitat de fraie du saumon. Ils peuvent être observés au niveau de frayères forcées, visibles en aval d'un ouvrage ou sur la partie aval des cours d'eau (pente plus faible et granulométrie plus fine), pour des individus migrant tardivement. Ce calcul permet donc de mettre en évidence la surface minimale de frayère idéale pour les saumons sur l'ensemble du tracé de la Besbre.

$$S' \text{ repro}_{\text{saumon}} = \sum S \text{ interface favorable (sans CF) PLA / RAD}$$

Un troisième calcul ne prend en compte que les interfaces favorables (sans CF) de la partie salmonicole de la Besbre (1^{er} catégorie à partir du pont de Lapalisse). Ce calcul semblerait correspondre à l'exploitation optimale la plus probable de la Besbre par le saumon. En effet, la pente moyenne du cours d'eau à Lapalisse devient supérieure à $0,2 \%$, limite aval de la répartition du saumon en rivière décrite par Bachelier en 1963.

$$S'' \text{ repro}_{\text{saumon}} = \sum S \text{ interface favorable (sans CF) PLA / RAD en 1}^{\text{ère}} \text{ catégorie}$$

Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des juvéniles de saumon

Les alevins comme les juvéniles de saumon montrent une préférence pour les habitats peu profonds (de 10 à 90 cm) où la vitesse d'écoulement est supérieure à 20 cm.s^{-1} et peut excéder 1 m.s^{-1} . L'habitat est caractérisé par une granulométrie grossière allant du gravier au bloc (Courot 1987 dans Souchon & Valentin 1991). Cela correspond aux plats et chenaux lotiques, aux radiers et radiers à blocs ainsi qu'aux rapides selon la classification de Malavoi et Souchon (2002). Les faciès dont la granulométrie dominante est inférieure aux cailloux fins

(CF) ou principalement composée de roche mère (R), ne présentant pas d'intérêt pour la croissance, seront écartés pour cette évaluation. Le calcul permettant d'évaluer la surface potentielle de croissance pour les jeunes saumons est appelé « Equivalent Radier Rapide » (Porcher & Prévost 1996 dans Minster & Bomassi, 1999).

$$S \text{ ERR} = S \text{ crois}_{\text{saumon}} = \sum S \text{ RAD} + \sum S \text{ CLO} + \sum S \text{ RAP} + (1/5 * \sum S \text{ PLA})$$

Comme pour la surface de reproduction, un second calcul des surfaces potentielles optimales les plus probables de croissance des juvéniles de saumons, qui ne prend en compte que la partie salmonicole de la Besbre, est réalisé.

$$S' \text{ ERR} = S \text{ crois}_{\text{saumon}} = \sum S \text{ RAD} + \sum S \text{ CLO} + \sum S \text{ RAP} + (1/5 * \sum S \text{ PLA}) \text{ en 1}^{\text{ère}} \text{ catégorie}$$

Estimation du nombre de smolts dévalant et du nombre de géniteur sur frayère

Les densités de smolts produits, appelées taux de production, sur le bassin de la Loire ont été définies comme étant comprises entre 3,5 et 10 smolts, et ayant 7,5 pour valeur moyenne pour 100 m² de surface productive (Carmié 1997 dans Minster & Bomassi, 1999). Un calcul de production a été réalisé pour les deux surfaces de production précédemment obtenues (globale et 1^{ère} catégorie) et ceci en appliquant chaque taux de production (min, max et moy).

$$\text{nb}_{\text{smolts}} = \text{taux de production} \times S \text{ ERR}$$

Le nombre de géniteurs sur frayère est calculé à partir des taux de production de smolts sur l'ensemble du linéaire de la Besbre auxquels des taux de survie, pour les différentes phases de vie, sont appliqués d'après les données utilisées par Minster et Bomassi en 1999. Dans un second temps, différents taux de survie de montaison et de dévalaison sont utilisés afin d'appréhender les impacts des conditions de circulation actuelles (données ONEMA de l'annexe 7) et optimales (transparence des ouvrages) pour les saumons (attention, les valeurs de taux de survie utilisées sont arbitrairement choisies pour représenter les cas extrêmes). Un calcul supplémentaire ne prend en compte que la surface de production de la 1^{ère} catégorie piscicole à l'aval du barrage hydroélectrique de Saint Clément. En effet, cet ouvrage reste le principal verrou du bassin de la Besbre (20 m de hauteur).

1.13.3. Estimation du potentiel pour l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil

Pendant leur croissance, les anguilles migrent progressivement vers l'amont des fleuves et des rivières. Elles peuvent coloniser le milieu, tous faciès confondus, jusqu'à la limite de leur aire de répartition, c'est-à-dire 1 000 m d'altitude (Steinbach, 2001).

$$S \text{ crois}_{\text{anguille}} = \sum S \text{ en eau aval 1 000 m}$$

1.13.4. Estimation du potentiel pour la grande alose (*Alosa alosa*)

Description des zones de reproduction

L'alose se reproduit préférentiellement dans les cours d'eau supérieurs à 50 m de large. Cependant il n'est pas rare d'observer ce poisson dans les fleuves côtiers de petite taille (Baglinière & Elie, 2000). C'est pourquoi cette espèce n'a pas été exclue dans cette étude malgré la faible largeur de la Besbre (inférieur à 20 m). La fraie, ou bull, se produit en général

dans les zones de profondeur variant de 50 cm à 3 m pour des vitesses de courant comprises entre 0,9 et 2 m.s⁻¹, soit sur des tronçons délimités en amont par une mouille ou un plat courant et en aval par un radier ou une zone d'accélération (Figure 10). La granulométrie est principalement composée de cailloux et de pierres, accompagnés de graviers (Baglinière & Elie, 2000 ; Belaud & al, 2001 ; Boisneau & al, 1990).

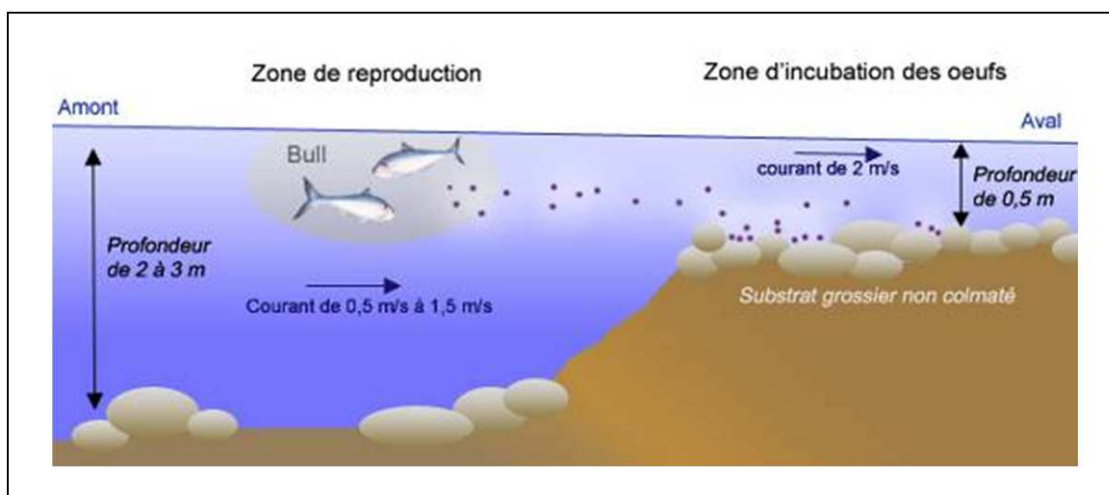


Figure 10 : schéma d'une frayère typique de grande alose (source LOGRAMI, réalisation P. Portafaix).

Estimation du potentiel d'accueil des géniteurs

La surface favorable correspond à la totalité du faciès considéré comme adéquat pour la reproduction des grandes aloses et situé en amont des radiers.

$$S_{\text{repro}}_{\text{alose}} = \sum \text{PLA favorable} + \sum \text{CLO favorable}$$

Description des zones de croissance et estimation du potentiel d'accueil des alosons

Après une semaine d'incubation environ, les larves émergent et restent dans la zone de déposition des œufs (le radier). Elles se cachent dans les interstices du substrat pour éviter la prédation jusqu'à la résorption totale du vitellus*.

$$S_{\text{crois}}_{\text{alose}} = \sum S_{\text{en aval des frayères}}$$

Ensuite, les juvéniles restent de 3 à 6 mois en rivière avant de dévaler. Ils réalisent des migrations transversales et dans la colonne d'eau pour varier leur alimentation (Baglinière & Elie, 2000). La croissance des alosons* requiert donc un ensemble de faciès complémentaires et non un en particulier.

1.13.5. Synthèse des habitats de reproduction et de croissance des poissons migrants

Le Tableau 1 récapitule les caractéristiques physiques des habitats de croissance et de reproduction des espèces de poissons migrants.

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques physiques des habitats de croissance et de reproduction des poissons migrateurs.

	Stade	Vitesse de courant	Profondeur	Granulométrie	Faciès
Anguille	croissance	en dessous d'une limite altitudinale de 1000 m			
Saumon	reproduction	0,2 à 1 m.s-1	0,15 à 1 m	cailloux et pierres (P) graviers (S)	plat-courant et radier
	croissance	0,2 à 1,8 m.s-1	0,1 à 0,9 m	graviers, cailloux, pierres et blocs	plat-courant, radier et rapide
Lamproie	reproduction	0,15 à 0,8 m.s-1	0,1 à 1,5 m	cailloux et graviers (P) pierres et blocs (S)	plat-courant, radier et chenal lotique
	croissance	0 à 0,45 m.s-1	qq cm à 3 m	sable et limon	mouille et chenal lentique
Grande Alose	reproduction	0,5 à 1,5 m.s-1	0,5 à 3 m	pierres fines, cailloux et graviers	chenal lotique plat-courant
	croissance	0,2 à 2 m.s-1	variable	variable	variable

1.14. Protocole de prospection de terrain

Le protocole de l'étude demande de caractériser l'ensemble des faciès du linéaire de la Besbre en remontant la rivière depuis la confluence jusqu'au moulin Côte par équipe de 2 personnes. Cette limite amont est choisie car au-delà la pente moyenne du cours d'eau est supérieure à 2 % et la granulométrie devient trop grossière pour la reproduction des saumons et des lamproies. Le plan d'échantillonnage a nécessité 18 jours de prospections ($\approx 5,6$ km/jour) afin de couvrir un linéaire de cours d'eau de 102 km.

Les données ont été récoltées manuellement dans un premier temps, puis à l'aide d'un ordinateur de poche : Gétac® PS236. Le logiciel de cartographie CartoPocket® compatible avec MapInfo® est installé sur l'ordinateur afin de faciliter la prise de données.

Pour chaque faciès noté à dire d'expert, différentes caractéristiques sont relevées :

- le type de faciès identifié selon la classification de Malavoi et Souchon (2002) (Figure 11). Le plat lentique et les chenaux lenticques ne seront pas dissociés dans cette étude car ils n'interviennent, en terme de potentiel d'accueil, que pour la croissance des larves ammocètes de lamproies marines et ils sont tous deux favorables pour ce stade ;
- Les granulométries principales et secondaires selon la classification de Wentworth (1922) modifiées dans Malavoi (1989) (Tableau 2) ;
- La longueur et la largeur ont été mesurées à l'aide d'un double décimètre lors de la première partie de la campagne de terrain. Par la suite, la longueur a été calculée par l'intermédiaire du logiciel de cartographie. Ces deux paramètres ont servi à mesurer la surface de chaque faciès ;
- Les surfaces favorables à la reproduction des poissons grands migrateurs sont également mesurées avec le double décimètre.

Les données prises manuellement sont ensuite retranscrites dans le logiciel de cartographie en prenant comme support les orthophotos fournies par le Centre Régional Auvergnat de l'Information Géographique (CRAIG).

1.15. Analyses de la répartition granulométrique et des faciès

Le logiciel Excel est utilisé pour identifier les ruptures de pente par l'intermédiaire du profil en long de la rivière. Un découpage de la rivière par pente homogène a été réalisé afin d'analyser la répartition des faciès et de la taille des granulats le long du linéaire de la Besbre. Chaque secteur obtenu a été caractérisé selon les faciès dominants et la granulométrie dominante.

L'intégralité de la retenue de Saint Clément (1,8 km à 0 %) a été écartée pour réaliser ces calculs, car cet ouvrage est situé sur une partie du cours d'eau à forte pente et sa prise en compte fausserait la répartition naturelle des faciès. Les autres retenues, de plus faible envergure, situées sur la partie aval ont, quant à elles, été prises en compte car il a été estimé que leurs impacts sur la répartition naturelle des faciès étaient négligeables.

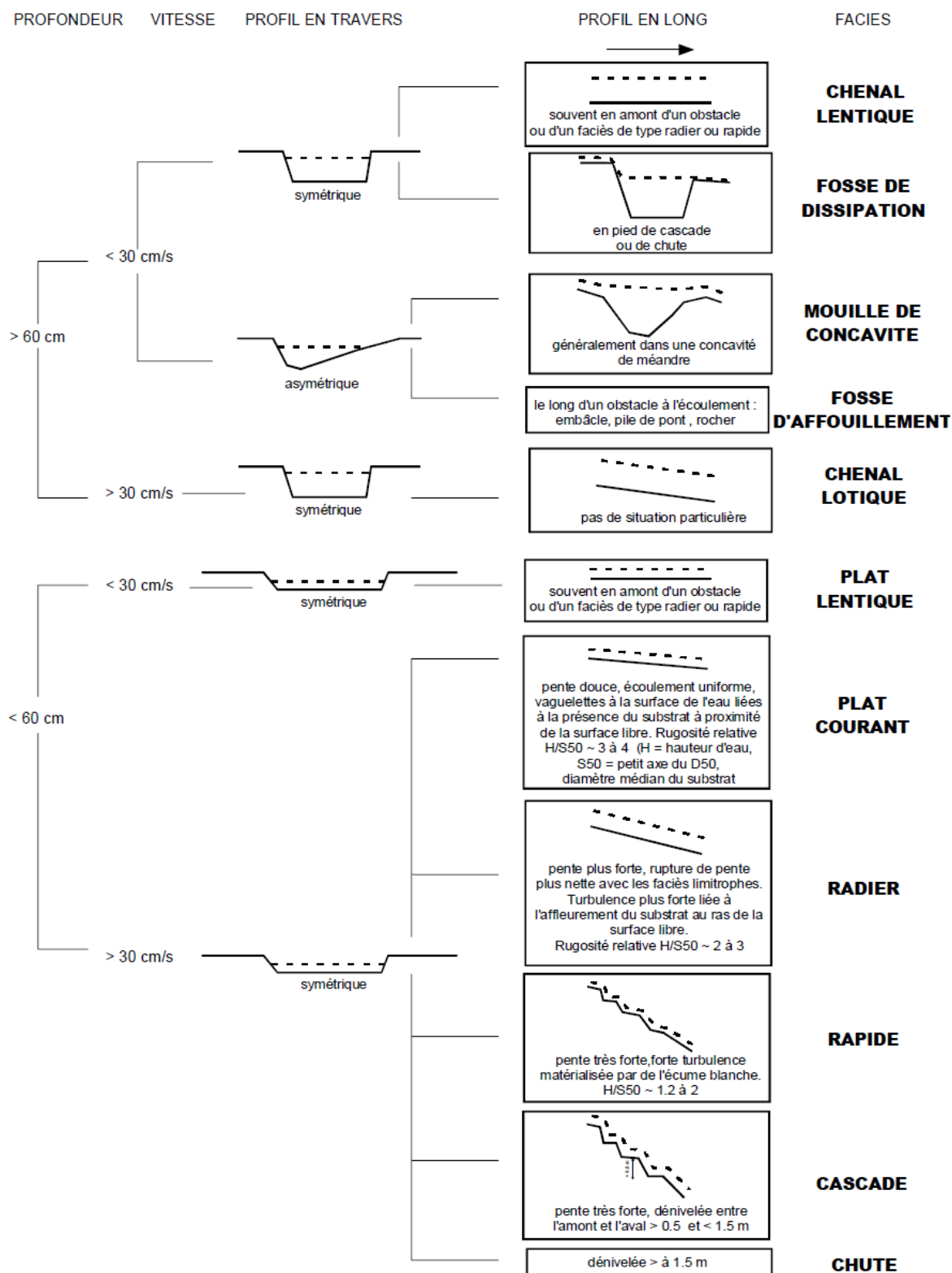


Figure 11 : clé d'identification des faciès de Malavoi et Souchon (2002).

Tableau 2 : échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifié dans Malavoi (1989).

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

1.16. Cartographie et traitement de données

Les données cartographiques « réseau hydrographique » et « bassin versant » ont été digitalisées, par l'intermédiaire des SCAN25 fournis par le CRAIG, sur le logiciel MapInfo 7.8.

Les analyses (longueur des tronçons, cartographie des barrages, longueur des faciès) sont réalisées sur le logiciel MapInfo, puis les calculs de surfaces (des faciès, de potentiel d'accueil) et du nombre d'individus (sur frayère ou dévalant) en fonction des surfaces d'accueil, à l'aide du logiciel Excel.

Afin de mieux mettre en évidence l'effet des barrages sur la perte d'habitats disponibles pour les poissons migrateurs ou le gain provoqué par leur traitement, les surfaces potentielles ont été réparties par tronçon inter-ouvrages. Inversement, cette segmentation est utilisée pour mettre en évidence l'effet cumulé qu'aurait l'aménagement ou l'arasement d'une partie ou de l'ensemble des obstacles à la migration de la Besbre.

La base de données des ouvrages de la Besbre fournie par l'ONEMA a été mise à jours.

Résultats

1.17. Déroutement et conditions des prospections de terrain

1.17.1. Bilan

Les prospections de terrain se sont déroulées entre le 23 mai et le 12 juillet 2011. Au total, 18 jours ont été nécessaires pour prospecter 102 km de linéaire de la Besbre, de la confluence avec la Loire jusqu'au moulin Côte (Laprugne) (Figure 12 et Figure 13).



Figure 12 : Prospection de terrain (source LOGRAMI).

Le profil en long de la Besbre met en évidence 7 secteurs distincts de pente homogène (Figure 13) :

- De la confluence avec la Loire jusqu'à la confluence avec le Graveron : 52,3 km à 0,096 %.
- De la confluence avec le Graveron jusqu'au moulin Neuf : 14,7 km à 0,201 %.
- Du moulin Neuf jusqu'au moulin Darots : 14,1 km à 0,415 %
- Du moulin Darots au barrage de Saint Clément : 7,6 km à 1,416 %.
- Retenue du barrage de Saint Clément : 1,8 km à 0%.
- Du remous du barrage de Saint Clément jusqu'au moulin Côte : 11,9 km à 0,795 %.
- Du moulin Côte jusqu'à la source : 11,6 km à 5,266% (non prospecté).

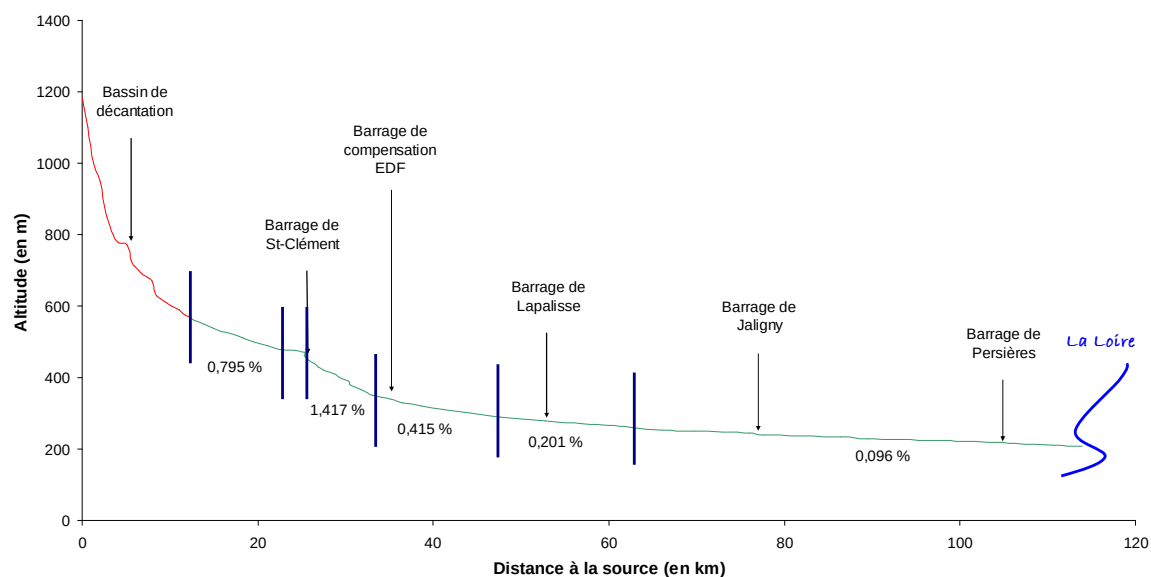


Figure 13 : Profil en long de la Besbre (Source LOGRAMI). Le linéaire en vert représente la partie prospectée et en rouge celle qui ne l'a pas été. Les traits bleus verticaux décrivent les limites des secteurs de pente homogène dont le pourcentage est noté sous la courbe. Les flèches indiquent la position de certains ouvrages.

1.17.2. Conditions hydrologiques

L'hydraulicité* des mois de mai et juin est respectivement de 0,163 et 0,149 alors que celle de juillet est de 2,03 pour la station de Saint Pourçain sur Besbre (Figure 14). La valeur plus forte du mois de juillet est due à des épisodes de fortes pluies durant les deux derniers tiers du mois. Ainsi, la phase de terrain s'étant déroulée dans des conditions d'étiage prononcé, toutes les surfaces mouillées doivent être considérées comme des *minima*.

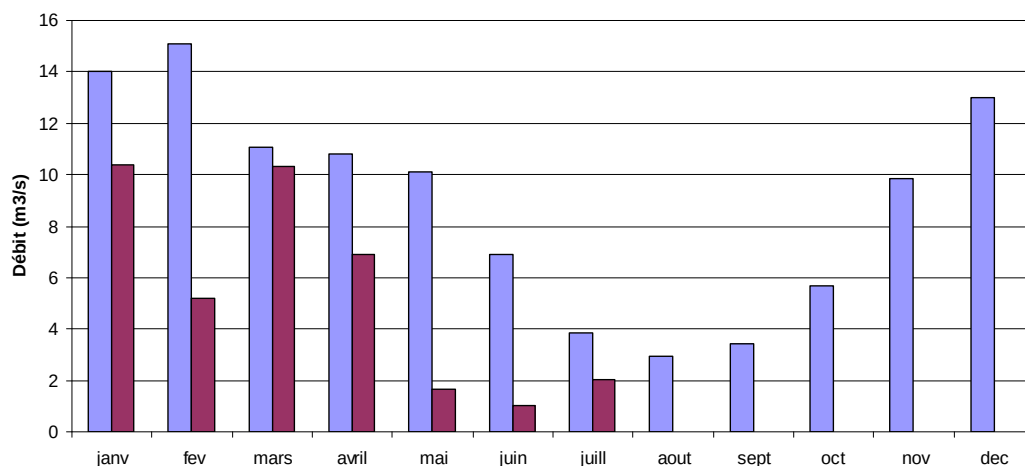


Figure 14 : Comparaison des débits de la Besbre entre 2011 (en violet) avec la moyenne inter-annuelle calculée entre 1966 et 2011 (en bleu) à la station de Saint Pourçain sur Besbre (source : eauFrance).

En raison d'un calendrier opérationnel trop chargé et d'une hydrologie défavorable (conditions non identiques à celles observées lors des prospections systématiques), une validation des dires d'expert, par les mesures des paramètres vitesses du courant et profondeurs, initialement prévue, n'a pu être réalisée. Nous considérerons dans cette étude que la classification des faciès par les experts est valide.

1.18. Analyses de la répartition des faciès et de la granulométrie

L'ensemble des radiers (RAD), radiers à blocs (RAB) et rapides (RAP) ne représente que 15 % de la surface totale (Figure 15).

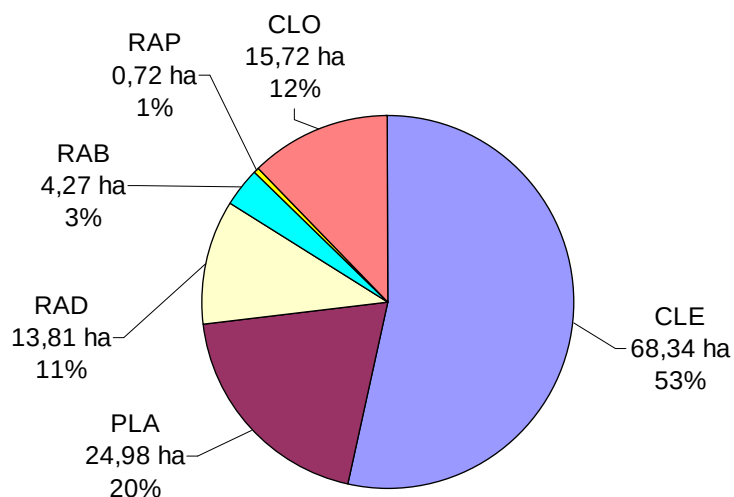


Figure 15 : Répartition des surfaces des différents faciès sur le linéaire de la Besbre (Source LOGRAMI).

Plus de la moitié de la surface de la Besbre est composée de zones lenticues (CLE). Cependant, 51,2 % de cette surface est induite par les barrages (lac de retenue) (Tableau 3). L'ouvrage ayant le plus d'impact, d'un point de vue de perte d'habitat pour les espèces aquatiques, est celui de St Clément (1,8 km de linéaire) qui représente 27,6 % de la totalité des CLE. Sans prendre en compte cette retenue, le pourcentage de surface des CLE induits par les retenues est de 32,5 %.

Tableau 3 : surfaces des CLE induites par les barrages (Source LOGRAMI).

	Surface totale des CLE	Surfaces des CLE induites par les retenues	Surface de la retenue de St Clément
Surface en ha	68,3371	34,9668	18,8904
Pourcentage	100%	51,2%	27,6%

Une évolution progressive de la répartition des faciès ainsi que de la granulométrie est visible sur le linéaire de la Besbre (Tableau 4).

Sur les deux premiers secteurs aval, la plaine alluviale permet à la rivière de divaguer : la pente est faible (val de Besbre). Nous remarquons que la majeure partie de la zone classée en 2^{nde} catégorie est principalement composée de zones lenticues, de plats courants* et de chenaux lotiques. Les vitesses d'écoulement plus faibles favorisent le dépôt de particules plus fines. Il est donc normal d'observer une granulométrie composée de sables et de graviers.

A noter que sur les derniers hectomètres de son cours, la Besbre méandre dans le lit majeur de la Loire et remobilise une granulométrie plus grossière que sur son cours un peu plus en amont dans le val.

Tableau 4 : Comparaison de la composition du type de faciès et de la granulométrie principale dans 5 tronçons de pente homogène représenté sous forme de surface et de pourcentage de recouvrement (Source LOGRAMI). D'après l'échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifié dans Malavoi et Souchon (1989) (tableau 1) ; A : Argile, L : Limon, S : Sable, GF : Gravier Fin, GG : Gravier Grossier, CF : Caillou Fin, CG : Caillou Grossier, PF : Pierre Fine, PG : Pierre Grossière, B : Blocs, R : Roche mère.

Tronçon	De la confluence de la Loire à confluence du Graveron (52,3 km)	De la confluence du Graveron au moulin neuf (14,7 km)	Du Moulin neuf au Moulin Darots (14,1 km)	Du Moulin Darots au barrage de St Clément (7,5 km)	Des remous du barrage de St Clément (exclu) au Moulin Côte (11,9 km)
---------	---	---	--	--	--

Granulométrie principale	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage
A	634,4	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
L	2 449,9	0,4%	2 309,9	1,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
S	282 007,7	44,8%	111 942,0	50,9%	24 826,7	22,6%	8 323,6	14,9%	3 740,9	4,9%
GF	131 486,9	20,9%	16 880,6	7,7%	5 773,5	5,2%	1 267,6	2,3%	2 610,6	3,5%
GG	99 824,8	15,9%	6 532,5	3,0%	531,9	0,5%	2 442,2	4,4%	970,0	1,3%
CF	84 650,0	13,5%	14 430,1	6,6%	1 283,4	1,2%	0	0,0%	1 380,2	1,8%
CG	17 286,3	2,7%	33 021,3	15,0%	4 408,1	4,0%	369,1	0,7%	1 338,7	1,8%
PF	7 208,0	1,1%	23 215,7	10,6%	22 221,8	20,2%	3 788,9	6,8%	10 311,7	13,6%
PG	1 324,6	0,2%	7 050,8	3,2%	38 137,8	34,7%	18 010,4	32,3%	46 454,2	61,5%
B	2 211,9	0,4%	1 602,0	0,7%	10 246,9	9,3%	19 941,4	35,8%	1 786,0	2,4%
R	212,6	0,0%	2 749,2	1,3%	2 585,2	2,3%	1 536,7	2,8%	6 999,5	9,3%
Total	629 297,1	100%	219 734,1	100%	110 015,3	100%	55 679,9	100%	75 591,8	100%

Type de Faciès	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage	Surface	Pourcentage
CLE	299 938,4	47,7%	121 843,5	55,5%	53 045,9	48,2%	13 472,6	24,2%	7 167,6	9,5%
CLO	128 884,1	20,5%	15 368,7	7,0%	3 650,7	3,3%	1 354,6	2,4%	2 792,8	3,7%
PLA	135 372,9	21,5%	49 465,6	22,5%	27 168,8	24,7%	15 343,5	27,6%	22 989,8	30,4%
RAD	63 617,1	10,1%	31 340,7	14,3%	16 644,7	15,1%	3 471,9	6,2%	35 889,0	47,5%
RAB	855,5	0,1%	1 487,3	0,7%	9 505,2	8,6%	16 825,7	30,2%	5 671,3	7,5%
RAP	629,1	0,1%	228,4	0,1%	0	0,0%	5 211,5	9,4%	1 081,3	1,4%
Total	629 297,1	100%	219 734,2	100%	110 015,3	100%	55 679,8	100%	75 591,8	100%

Les radiers à blocs et les rapides se situent principalement dans la partie en amont de Lapalisse. Dans ce tronçon la pente est la plus forte et la rivière est contrainte par la montagne bourbonnaise, constituée de roche dure (granite). Les zones lenticulaires recouvrent des surfaces de moins en moins importantes en amont du barrage de compensation. Le substrat est alors de taille très grossière, principalement constitué par des pierres fines et grossières ainsi que des blocs.

Le récapitulatif de la surface de l'ensemble des faciès par tronçon est décrit dans l'annexe 8. Une représentation cartographique de l'ensemble des faciès de la Besbre a été réalisée (carte 6 de l'atlas cartographique).

1.19. Les ouvrages de la Besbre

La prospection réalisée a permis de mettre à jours la base de donnée « ouvrage » fournie par l'ONEMA. Nous avons recensé 4 ouvrages transversaux qui ne figuraient pas encore dans cette base. Le premier, situé en aval de Jaligny, est un enrochement qui semble servir d'abreuvoir. Un second, en aval du barrage de compensation, ne paraît avoir aucune utilité et une brèche en rive gauche s'est formée. Les deux derniers se trouvent en amont du barrage de Saint Clément. Ils sont constitués d'anciens poteaux électriques placés en travers de la rivière (Figure 16.A).

Le barrage de Lapalisse ainsi que celui du Moulin Neuf présentaient des brèches lors de l'inventaire réalisé par l'ONEMA en 2005. Ils sont désormais ouverts sur une largeur suffisamment importante laissant libre la circulation des poissons (Figure 16.B). Nous avons donc réduit les notes à 0 par rapport à la grille de notation de Pierre Steinbach établie en 2005.

L'ouvrage de Dompierre sur Besbre vient d'être équipé d'une passe à poissons. Sa classe de franchissabilité a donc été réduite à 1 par cet aménagement. N'étant pas des experts en évaluation de la franchissabilité des ouvrages, nous n'attribuerons pas de note précise à ce barrage (annexe 7). Cependant, étant donné les conditions actuelles de gestion de l'ouvrage par VNF (décrit plus loin), cette note devrait être proche de 2.



Figure 16 : la photo de droite (A) illustre le plus imposant des ouvrages transversaux constitués d'anciens poteaux électriques (non indiqué par l'ONEMA en 2005 mais figurant dans un inventaire de 2001). Celle de gauche (B) montre l'ouverture par érosion du barrage de Lapalisse (source LOGRAMI).

Les deux ouvrages devenus transparents par érosion naturelle ainsi que les deux nouveaux ouvrages situés en amont du barrage de Saint Clément ne sont pas pris en compte dans la constitution des tronçons inter-ouvrages permettant d'appréhender la répartition des potentialités d'accueil le long de l'axe.

1.20. Surfaces potentielles de reproduction et de production

1.20.1. La lamproie marine

Potentiel de reproduction

La surface potentielle maximale de reproduction de la lamproie marine ($S_{\text{repro lamproie}}$) est de 54,5 ha sur le linéaire prospecté. Sur cette surface environ 600 000 adultes pourraient se reproduire.

D'un point de vue plus restrictif, en prenant en compte uniquement les zones préférentielles de l'espèce pour se reproduire, la surface ($S'_{\text{repro lamproie}}$) est de 8 604 m² réparti en 568 frayères. Cette valeur correspond à 9 292 géniteurs pour l'hypothèse basse et 9 593 pour l'hypothèse haute (Tableau 5).

En considérant la surface restrictive S' (carte 6 de l'atlas cartographique) :

- L'aval de Jaligny représente 31 % des surfaces potentielles de reproduction pour les lamproies marines (36,9 km de linéaire depuis la confluence avec la Loire).
- Le secteur où la concentration de zone de reproduction est la plus forte se situe entre Trèzelles et le moulin Marin : 20 % de la surface S' soit 75 frayères pour 10 km de linéaire.
- D'un point de vue plus large, 64 % de S' est compris entre l'enrochement qui sert d'abreuvoir (entre Vaumas et Jaligny) et le barrage du Breuil pour 40 km. On compte un total de 280 frayères dans cette zone.
- La concentration des frayères potentielles diminue largement en amont du Breuil. Elle ne représente que 10 % de S' pour 30 km.

Potentiel de croissance

Les zones favorables pour la croissance des ammocètes ne paraissent pas limitantes sur la Besbre. Elle représente 68,3 ha soit 53,5 % du linéaire (Tableau 5). Tout d'abord, le linéaire comporte un grand nombre de barrages caractérisés par des zones de dépôt qui correspondent au préférendum d'habitat des larves de lamproie. De plus, des litières ont été observées en grand nombre tout le long du linéaire à proximité de bancs de convexité, en aval direct de souches d'arbre dans l'eau, dans les contre-courants. Ainsi, malgré une perte non négligeable d'habitat calculé ici lors de l'effacement de certain barrage, l'habitat propice à la croissance des larves de lamproie ne semble pas menacé.

L'aval du secteur de Vaumas représente 15 % des lits à ammocètes, 50 % en aval du moulin Marin et 63 % en aval du Breuil.

1.20.2. Le saumon atlantique

Potentiel de reproduction

En prenant en compte l'intégralité du linéaire prospecté, la surface potentielle maximale d'accueil pour la reproduction du saumon atlantique est de 6 233 m², et la surface ne tenant compte que de la granulométrie plus grossière (sans CF) est de 4 392 m² dont 2 359 m² en zone salmonicole, soit 54 % (tableau 4).

Nous remarquons que pour ces deux premiers calculs, environ 90 % (soit respectivement 5 695 et 3 897 m²) de la surface d'accueil pour la fraie des saumons se situe en aval du barrage de Saint Clément, et 81 % (soit 1 864 m²) pour le troisième.

En considérant la surface de reproduction potentielle sans caillou fin (carte 7 de l'atlas cartographique) :

- Les 500 premiers mètres de la Besbre, soit 0,5 % du linéaire, représentent 1,6 % de la surface potentielle de reproduction du saumon, répartie en 8 frayères, alors que l'aval de Jaligny (36,9 km) ne représente que 10 % des surfaces potentielles pour 24 frayères. En effet, dans le premier secteur, la Besbre s'écoule dans le lit majeur de la Loire qui est composé de granulats plus grossiers que dans le val de Besbre, on y observe plusieurs frayères de grande taille.
- Le secteur où la concentration de zone de reproduction est la plus forte se situe entre le barrage de Chatelard et le barrage du Breuil : 26 % de la surface pour 14,5 km de linéaire.
- D'un point de vue plus large, 65 % de la surface, soit 152 frayères, est comprise entre Trèzelles et le barrage du Breuil pour 24,7 km.
- Le linéaire situé entre le Breuil et le barrage de Saint Clément ne représente que 10 % de la surface potentielle de reproduction pour un linéaire de 17,5 km. Cela peut s'expliquer, d'une part, par la présence d'un grand nombre d'ouvrage (9) créant de vastes zones lenticulaires et, d'autre part, par la présence d'une granulométrie trop grossière (blocs).
- La dernière portion du linéaire du barrage des plans jusqu'au moulin Côte représente 10 % de la surface pour un linéaire de 12 km réparti sur 57 frayères.

Potentiel de croissance

La surface propice à la croissance sur le linéaire de la Besbre, en utilisant la formule d'ERR, est de 19,4 ha dont 78 % est située en aval du barrage de Saint Clément (Tableau 7). La même méthode appliquée à la zone salmonicole donne 12,5 ha dont 65 % en aval du barrage de Saint Clément (Tableau 7).

Le nombre moyen de smolts dévalant pour chacune des méthodes est respectivement de 14 420 et 6 138. La Figure 17 correspond à une zone de croissance pour les juvéniles de saumons.

En considérant la surface de croissance potentielle sur l'ensemble du linéaire prospecté :

- Le linéaire situé entre la confluence avec la Loire et Jaligny ne représente que 10 % de la surface potentielle de croissance pour un linéaire de 47,8 km.
- Le secteur où la concentration de zone de reproduction est la plus forte se situe en aval du barrage de Saint Clément, entre le moulin Gouyon et le Moulin Roc : 27 % de la surface pour 4,8 km de linéaire. Cela peut s'expliquer par la présence d'une granulométrie grossière, principalement composée de blocs, ainsi qu'une forte pente sur ce tronçon (1,4 %).
- D'un point de vue plus large, 90 % de la surface est comprise entre Jaligny et le moulin Côte pour 54,2 km.

Tableau 5 : Surfaces potentielles d'accueil et nombre de géniteurs du bassin de la Besbre par tronçon pour la lamproie marine et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI).

Limite aval du tronçon	Limite amont du tronçon	Surface de repro maximale lamproie	Surface de repro maximale cumulée lamproie	Pourcentage cumulé	nb de nid	nb de géniteurs (hypothèse basse)	nb de géniteurs (hypothèse haute)	Surface de repro minimale lamproie	Surface de repro minimale lamproie cumulée	Pourcentage cumulé	nb de frayère	nb de nid	nb de géniteur (hypothèse basse)	nb de géniteur (hypothèse haute)	Surface de croissance des ammocètes	Surface de croissance cumulée des ammocètes	Pourcentage cumulé
Confluence Loire	Persières	52 004	52 004	10%	26 002	56 164	57 984	556	556	6%	39	278	600	620	59 670	59 670	9%
Persières	Vaumas	121 843	173 847	32%	60 922	131 590	135 855	1 063	1 619	19%	55	532	1 148	1 185	39 482	99 152	15%
Vaumas	Enrochement abreuvoir	42 790	216 637	40%	21 395	46 213	47 711	501	2 120	25%	44	251	541	559	44 841	143 993	21%
Enrochement abreuvoir	Jaligny	16 729	233 366	43%	8 365	18 067	18 653	543	2 663	31%	26	272	586	605	38 874	182 867	27%
Jaligny	Trèzelles	77 737	311 103	57%	38 869	83 956	86 677	1 117	3 780	44%	47	559	1 206	1 245	88 735	271 602	40%
Trèzelles	Moulin Figourdine	46 850	357 953	66%	23 425	50 598	52 238	1 494	5 274	61%	68	747	1 614	1 666	57 648	329 250	48%
Moulin Figourdine	Moulin Marin	7 967	365 920	67%	3 984	8 604	8 883	127	5 401	63%	7	64	137	142	10 295	339 545	50%
Moulin Marin	Roc Foucaud	37 851	403 771	74%	18 926	40 879	42 204	933	6 334	74%	47	467	1 008	1 040	38 604	378 149	55%
Roc Foucaud	Chatelard	5 229	409 000	75%	2 615	5 647	5 830	143	6 477	75%	8	72	154	159	14 692	392 841	57%
Chatelard	Moulin Neuf	9 783	418 783	77%	4 892	10 566	10 908	389	6 866	80%	19	195	420	434	20 416	413 257	60%
Moulin Neuf	Chez Jean	9 082	427 865	79%	4 541	9 809	10 126	381	7 247	84%	22	191	411	425	9 262	422 519	62%
Chez Jean	Breuil 2	10 738	438 603	80%	5 369	11 597	11 973	406	7 653	89%	32	203	438	453	8 143	430 662	63%
Breuil 2	Breuil 1	218	438 821	81%	109	235	243	10	7 663	89%	4	5	11	11	602	431 264	63%
Breuil 1	Poteau EDF	464	439 285	81%	232	501	517	15	7 678	89%	2	8	16	17	5 993	437 257	64%
Poteau EDF	Moulin Clavel	8 909	448 194	82%	4 455	9 622	9 934	105	7 783	90%	22	53	113	117	4 794	442 051	65%
Moulin Clavel	Ouvrage non répertorié	15 289	463 483	85%	7 645	16 512	17 047	167	7 950	92%	35	84	180	186	8 199	450 250	66%
Ouvrage non répertorié	Barrage de compensation	4 605	468 088	86%	2 303	4 973	5 135	23	7 973	93%	3	12	25	26	3 416	453 666	66%
Barrage de compensation	Moulin Darots	4 068	472 156	87%	2 034	4 393	4 536	1	7 974	93%	1	1	1	1	20 472	474 138	69%
Moulin Darots	Moulin Châtel	4 616	476 772	87%	2 308	4 985	5 147	53	8 027	93%	15	27	57	59	5 362	479 500	70%
Moulin Châtel	Moulin Moutet	619	477 391	88%	310	669	690	0	8 027	93%	0	0	0	0	433	479 933	70%
Moulin Moutet	Moulin Gouyon	688	478 079	88%	344	743	767	2	8 029	93%	1	1	2	2	2 134	482 067	71%
Moulin Gouyon	Roc (Ancienne Scierie)	11 971	490 050	90%	5 986	12 929	13 348	30	8 059	94%	10	15	32	33	4 106	486 173	71%
Roc (Ancienne Scierie)	Barrage de St Clément	1 671	491 721	90%	836	1 805	1 863	7	8 066	94%	2	4	8	8	1 127	487 300	71%
Barrage de St Clément	Barrages des Plans	4 172	495 893	91%	2 086	4 506	4 652	48	8 114	94%	7	24	52	54	189 165	676 465	99%
Barrages des Plans	Moulin de St Clément	6 368	502 261	92%	3 184	6 877	7 100	104	8 218	96%	11	52	112	116	2 331	678 796	99%
Moulin de St Clément	Moulin Jury	18 542	520 803	96%	9 271	20 025	20 674	239	8 457	98%	22	120	258	266	1 464	680 260	100%
Moulin Jury	Scierie	9 934	530 737	97%	4 967	10 729	11 076	89	8 546	99%	9	45	96	99	1 519	681 779	100%
Scierie	Moulin Côte	14 281	545 018	100%	7 141	15 423	15 923	58	8 604	100%	10	29	63	65	1 592	683 371	100%
Total		545 018			272 509	588 619	607 695	8 604			568	4 302	9 292	9 593	683 371		

Tableau 6 : Surfaces (en m²) potentielles de reproduction et nombre de frayères du bassin de la Besbre par tronçon pour le saumon atlantique et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI).

Limite aval du tronçon	Limite amont du tronçon	Surface de repro SAT	Surface de repro cumulée	Pourcentage cumulé	Nombre de frayères	Surface de repro SAT (sans CF)	Surface de repro cumulée	Pourcentage cumulé	Nombre de frayères	Surface de repro SAT (sans CF en 1 ^{er} catégorie)	Surface de repro cumulé	Pourcentage cumulé	Nombre de frayères
Confluence Loire	Persières	338	338	5%	20	249	249	6%	15	0	0	0%	0
Persières	Vaumas	142	480	8%	5	20	269	6%	2	0	0	0%	0
Vaumas	Enrochement abreuvoir	43	523	8%	3	8	277	6%	1	0	0	0%	0
Enrochement abreuvoir	Jaligny	194	717	11%	9	159	436	10%	6	0	0	0%	0
Jaligny	Trèzelles	879	1 596	26%	32	230	666	15%	9	0	0	0%	0
Trèzelles	Moulin Figourdine	1 371	2 967	48%	59	766	1 432	33%	33	0	0	0%	0
Moulin Figourdine	Moulin Marin	82	3 049	49%	5	82	1 514	34%	5	0	0	0%	0
Moulin Marin	Roc Foucaud	916	3 965	64%	45	723	2 237	51%	37	204	204	9%	24
Roc Foucaud	Chatelard	143	4 108	66%	8	143	2 380	54%	8	143	347	15%	8
Chatelard	Moulin Neuf	389	4 497	72%	19	358	2 738	62%	16	358	705	30%	16
Moulin Neuf	Chez Jean	381	4 878	78%	22	375	3 113	71%	20	375	1 080	46%	20
Chez Jean	Breuil 2	406	5 284	85%	32	371	3 484	79%	29	371	1 451	62%	29
Breuil 2	Breuil 1	10	5 294	85%	4	10	3 494	80%	4	10	1 461	62%	4
Breuil 1	Poteau EDF	15	5 309	85%	2	15	3 509	80%	2	15	1 476	63%	2
Poteau EDF	Moulin Clavel	105	5 414	87%	22	105	3 614	82%	22	105	1 581	67%	22
Moulin Clavel	Ouvrage non répertorié	167	5 581	90%	35	167	3 781	86%	35	167	1 748	74%	35
Ouvrage non répertorié	Barrage de compensation	23	5 604	90%	3	23	3 804	87%	3	23	1 771	75%	3
Barrage de compensation	Moulin Darots	1	5 605	90%	1	1	3 805	87%	1	1	1 772	75%	1
Moulin Darots	Moulin Châtel	53	5 658	91%	15	53	3 858	88%	15	53	1 825	77%	15
Moulin Châtel	Moulin Moutet	0	5 658	91%	0	0	3 858	88%	0	0	1 825	77%	0
Moulin Moutet	Moulin Gouyon	2	5 660	91%	1	2	3 860	88%	1	2	1 827	77%	1
Moulin Gouyon	Roc (Ancienne Scierie)	30	5 690	91%	10	30	3 890	89%	10	30	1 857	79%	10
Roc (Ancienne Scierie)	Barrage de St Clément	7	5 697	91%	2	7	3 897	89%	2	7	1 864	79%	2
Barrage de St Clément	Barrages des Plans	48	5 745	92%	7	48	3 945	90%	7	48	1 912	81%	7
Barrages des Plans	Moulin de St Clément	104	5 849	94%	11	64	4 009	91%	10	64	1 976	84%	10
Moulin de St Clément	Moulin Jury	239	6 088	98%	22	239	4 248	97%	22	239	2 215	94%	22
Moulin Jury	Scierie	89	6 177	99%	9	86	4 334	99%	8	86	2 301	98%	8
Scierie	Moulin Côte	58	6 235	100%	10	58	4 392	100%	10	58	2 359	100%	10

Tableau 7 : Surfaces (en m²) potentielles de croissance (ERR) et nombre de smolts produits par tronçon sur l'ensemble du bassin de la Besbre (en vert) et pour la zone salmonicole en aval de Saint Clément (en blanc), pour le saumon atlantique et pourcentage cumulé de ces surfaces de l'aval vers l'amont (Source LOGRAMI)

Limite aval du tronçon	Limite amont du tronçon	nb de km	nb de km cumulé	Surface de croissance tacon (ERR)	Surface ERR cumulé	Pourcentage cumulé	Prod de smolts min. (d = 3,5 smolts/100m²)	Prod de smolts moy. (d = 7,5 smolts/100m²)	Prod de smolts max. (d = 10 smolts/100m²)	Surface ERR en 1er catégorie en aval de Saint Clément	Surface ERR cumulée	Pourcentage cumulé	Prod de smoltsmin (d = 3,5 smolts/100m²)	Prod de smoltsmoy (d = 7,5 smolts/100m²)	Prod de smoltsmax (d = 10 smolts/100m²)
Confluence Loire	Persières	9,271	9,271	16 093	18 063	9%	563	1 207	1 609	0	0	0%	0	0	0
Persières	Vaumas	14,873	24,143	35	18 098	9%	1	3	4	0	0	0%	0	0	0
Vaumas	Enrochement abreuvoir	8,208	32,351	142	18 240	9%	5	11	14	0	0	0%	0	0	0
Enrochement abreuvoir	Jaligny	4,552	36,903	3 355	21 595	11%	117	252	335	0	0	0%	0	0	0
Jaligny	Trèzelles	10,856	47,759	18 041	39 635	20%	631	1 353	1 804	0	0	0%	0	0	0
Trèzelles	Moulin Figourdine	8,947	56,706	13 546	53 181	27%	474	1 016	1 355	0	0	0%	0	0	0
Moulin Figourdine	Moulin Marin	1,243	57,949	1 974	55 155	28%	69	148	197	0	0	0%	0	0	0
Moulin Marin	Roc Foucaud	6,685	64,634	19 750 ou « 57183 » ?	74 905	39%	691	1 481	1 975	5 718	5 718	7%	200	429	572
Roc Foucaud	Chatelard	1,447	66,081	2 098	77 003	40%	73	157	210	2 098	7 816	10%	73	157	210
Chatelard	Moulin Neuf	2,118	68,199	6 323	83 326	43%	221	474	632	6 323	14 139	17%	221	474	632
Moulin Neuf	Chez Jean	1,909	70,107	5 403	88 729	46%	189	405	540	5 403	19 542	24%	189	405	540
Chez Jean	Breuil 2	2,285	72,393	6 252	94 981	49%	219	469	625	6 252	25 794	32%	219	469	625
Breuil 2	Breuil 1	0,120	72,513	165	95 146	49%	6	12	17	165	25 959	32%	6	12	17
Breuil 1	Poteau EDF	0,435	72,947	272	95 418	49%	10	20	27	272	26 231	32%	10	20	27
Poteau EDF	Moulin Clavel	2,063	75,010	6 940	102 359	53%	243	521	694	6 940	33 171	41%	243	521	694
Moulin Clavel	Ouvrage non répertorié	2,869	77,879	8 955	111 313	57%	313	672	895	8 955	42 126	51%	313	672	895
Ouvrage non répertorié	Barrage de compensation	0,994	78,873	3 728	115 041	59%	130	280	373	3 728	45 854	56%	130	280	373
Barrage de compensation	Moulin Darots	2,045	80,918	6 776	121 817	63%	237	508	678	6 776	52 629	64%	237	508	678
Moulin Darots	Moulin Châtel	1,327	82,245	2 950	124 766	64%	103	221	295	2 950	55 579	68%	103	221	295
Moulin Châtel	Moulin Moutet	0,133	82,378	380	125 146	64%	13	28	38	380	55 959	68%	13	28	38
Moulin Moutet	Moulin Gouyon	0,572	82,950	1 712	126 858	65%	60	128	171	1 712	57 671	70%	60	128	171
Moulin Gouyon	Roc (Ancienne Scierie)	4,776	87,726	21 868	148 726	77%	765	1 640	2 187	21 868	79 539	97%	765	1 640	2 187
Roc (Ancienne Scierie)	Barrage de St Clément	0,805	88,531	2 296	151 022	78%	80	172	230	2 296	81 835	100%	80	172	230
Barrage de St Clément	Barrages des Plans	2,447	90,978	2 848	153 870	79%	100	214	285	0	81 835	100%	0	0	0
Barrages des Plans	Moulin de St Clément	1,162	92,140	4 369	158 239	81%	153	328	437	0	81 835	100%	0	0	0
Moulin de St Clément	Moulin Jury	3,772	95,912	13 477	171 716	88%	472	1 011	1 348	0	81 835	100%	0	0	0
Moulin Jury	Scierie	1,427	97,339	7 122	178 837	92%	249	534	712	0	81 835	100%	0	0	0
Scierie	Moulin Côte	4,895	102,234	15 392	194 230	100%	539	1 154	1 539	0	81 835	100%	0	0	0
Total		102,234	102,234	194 230			6 729	14 420	19 226	81 835			2 864	6 138	8 183

Potentiel de retour d'adultes sur frayère

En utilisant les taux de survie tirés de Minster et Bomassi (1999), pour les différents stades du cycle de vie du saumon, à partir du nombre moyen de smolts dévalants produits sur l'ensemble de la surface potentielle ERR de la Besbre (14 420), nous obtenons un nombre de 202 saumons de retour sur frayères (Tableau 8.A). Ce calcul ne reflète pas la réalité puisque le taux de survie à la montaison appliqué est 0,9 ce qui est loin d'être le cas au regard des nombreux ouvrages présents sur la Besbre. Ainsi, le nombre de 202 obtenu reflèterait plus le nombre de saumons de retour à l'entrée de la rivière, puisque la libre circulation dans la Loire est relativement bonne.

Les conditions actuelles de migration étant défavorables, un taux de 0,1 pour la survie en montaison, peut-être arbitrairement appliqué. Ainsi, si toutes les zones de production sont exploitées de manière optimale, le nombre moyen de saumons de retour sur les frayères serait de 22 soit une chute de 90 % des effectifs de retour précédemment calculé (Tableau 8.B).

Si on envisage un effet quasi nul des ouvrages à la montaison et à la dévalaison, en appliquant un taux de survie de 0,95 (conditions favorables), le nombre moyen de poissons de retour sur les frayères serait de 213 (Tableau 8.C).



Figure 17 : Zone de grossissement des juvéniles de saumon atlantique (photo P. Mesnier).

Tableau 8 : Nombre de géniteurs de retour sur les frayères, issus des smolts dévalants produits sur l'ensemble du linéaire de la Besbre (A, B et C) et dans la zone salmonicole en aval de Saint Clément (D). Le tableau B correspond aux valeurs minimales qui peuvent être considérées comme proche de la réalité actuelle, et le tableau C représente les conditions presque optimales de migration (Sources LOGRAMI). Les valeurs modifiées (taux de survie, nombre de smolts) apparaissent en grisé.

A

Taux de survie		Smolts	Obstacles dévalaison	Pêches accidentelles	Pollution	Bouchon vaseux et acclimatation	Adultes estuaire	Bouchon vaseux	Obstacles montaison	Pollution	Prélèvements occultes	Accidents	Adultes sur Frayères
BESBRE	nb smolts min	6 729	6 056	5 753	5 178	1 294	194	136	122	110	99	94	94
	nb smolts moy	14 420	12 978	12 329	11 096	2 774	416	291	262	236	212	202	202
	nb smolts max	19 226	17 303	16 438	14 794	3 699	555	388	350	315	283	269	269

B

Taux de survie		Smolts	Obstacles dévalaison	Pêches accidentelles	Pollution	Bouchon vaseux et acclimatation	Adultes estuaire	Bouchon vaseux	Obstacles montaison	Pollution	Prélèvements occultes	Accidents	Adultes sur Frayères
BESBRE	nb smolts min	6 729	6 056	5 753	5 178	1 294	194	136	14	12	11	10	10
	nb smolts moy	14 420	12 978	12 329	11 096	2 774	416	291	29	26	24	22	22
	nb smolts max	19 226	17 303	16 438	14 794	3 699	555	388	39	35	31	30	30

C

Taux de survie		Smolts	Obstacles dévalaison	Pêches accidentelles	Pollution	Bouchon vaseux et acclimatation	Adultes estuaire	Bouchon vaseux	Obstacles montaison	Pollution	Prélèvements occultes	Accidents	Adultes sur Frayères
BESBRE	nb smolts min	6 729	6 393	6 073	5 466	1 366	205	143	129	116	105	99	99
	nb smolts moy	14 420	13 699	13 014	11 713	2 928	439	307	277	249	224	213	213
	nb smolts max	19 226	18 265	17 351	15 616	3 904	586	410	369	332	299	284	284

D

Taux de survie		Smolts	Obstacles dévalaison	Pêches accidentelles	Pollution	Bouchon vaseux et acclimatation	Adultes estuaire	Bouchon vaseux	Obstacles montaison	Pollution	Prélèvements occultes	Accidents	Adultes sur Frayères
BESBRE	nb smolts min	2 864	2 578	2 449	2 204	551	83	58	52	47	42	40	40
	nb smolts moy	6 138	5 524	5 248	4 723	1 181	177	124	112	100	90	86	86
	nb smolts max	8 183	7 365	6 996	6 297	1 574	236	165	149	134	120	114	114

E

Taux de survie		Smolts	Obstacles dévalaison	Pêches accidentelles	Pollution	Bouchon vaseux et acclimatation	Adultes estuaire	Bouchon vaseux	Obstacles montaison	Pollution	Prélèvements occultes	Accidents	Adultes sur Frayères
BESBRE	nb smolts min	2 864	2 578	2 449	2 204	551	83	58	6	5	5	4	4
	nb smolts moy	6 138	5 524	5 248	4 723	1 181	177	124	12	11	10	10	10
	nb smolts max	8 183	7 365	6 996	6 297	1 574	236	165	17	15	13	13	13

1.20.3. La grande alose

Lors de l'expertise réalisée sur la Besbre seulement deux zones ont été jugées favorables à la reproduction de la grande alose. Elles se situent toutes les deux en amont immédiat de la confluence avec la Loire (Figure 18). La surface totale est de 471 m². La surface de croissance des larves associées à ces frayères est de 732 m².

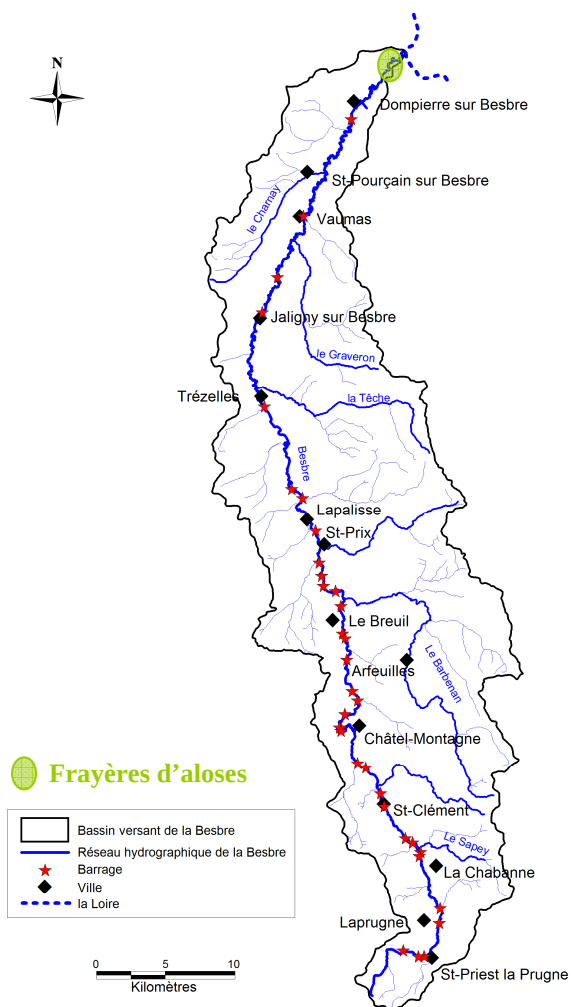


Figure 18 : Localisation des frayères potentielles d'aloses sur le bassin de la Besbre (Sources LOGRAMI).

1.20.4. L'anguille européenne

Tout le linéaire échantillonné sur la Besbre est compris dans l'aire de répartition de l'anguille. La surface potentielle totale propice à la croissance de cette espèce est donc de 128 ha.

Cependant, un linéaire de 6,4 km n'a pas été échantillonné entre la limite amont de notre prospection et le bassin de décantation de l'ancienne mine d'uranium. De plus, seul le linéaire de la Besbre est pris en compte dans ces calculs et non l'ensemble des affluents. La surface calculée ci-dessus (Tableau 9) est donc une surface minimale dans le cas où tous les ouvrages de la Besbre seraient franchissables, y compris celui de Saint Clément.

Tableau 9 : Surface de croissance par tronçon pour l'anguille européenne et pourcentage cumulé
(Sources LOGRAMI)

Limite aval du tronçon	Limite amont du tronçon	Surface de croissance anguille	Surface cumulée	Pourcentage cumulé	nb de km
Confluence Loire	Persières	112 371	112 371	9%	9,271
Persières	Vaumas	161 360	273 731	21%	14,873
Vaumas	Enrochement abreuvoir	87 721	361 452	28%	8,208
Enrochement abreuvoir	Jaligny	55 603	417 055	33%	4,552
Jaligny	Trèzelles	167 101	584 156	46%	10,856
Trèzelles	Moulin Figourdine	104 532	688 688	54%	8,947
Moulin Figourdine	Moulin Marin	18 400	707 088	55%	1,243
Moulin Marin	Lapalisse	44 108	751 196	59%	3,733
Lapalisse	Roc Foucaud	33 679	784 875	61%	2,952
Roc Foucaud	Chatelard	19 921	804 796	63%	1,447
Chatelard	Moulin Neuf	30 446	835 242	65%	2,118
Moulin Neuf	Chez Jean	18 752	853 994	67%	1,909
Chez Jean	Breuil 2	19 627	873 621	68%	2,285
Breuil 2	Breuil 1	820	874 441	68%	0,120
Breuil 1	Poteau EDF	6 457	880 898	69%	0,435
Poteau EDF	Moulin Clavel	15 231	896 129	70%	2,063
Moulin Clavel	Ouvrage non répertorié	23 984	920 113	72%	2,869
Ouvrage non répertorié	Barrage de compensation	8 635	928 748	73%	0,994
Barrage de compensation	Moulin Darots	30 470	959 218	75%	2,045
Moulin Darots	Moulin Châtel	10 563	969 781	76%	1,327
Moulin Châtel	Moulin Moutet	1 235	971 016	76%	0,133
Moulin Moutet	Moulin Gouyon	4 381	975 397	76%	0,572
Moulin Gouyon	Roc (Ancienne Scierie)	33 877	1 009 274	79%	4,776
Roc (Ancienne Scierie)	Barrage de St Clément	4 450	1 013 724	79%	0,805
Barrage de St Clément	Barrages des Plans	193 506	1 207 230	94%	2,447
Barrages des Plans	Moulin de St Clément	9 043	1 216 273	95%	1,162
Moulin de St Clément	Moulin Jury	22 823	1 239 096	97%	3,772
Moulin Jury	Scierie	14 251	1 253 347	98%	1,427
Scierie	Moulin Côte	24 873	1 278 220	100%	4,895
Total		1278 220		100%	102,234

Discussion

1.21. Calcul des surfaces

Plusieurs remarques peuvent être émises sur les méthodes et les calculs réalisés dans cette étude.

Les résultats présentés dans cette étude ne prennent en compte que le linéaire principal de la Besbre. De plus, la prospection de terrain a été réalisée dans des conditions hydrologiques très faibles. Les surfaces potentielles d'accueil décrites doivent donc être considérées comme des minima.

Le fait d'avoir réalisé plusieurs calculs de surfaces potentielles d'accueil pour les différentes espèces et les différents stades, a permis d'obtenir plusieurs résultats que l'on considère ici comme des minima et des maxima. Ce choix a été fait afin de ne pas présenter un unique résultat pour chaque espèce et chaque stade, ce qui aurait été plus facilement contestable.

Afin de pouvoir comparer les résultats de cette étude avec ceux déjà obtenus sur d'autres cours d'eau du bassin de la Loire, les mêmes méthodes de calculs ont été appliquées.

1.22. Potentialités d'accueil des poissons migrateurs

La Besbre possède une capacité d'accueil non négligeable pour les lamproies marines. La première méthode, fournie par Taverny et Elie (2010), concernant la surface de reproduction ($S_{\text{repro lamproie}} = 54 \text{ ha}$) semble quelque peu surévaluer le résultat au regard de la seconde ($S'_{\text{repro lamproie}} = 0,8 \text{ ha}$), plus réaliste à notre sens. En effet, les surfaces susceptibles d'accueillir des nids de lamproies, calculées selon cette même seconde méthode, sur les linéaires de l'Arroux et de l'Aron sont du même ordre de grandeur avec respectivement 1,29 ha (Friedrich, 2002) et 0,78 ha (Paulin, 2006 (Tableau 10)). Malgré que les affluents du bassin de la Besbre n'aient pas été prospectés, la faible étendue de ce bassin incite à penser que son potentiel d'accueil pour la lamproie marine n'atteigne probablement pas les valeurs observées sur les deux bassins précédemment cités.

Tableau 10 : Comparaison des potentialités d'accueil de la Besbre pour la lamproie marine avec celles de l'Arroux (Friedrich, 2002) et de l'Aron (Paulin, 2006)

Cours d'eau	Linéaire expertisé (linéaire à priori le plus favorable) (km)	surface repro (ha)	densité (ha/km)	Linéaire total (km)	densité (ha/km)	surface BV (km ²)	densité (ha/km ²)
Besbre (sans affluent)	102	0,86	0,0084	102	0,0084	768	0,00112
Arroux	83,5	1,29	0,0154	151	0,0085		
Arroux (BV)	136	2,8	0,0206			3166	0,00088
Aron	53,8	0,78	0,0145	110	0,0071		
Aron (BV)	115	2,97	0,0258	482		1716	0,00173

Nous ne disposons pas de grille de franchissabilité des ouvrages de la Besbre pour la lamproie marine. Nous utiliserons donc uniquement les hauteurs des barrages disponibles sur la table fournie par l'ONEMA. Ainsi, sachant que la limite de franchissement des lamproies est de 1,4 m d'après Pierre Steinbach, la limite actuelle de colonisation, dans des conditions

hydrologiques limitantes, se situe au niveau du barrage de Vaumas (19 % du potentiel total). Cependant, des larves ammocètes ont été observées en 2010 au niveau de la station de pêche électrique de Saint-Prix. Cela prouve que dans des conditions hydrologiques très favorables, quelques individus peuvent accéder à ces zones de reproduction. Le traitement des barrages situés en aval permettrait sûrement un retour en grand nombre des géniteurs dans ces sites déjà fréquentés.

En ce qui concerne la surface de croissance des larves de lamproies (68,3 ha), 51,2 % de leur habitat est induit par les barrages, dont 27,6 % uniquement par la retenue de Saint Clément qui est inaccessible aux lamproies.

Pour le saumon, la limite actuelle de colonisation de cette espèce est le barrage de Jaligny, en aval duquel se trouve 10 % des surfaces potentielles de reproduction (sans CF) et 8 % des zones de croissance des juvéniles. Sa configuration en fait un obstacle migratoire important pour le saumon, bloquant l'accession aux frayères et aux zones de production favorables de juvéniles. Aucun saumon adulte ou juvénile n'ayant été observé sur la Besbre depuis plus de 50 ans, en l'état actuel, la libre circulation piscicole est trop réduite pour assurer la pérennité d'une population de saumon de Besbre. En effet, d'après nos calculs, de l'ensemble des smolts dévalants issus des zones de croissances favorables en aval du barrage de Jaligny, seul 1 adulte serait de retour sur frayère.

Nous pouvons comparer le potentiel d'accueil de la Besbre pour les saumons à celui d'autres affluents de la Loire et de l'Allier pour lesquels des études similaires ont été réalisées en utilisant les mêmes méthodes de calcul (Tableau 11 et annexe 9).

Tableau 11 : Comparaison des potentialités d'accueil de la Besbre pour le saumon atlantique (ERR) avec celles de l'Arroux (Friedrich, 2002) et de l'Aron (Paulin, 2006)

Cours d'eau	Longueur (Km)	surface BV (km ²)	ERR (ha)	densité (ha/km)	densité (ha/km ²)
Besbre (sans affluent)	102	768	19,4	0,190	0,025
Arroux	151		12,8	0,085	
Arroux (BV)		3166	29,8		0,009
Aron	110		0	0	
Aron (BV)		1716	7		0,004
Allier	223		119	0,534	
Sioule	86		32	0,372	
Dore	88		28,8	0,327	
Alagnon	57		35,6	0,625	
Chapeauroux	22		12,6	0,573	

D'un point de vue quantitatif, la production de juvéniles de saumons sur la Besbre est plus faible que sur la plupart des affluents de l'Allier actuellement colonisés par les saumons (la Dore, l'Alagnon et la Sioule). Cela peut s'expliquer par la faible taille du linéaire situé en moyenne montagne (40 km prospectés), zone la plus favorable au développement des juvéniles de saumon. Néanmoins ses capacités de production sont plus importantes que celles des linéaires des deux autres affluents de la Loire en amont du barrage de Decize qui ont fait l'objet d'une expertise (Aron et Arroux). La Besbre présente donc un potentiel d'accueil pour le saumon atlantique non négligeable au regard de l'état actuel de sa population ligérienne.

La proportion de PLA, parmi les surfaces prises en compte dans le calcul d'ERR, est la plus faible du bassin de la Loire (40,4 %), après le Chapeauroux (37,9 %) (Minster et Bomassi 1999). D'après ce calcul, le nombre de smolts dévalant par hectare de surface de croissance favorable est d'autant plus grand que la surface des PLA (affecté d'un rapport de

1/5^{ième} dans le calcul de d'ERR) est réduite. La productivité de la Besbre, d'un point de vue qualitatif, est donc proche de celle du Chapeauroux (affluent de l'Allier en Lozère) avec une production d'environ 5 smolts / 100 m² en tenant compte de l'ensemble des surfaces de croissance.

La technique d'ERR ne fait pas de différence entre les radiers, les radiers à blocs et les rapides en ce qui concerne la productivité du milieu en juvéniles de saumons. Pourtant, les interactions agressives entre congénères sont beaucoup moins fréquentes lorsque le milieu est segmenté en cellule comme dans le cas des radiers à blocs ou rapides (RAD, RAB, RAP) (Prouzet, 1994). De même, le coefficient de 1/5 affecté au plat courant (PLA) est tiré d'une étude réalisée en Bretagne et n'est pas forcément pleinement adapté au bassin de la Loire. Cependant, ayant déjà été utilisé par Minster et Bomassi en 1999, et dans un but d'homogénéisation des données sur le bassin de la Loire, nous n'avons pas entrepris de modifier ces valeurs. Néanmoins, un ajustement de ces données pourrait rendre les estimations plus précises dans les futures études.

En ce qui concerne l'anguille européenne, la capacité d'accueil du bassin versant de la Besbre est grande. En ne tenant compte uniquement du cours principal, 128 ha sont disponibles pour cette espèce. Le principal problème qui subsiste reste la difficile franchissabilité des obstacles qui freinent (voire empêchent) actuellement la colonisation des zones amont.

En revanche, nous avons observé seulement deux zones de reproduction potentielle pour l'aloise au niveau de la confluence avec la Loire, comme cela a été constaté pour l'Aron (Paulin M., 2006). Ce résultat et l'absence de géniteurs sur la Besbre (selon les observations des AAPPMA locales) sont cohérents avec les observations faites par Baglinière et Elie : les aloses ont une préférence pour les cours d'eau d'une largeur supérieure à 30 m.

Perspectives

L'axe de la Besbre est ponctué d'un nombre important d'ouvrages, 35 au total. L'aménagement ou l'arasement de ces ouvrages est indispensable dans le cadre de la réouverture de ce cours d'eau aux grands migrateurs amphihalins.

Le barrage de Saint Clément constitue le principal verrou sur le bassin de la Besbre. Un éventuel arasement permettrait d'augmenter substantiellement la surface d'accueil pour les poissons migrateurs et rouvrirait l'accès de la partie amont du bassin. Cependant, un problème important est lié à ce barrage. Outre son usage dans la production hydroélectrique, cet ouvrage servait de décanteur aux boues toxiques issues de l'ancienne mine d'uranium avant la construction d'un bassin de décantation placé en aval direct de la mine. Le retraitement de ces boues toxiques étant très onéreux, l'arasement de ce barrage paraît difficilement réalisable à l'heure actuelle.

Par ailleurs, au regard du contexte législatif actuel, l'aménagement des ouvrages situés en aval de Saint Clément qui ont encore une utilité est à envisager, comme par exemple la minoterie de la Figourdine ou le moulin Chatelard qui est équipé d'une microcentrale. En effet, ces deux ouvrages sont situés dans la zone classée « grands migrateurs » et proposée en liste 1 et 2 au titre de l'article L 214-17 du code de l'environnement, et peuvent donc potentiellement bénéficier d'aides pour l'équipement de passe à poissons.

Pour la majorité des autres ouvrages, qui n'ont plus d'utilité et de faible hauteur, l'arasement semble la solution la moins coûteuse d'une part et la plus efficace d'autre part.

Lors de notre prospection, nous avons constaté que certains dispositifs de franchissement équipant déjà certains ouvrages (Roc Foucaud, Chatelard, Persières, barrage de Compensation) présentaient des dysfonctionnements (chute d'eau trop importante, débit d'attrait insuffisant, alimentation insuffisante). Par exemple, le barrage de Dompierre sur Besbre (Persières), qui alimente le canal latéral à la Loire, court-circuite la Besbre sur 1,35 km. Son fonctionnement est décrit en annexe 10, ainsi que la meilleure configuration pour optimiser le franchissement des poissons migrateurs. Le problème qui est soulevé relève de la gestion de VNF.

Ainsi, dans une perspective favorable, si la libre circulation des poissons est rétablie jusqu'au verrou que constitue le barrage de Saint Clément :

- Pour la lamproie, 94 % des surfaces potentielles de reproduction et 71 % des surfaces potentielles pour la croissance seraient accessibles.
- Pour le saumon, 89 % des surfaces potentielles de reproduction (sans CF sur l'ensemble du linéaire) et 78 % des surfaces potentielles pour la croissance seraient accessibles.
- Pour l'anguille, 79 % des surfaces potentielles de croissance seraient accessibles.

Même si la libre circulation est rétablie sur la Besbre et que le saumon peut recoloniser la rivière, il est peu probable qu'il y retourne spontanément (homing). Un programme d'alevinage serait donc indispensable dans le cadre d'un objectif de retour du saumon. Malgré une production de saumoneaux élevée dans le secteur entre Jaligny-sur-Besbre et le moulin de la Figourdine, lorsqu'elle est ramenée par kilomètre de linéaire, elle ne dépasse pas 56 smolts / km. Dans la zone classée en 1^{ère} catégorie, entre Lapalisse et le Breuil, le nombre de smolts produits par km atteint 96. La zone en amont de Lapalisse, classée en 1^{ère} catégorie, semble être plus propice au développement des juvéniles de saumon atlantique. Cependant, et dans l'état actuel du bassin, il serait inopportun d'envisager un repeuplement en amont du barrage de Saint Clément. En effet, les infrastructures de franchissement à la dévalaison d'une hauteur de plus de 20 m sont très rares.

Cette étude a certes mis en évidence les zones favorables pour la croissance et la reproduction du saumon qui permettent d'imaginer la mise en place d'un tel programme, cependant, et avant toutes choses, il est nécessaire de vérifier la compatibilité de la qualité de l'eau de la Besbre avec les exigences de l'espèce. Ainsi, une étude plus approfondie de la qualité chimique de l'eau ainsi que de la température devra être entreprise.

Un outil d'évaluation de réussite de la restauration des populations de poissons migrateurs (rétablissement de la libre circulation et par exemple alevinage en juvéniles de saumon) pourrait être une station de comptage au niveau d'un ouvrage en aval de la rivière comme celle située à Gueugnon sur l'Arroux. Par la suite, d'autres opérations peuvent être envisagées, comme la mesure de l'indice d'abondance des juvéniles de saumon (pêche électrique), le comptage des frayères de saumons et de nids de lamproies.

Conclusion

La partie médiane de la Loire et ses affluents ont historiquement accueilli les poissons grands migrants. Les efforts récents de restauration de la libre circulation des poissons migrants sur cet axe, notamment avec l'amélioration de la franchissabilité de la passe à poissons de Decize (2009), a permis la réouverture de cet axe jusqu'au barrage de Villerest (verrou infranchissable). Ainsi, dans le cadre de la gestion des espèces migratrices amphihalines, il est nécessaire de connaître les potentialités d'accueil des affluents, situés en amont de cet ouvrage, vis-à-vis de ces espèces afin de pouvoir orienter les futurs plans d'actions.

Cette étude sur la Besbre a permis de mettre en évidence des capacités d'accueil importantes pour le saumon, la lamproie et pour l'anguille.

Au regard des capacités d'accueil de la Besbre pour le saumon atlantique, ces dernières ne doivent pas être négligées compte tenu de l'état actuel de sa population ligérienne. Ainsi un programme de restauration peut y être éventuellement envisagé afin d'étendre son aire de répartition sur le bassin versant de la Loire. La réussite d'un tel programme passe avant tout par la restauration de la libre circulation des poissons sur ce bassin.

En effet, la Besbre est segmentée par de nombreux ouvrages transversaux qui retardent ou bloquent la migration de ces poissons. De nombreux efforts restent à faire en ce qui concerne la libre circulation des poissons sur ce bassin. Le contexte législatif favorable, la faible hauteur, l'abandon actuel de certains ouvrages et les opportunités de financement rendent possible un rétablissement de la continuité écologique dans un futur relativement proche jusqu'au barrage de Saint Clément qui constitue le principal verrou de ce bassin. Le traitement des barrages qui n'ont plus aucune utilité passerait par un arasement, solution qui est sans nul doute la moins onéreuse et la plus efficace en terme de gains écologiques.

Glossaire

Alosons : se dit des juvéniles des aloses.

Anadrome : adjectif caractérisant la migration d'un poisson dans les sens aval-amont (contre le courant) Opposé à *catadrome*.

Catadrome : adjectif caractérisant la migration d'un poisson dans les sens amont-aval (dans le sens du courant). Opposé à *anadrome*.

Ectoparasite : Parasite extérieur à l'organisme.

Hydraulicité : rapport du module de l'année considérée (débit moyen annuel du cours d'eau) au module moyen de la période d'observation (module inter-annuel). Ce rapport caractérise l'irrégularité inter-annuelle

Lentique : Se dit de ce qui caractérisent les eaux douces à circulation lente ou nulle. Opposé de lotique.

Leptocéphale : On parle de leptocéphales pour les larves de poissons des ordres des anguilliformes. Dans le sens le plus large, se dit d'un animal à tête plate.

Lotique : Se dit de ce qui est relatif à des eaux douces courantes. Opposé de lentique.

Pérlithon : Communauté complexe d'algues, de bactéries et de champignons, qui se développe sur les rochers des eaux courantes et forme généralement une mince couche visqueuse.

Plat courant : un des faciès des zones lotiques qui se caractérise par une profondeur moyenne, un courant soutenu à modéré et un substrat de type gravier.

Potamotoque : Se dit d'un poisson qui accomplit une partie de son cycle biologique en mer (grossissement) mais qui naît et se reproduit en eau douce.

Recrutement (biologique) : Il s'agit de la quantité de poissons qui s'ajoute, chaque année, à un stock exploitable dans un lieu donné, que ce soit par un processus de croissance ou par migration.

Rhéophile : Se dit de la faune et de la flore capables de s'adapter et de vivre dans les zones où existe un courant d'eau important.

Tableau de bord Anguille (Bassin de la Loire, des Côtiers vendéens et de la Sèvre niortaise) : Il s'agit d'un dispositif régulier d'acquisition et de synthèse des différentes caractéristiques de la population d'anguille européenne du bassin de la Loire, des Côtiers vendéens et de la Sèvre niortaise, ayant pour objectif d'avoir les moyens d'une gestion et d'un développement durable de l'espèce.

Tableau de bord SALT (pour Saumon, aloses, lamproies et truite de mer) : idem Tableau de bord Anguille mais pour Saumon, aloses, lamproies et truite de mer

Thalassotoque : Se dit d'un poisson qui accomplit une partie de son cycle biologique en rivière mais qui naît et se reproduit en mer

Vitellus : Se dit de l'ensemble des substances de réserve que l'embryon utilisera pour l'édification de ses tissus.

Bibliographie

- Bachelier R., 1963. L'histoire du saumon en Loire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 211 : 49-70.
- Bachelier R., 1964. L'histoire du saumon en Loire (suite). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 212 : 86-103.
- Bachelier R., 1964. . L'histoire du saumon en Loire (fin). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 213 : 121-128.
- Baglinière J. L. et Elie P., 2000. Les Aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.). Edition INRA, 275 p.
- Belaud A., Carette A., Cassou-Leins F. et Cassou-Leins J. J., 2001. Choix de fraie par la grande Alose (*Alosa alosa* L.) en moyenne Garonne. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 362/363 : 869-880.
- Boisneau P., Mennesson-Boisneau C. et Baglinière J. L., 1990. Description d'une frayère et comportement de reproduction de la grande Alose (*Alosa alosa* L.) dans le cours supérieur de la Loire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 316 : 15-23.
- Delacoste M., Baran P., Lek S. et Lascaux J. M., 1995. Classification et clé de détermination des faciès d'écoulement en rivières de montagne. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339 : 149-156.
- Ducasse J. et Leprince Y., 1980. Etude préliminaire de la biologie des lamproies dans les bassins de la Garonne et de la Dordogne. Rapport CTGREF/ENITEF, 151 p.
- Friedrich T., 2002. Etude des lamproies marines du bassin de l'Arroux, évaluation du potentiel de frayères. LOGRAMI, 63 p.
- Gueguen J.-C. et Prouzet P., 1994. Le saumon atlantique. Editions Ifremer, 330 p.
- Larinier M., Porcher J. P., Travade F. et Gosset C., 1992. Passe à poissons – Expertise et conception des ouvrages de franchissement. Collection « Mise au point » 336 p.
- Malavoi J. R., 1989. Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 315 : 189-210.
- Malavoi J. R. et Souchon Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366 : 357-372.
- Minster A.M., et Bomassi P., 1999. Repérage et évaluation des surfaces potentielles de développement de juvéniles de saumon atlantique. Proposition d'un modèle de gestion des stocks sur le bassin de l'Allier et de l'Arroux. LOGRAMI, CSP DR 6. 44 p.

Paulin M., 2006. Etude des potentialités d'accueil vis-à-vis des espèces migratrices du bassin de l'Aron. LOGRAMI, 45 p.

Prevost E., 1998. Mise au point et application d'une méthode simple d'évaluation du recrutement en juvéniles de saumon atlantique. INRA – CSP Direction Générale. 24 p. + annexes.

Prevost E., Bagnilière J.L., 1995. Présentation et premiers éléments de mise au point d'une méthode simple d'évaluation du recrutement en juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*) de l'année en eau courante. Dans IGASCUEL D., DURAND J.L., FONTENAU A. (eds), les Recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources halieutiques, Actes du colloque, Revues du 29 juin au 1^{er} juillet 1993, 39 – 48, ORSTOM, Editions, PARIS.

Rouy M., 2008. Le bassin versant de la Besbre : état écologique des milieux aquatiques et morphodynamique du cours principal. Rapport ONEMA, 39 p + annexes.

Souchon Y. et Valentin S., 1991. L'Allier du barrage de St-Etienne du Vigan jusqu'à Langeac. Simulation de l'habitat physique des salmonidés. Etude Cemagref, groupement de Lyon, 73 p.

Sourek N., Léon C., Parouty T. et Baisez A., 2010. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur le bassin de l'Aron. LOGRAMI, 43 p.

Steinbach P., 2000. Situation et restauration des populations de poissons migrateurs amphialins dans le bassin de la Loire. *Bull. Fr. Pêche. Piscic.* 357/358 : 263-272.

Steinbach P., 2001. Effets cumulés sur les poissons migrateurs, état et restauration de grands axes de migration du bassin de la Loire. *Hydrécol. Appl.* Tome 13 Vol. 2, pp. 115-130.

Taverny C. et Elie P., 2010. Les Lamproies en Europe de l'Ouest. Ecophases, espèces et habitats. Editions Quae, 111 p.

Taverny C., Urdaci M., Elie A.-M., Beaulaton L., Ortusi I., Daverat F. et Elie P., 2005. Biologie, écologie et pêche des lamproies migratrices (agnathes amphihalins) – Troisième tranche fonctionnelle. Rapport final. Etude Cemagref, Groupement de Bordeaux, 99,71 p.

Gasowski, Z., 1994. L'enfoncement du lit de la Loire. *Revue de géographie de Lyon.* Vol. 69 n°1, 41-45

Annexe

Annexe 1 : données de qualité biologique de la Besbre.

BESBRE à SAINT-PRIX		
Code station:	04022210	Finalité : RCS
Cours d'eau :	Besbre	Bassin : Loire-Bretagne
Type national :	M17	Hydroécocorégion : 17 - dépressions sédimentaires
Code masse d'eau :	GR0209	Département : Allier
Nom masse d'eau:	LA BESBRE DEPUIS LA CONFLUENCE AVEC LE BARBENAN JUSQU'À SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	
		Commune : Saint-Prix

QUALITE BIOLOGIQUE

MACROINVERTEBRES

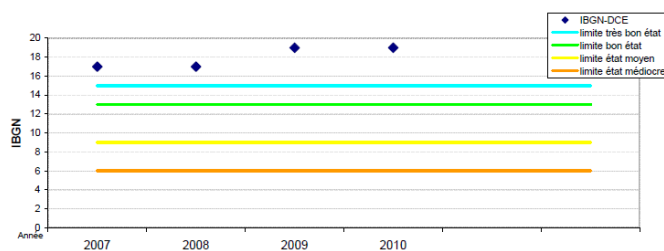
limites des classes d'état IBGN DCE* pour cette station				
très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
> ou = 15	14 à 13	12 à 9	8 à 6	< ou = 5

* valeurs seuil arrêté du 25 janvier 2010

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
DCE 12 prélèvements	Effectif total	1105	1216	1099	1525		
	u.s. famille	36	36	42	41		
	u.s. genre	47	44	54	54		
IBGN DCE 8 prélèvements	Effectif total	808	928	876	1366		
	u.s. famille	33	32	37	40		
	GFI	8	9	9	9		
	Taxon indicateur	Brachycentridae	Perlidae	Perlidae	Perlidae		
	Note	17	17	19	19		
	Robustesse	15	16	17	18		

u.s. : nombre d'unité systématique

GFI : Groupe Faunistique Indicateur



moyenne inter-annuelle

18

DIATOMEES

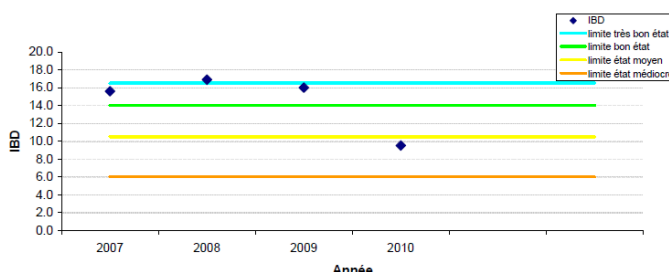
limites des classes d'état IBD* pour cette station				
très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
> ou = 16,5	16,4 à 14	13,9 à 10,5	10,4 à 6	6

* valeurs seuil arrêté du 25 janvier 2010

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
IBD	15,5	16,9	16,2	9,5		
IPS	15,2	17,9	15,8	11,3		

Classe de qualité Indice Biologique Diatomée (IBD) OMNIDIA v3

IPS : Indice de Polluosensibilité



moyenne inter-annuelle

14,5

MACROPHYTES

Niveau trophique de l'eau				
Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très élevé
IBMR > 14	14 >= IBMR > 12	12 >= IBMR > 10	10 >= IBMR > 8	IBMR <= 8

D'après la norme détermination de l'IBMR NF T90-395 d'octobre 2003

	2007	2009	2011			
IBMR	10,53	11,9				
Robustesse	9,54	12,18				

BESBRE à DOMPIERRE-SUR-BESBRE

Code station: 04023000

Finalité : RCS

Cours d'eau : Besbre
Type national : M17

Bassin : Loire-Bretagne
Hydroécocorégion : 17 - dépressions sédimentaires
Département : Allier
Commune : Dompierre sur Besbre

Code masse d'eau : GR0209

Nom masse d'eau: LA BESBRE DEPUIS LA CONFLUENCE AVEC LE BARBENAN JUSQU'À SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE

QUALITE BIOLOGIQUE

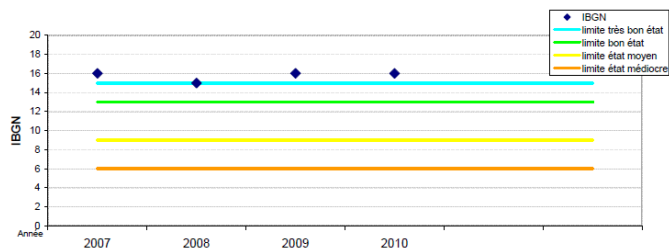
MACROINVERTEBRES

limites des classes d'état IBGN DCE* pour cette station				
très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
> ou = 15	14 à 13	12 à 9	8 à 6	< ou = 5

* valeurs seuil arrêté du 25 janvier 2010

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
DCE 12 prélèvements	Effectif total	518	1507	1236	1183		
	u.s. famille	30	27	31	31		
	u.s. genre	35	54	46	46		
IBGN DCE 8 prélèvements	Effectif total	481	1224	1093	1062		
	u.s. famille	30	25	30	30		
	GFI	8	8	8	8		
	Taxon indicateur	Brachycentridae	Brachycentridae	Brachycentridae	Brachycentridae		
	Note	16	15	16	16		
	Robustesse	15	11	13	13		

u.s. : nombre d'unité systématique
GFI : Groupe Faunistique Indicatif



moyenne inter-annuelle 15.8

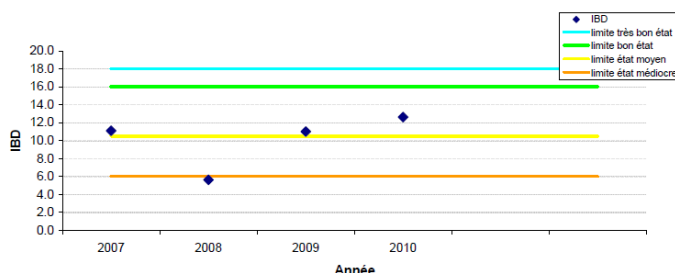
DIATOMEES

limites des classes d'état IBD* pour cette station				
très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
> ou = 16.5	16.4 à 14	13.9 à 10.5	10.4 à 6	6

* valeurs seuil arrêté du 25 janvier 2010

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
IBD	11.0	5.6	11.0	12.6		
IPS	10.9	6.4	11.3	11.7		

Classe de qualité Indice Biologique Diatomée (IBD) OMNIDIA v3
IPS : Indice de Polluosensibilité



moyenne inter-annuelle 10.1

MACROPHYTES

Niveau trophique de l'eau				
Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très élevé
IBMR > 14	14 >= IBMR > 12	12 >= IBMR > 10	10 >= IBMR > 8	IBMR <= 8

D'après la norme détermination de l'IBMR NF T90-395 d'octobre 2003

	2007	2010	2011			
IBMR	7.4	9.20				
Robustesse		8.25				

Source données : DREAL Auvergne

Annexe 2 :

Bassin Loire-Bretagne

Département : ALLIER

Etat ou potentiel écologique et niveau de confiance de l'état

Cours d'eau

Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Niveau de confiance de l'état
						Élevé
						Moyen
						Faible

Plans d'eau, estuaires et eaux côtières

Niveau de confiance de l'état	Etat ou potentiel écologique
Élevé (E)	Très bon (bleu)
Moyen (M)	Bon (vert)
Faible (f)	Moyen (jaune)
	Médiocre (orange)
	Mauvais (rouge)
	Information insuffisante (gris)

	MEFM MEA
	Masse d'eau surfacique

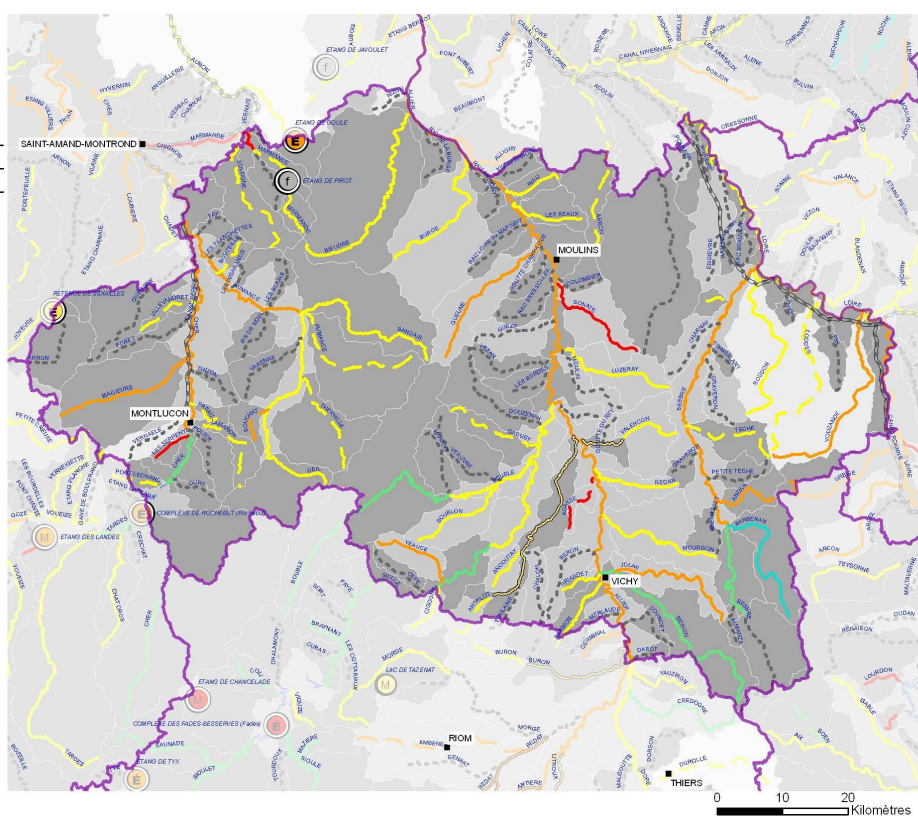
Echéances des objectifs

	2015
	2021
	2027
	objectif moins strict
	villes principales
	limite départementale

©BD CarThAde Loire-Bretagne 2009 - DEP - 15/04/2011
Agence de l'eau Loire Bretagne

Etat écologique 2009 des eaux de surface avec niveaux de confiance moyen et élevé

Cours d'eau (données 2008-2009)
Plans d'eau (données 2005 à 2009)
Eaux littorales (données 2007 à 2009)



Annexe 3 : fiche saumon

Les différents stades du cycle de vie (figure1) :



Figure 1 : cycle biologique du saumon (source : LOGRAMI).

La reproduction du saumon à lieu en eau douce, dans les têtes de bassin versant, durant les mois de novembre et décembre. C'est l'endroit le plus propice au développement des œufs qui sont très exigeants en oxygène. La femelle creuse un ou plusieurs nids pendant cette période. Après y avoir déposé ces ovules, le mâle vient les féconder immédiatement. Il est de plus en plus courant d'observer des tacons dits « précoces » aux abords des nids qui tentent de féconder une partie des ovules.

Après une période d'incubation d'environ 3 mois, sous nos latitudes, les larves quittent le nid, après une à deux semaines passées dans les graviers. Elles forment ainsi une première vague de dévalaison, et colonisent des zones relativement proches des nids (200 à 400 m). Elles s'adaptent alors à la nage face au courant, comme la plupart des poissons rhéophiles*, et à l'alimentation exogène (macro invertébrés) jusqu'à la résorption totale de leur vitellus. Cette phase est la plus critique, en ce qui concerne la survie, car leurs capacités de nage restreintes en font des proies faciles.

Les alevins, ou tacons, ont une physionomie très fusiforme et arborent une robe ponctuée de points rouges et noirs. Ils passent une à deux années en rivière (exceptionnellement trois ans). Le temps de résidence est largement influencé par le taux de croissance intrinsèque. En effet, un individu ayant un poste de chasse de bonne qualité est qualifié de dominant et a une croissance plus rapide qu'un individu subordonné.

Lors du printemps, les saumoneaux prêts à dévaler subissent un changement physiologique important : la smoltification. Cela va leur permettre de survivre dans le milieu

marin fortement concentré en sel. Leur robe devient argentée. Ils se regroupent alors en bancs pour entamer la première grande migration de leur cycle vital vers l'océan.

Les saumons atlantiques adultes passent entre 1 et 3 années dans l'océan. C'est la phase la moins connue pour cette espèce. Le grossissement est beaucoup plus rapide dans le milieu marin. Les poissons peuvent croître de 160 mm pour atteindre parfois plus de 1 000 mm en trois ans. Ces saumons entament ensuite la seconde grande migration pour rejoindre leur lieu de naissance dès le premier « coup d'eau » hivernal. Ce comportement est appelé « Homing ». Ils restent dans les mouilles profondes dans la partie amont du bassin versant, là où la température de l'eau sont propices à leur survie, avant de gagner les frayères des têtes de bassin.

La majeure partie des géniteurs meurt après la reproduction, cependant, il n'est pas impossible que certains d'entre eux retournent en mer afin de réaliser un second cycle (Gueguen & Prouzet, 1994).

Répartition géographique (figure 2) :

Le saumon atlantique est indigène de l'Atlantique Nord. On le rencontre du Sud de l'Espagne au nord de la Russie pour la façade Est de l'océan Atlantique et des Etats Unis au Canada à l'Ouest.

Historiquement, le saumon était réparti sur l'ensemble des cours d'eau de la façade atlantique. La principale cause de son déclin est dû à l'aménagement des rivières par l'homme qui a d'une part limité l'accès aux frayères et d'autre part détruit certaines d'entre elles. Aujourd'hui de nombreux programmes de restauration sont en cours et ont permis le retour du saumon sur les bassins de la Garonne, de la Dordogne, du Rhin, de la Gartempe...et le maintien sur d'autres comme l'axe Loire-Allier ou l'Adour (Paulin, 2006).



Figure 2 : aire de répartition du saumon atlantique
(source : LOGRAMI).

Annexe 4 : fiche lamproie marine

Les différents stades du cycle de vie (figure 1) :



Figure 1 : cycle biologique de la lamproie marine (source : LOGRAMI).

La reproduction a lieu en eau douce entre les mois de mai et juillet lorsque la température de l'eau est comprise entre 15 et 23 ° C. Les mâles creusent de vastes nids pouvant atteindre 2 m². Après l'accouplement l'ensemble des géniteurs ayant participé meurt d'épuisement.

Les œufs fécondés se déposent dans le fond du nid et se fixent au substrat fin (sable). Après une période d'incubation d'environ 2 semaines, les pré-larves éclosent, s'enfouissent dans le substrat du nid, pendant 4 à 6 semaines, où elles finiront leur développement en utilisant l'énergie contenue dans la poche vitelline.

Les larves, ou ammocètes, quittent ensuite le nid pour gagner des zones favorables à leur croissance, plus en aval. Elles vivent alors dans un « terrier » qu'elles confectionnent dans des zones lenticules (faible courant). Durant cette période, les ammocètes se nourrissent de micro-organismes (diatomées, algues) et débris organiques en filtrant l'eau. Cette phase, la plus longue du cycle de vie des lamproies, dure entre 4 et 7 ans. Durant les mois de juillet à octobre les ammocètes prêtent à dévaler subissent une métamorphose, qui durera environ 3 mois. Elles deviennent des ectoparasites suceurs. Les jeunes lamproies adultes entament leur migration vers l'océan pendant les nuits de la fin de l'automne et de l'hiver.

Durant la phase marine, leur régime alimentaire est composé de sang et de tissu d'autres poissons (aloses, éperlans, saumons, thon, mulets...) qu'elles vont consommer en se fixant sur leur flanc par l'intermédiaire de leur disque buccal. Elles restent environ 2 ans en eau salée avant de remonter les rivières majoritairement pendant la nuit pour gagner les zones de frai et s'y reproduire (Taverny & Elie, 2010 ; Ducasse & Leprince, 1980).

Répartition géographique (figure2) :

La lamproie marine se rencontre dans tout l'Atlantique Nord. Les densités les plus fortes se situent entre les latitudes 35° et 45°. Son cycle de vie l'amène à fréquenter les cours d'eau de la façade Atlantique Est allant de la péninsule ibérique au Sud à l'Islande et la Scandinavie au Nord. Elle est aussi observée en mer Baltique et en Méditerranée. La lamproie fréquente également la façade Ouest de l'Atlantique de la Floride jusqu'à l'embouchure du Saint Laurent. Malgré leur grande capacité de migration la plupart des populations de lamproies marines ne se mélangent pas, ni entre l'Europe et l'Amérique, ni entre le Nord et le Sud. En France, elle se retrouve dans les fleuves aquitains et méditerranéens, dans les grands fleuves (excepté la Seine), ainsi que dans les petits fleuves picards, normands et bretons (Taverny & Elie, 2010).

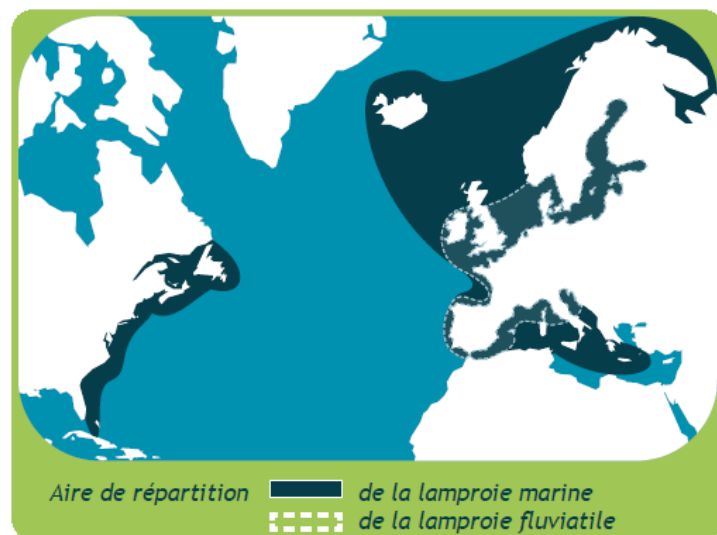


Figure 2 : aire de répartition de la lamproie marine
(source : LOGRAMI).

Annexe 5 : fiche anguille européenne

Les différents stades du cycle de vie (figure1) :

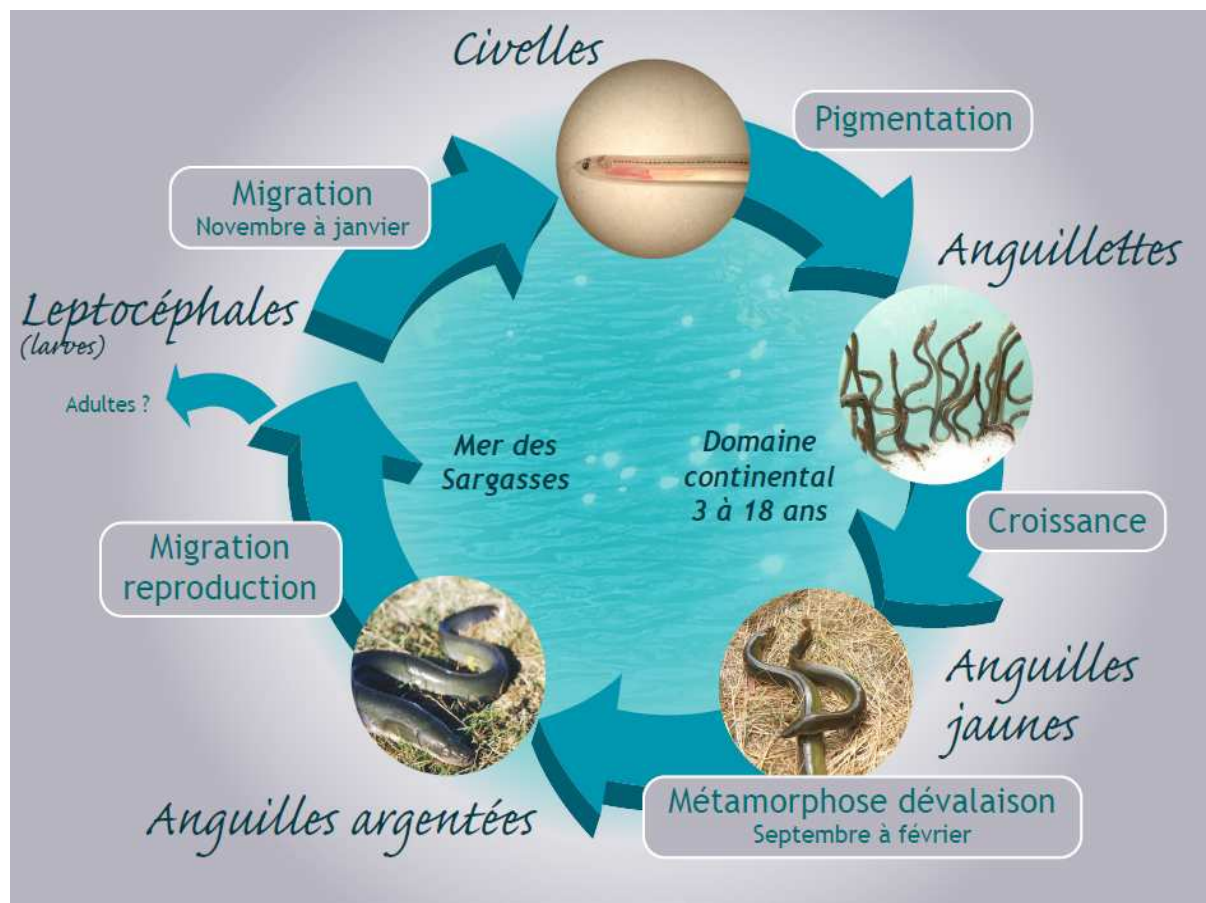


Figure 1 : cycle biologique de l'anguille européenne (source : LOGRAMI).

Les anguilles européennes se reproduisent toutes dans la mer des Sargasses, au large des Caraïbes. Ce moment du cycle de vie est le moins connu. On suppose que l'ensemble des individus adultes meurt après la reproduction. En effet, aucun adulte n'a jamais observé remontant les estuaires.

Les larves leptocéphales* planctoniques migrent vers les côtes européennes en se laissant porter par le Gulf Stream. Elles ont un corps transparent et aplati latéralement.

Arrivées sur le plateau continental, elles se métamorphosent en civelles ou piballes. Leur morphologie devient plus cylindrique. Les civelles remontent alors dans l'estuaire pour gagner l'eau douce. Leur capacité de nage n'étant pas encore optimale, elles utilisent la force des marées pour atteindre les zones propices à leur croissance. Au fur et à mesure de la colonisation du milieu fluvial, elles se pigmentent et entament une seconde métamorphose pour devenir des anguilles jaunes (ventre jaune et dos vert à brun olive).

Après une phase de croissance durant entre 3 et 18 ans selon les individus et le sexe, les anguilles se métamorphosent une dernière fois. Elles deviennent des anguilles argentées (dos sombre et ventre blanc). Ces dernières redescendent les cours d'eau en automne afin de rejoindre la mer des Sargasses pour s'y reproduire. La maturation sexuelle des individus se fait en mer lors de la migration catadrome.

Répartition géographique (figure2) :

L'anguille européenne possède une aire de répartition extrêmement vaste. Elle s'étend de la mer Noire, en passant par la mer Méditerranée, jusqu'à la mer Baltique et le Nord de la Scandinavie.

La colonisation du milieu continental se fait progressivement. On retrouve, en général, les individus les plus âgés dans les parties hautes des têtes de bassin jusqu'à la limite de son aire de répartition, soit à environ 1 000 m d'altitude.



Figure 2 : aire de répartition de l'anguille européenne (source : LOGRAMI).

Annexe 6 : fiche grande alose

Les différents stades du cycle de vie (figure 1) :

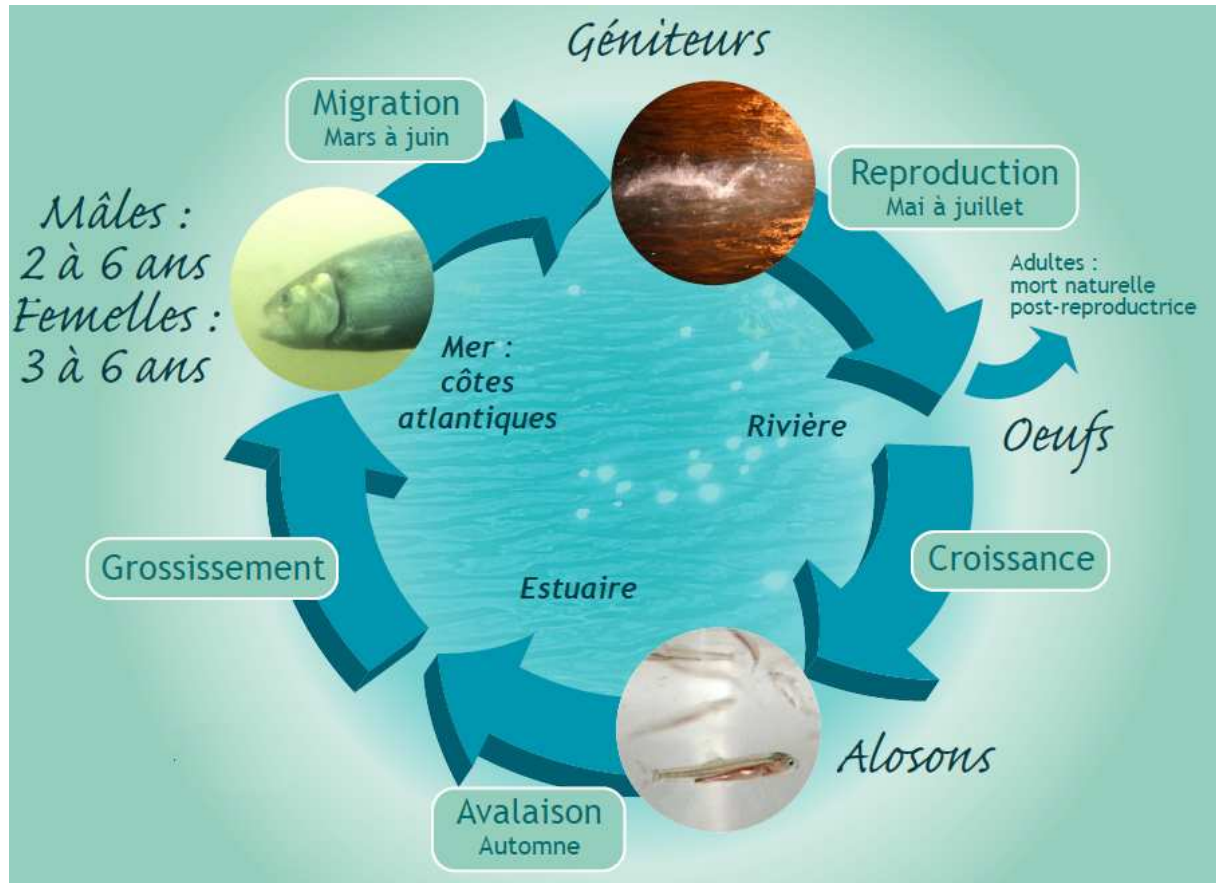


Figure 1 : cycle biologique de la grande alose (source : LOGRAMI).

Les aloses se regroupent dans la partie médiane des fleuves pour s'y reproduire. La fraie a lieu de nuit en pleine eau. A ce moment, les adultes réalisent un mouvement circulaire flanc contre flanc en frappant violemment la surface de l'eau avec leur nageoire caudale. Le bruit caractéristique produit lors de cet événement est appelé « Bull ».

Les œufs se déposent sur le substrat en aval des frayères. L'incubation dure entre 4 et 8 jours. Les larves restent dans la zone immédiate de l'éclosion jusqu'à ce que leur poche vitelline soit entièrement résorbée.

Les juvéniles, ou alosons, ont une croissance rapide et acquièrent rapidement la morphologie des adultes. Leur alimentation est très variée : macro-invertébrés, zooplancton et mollusques. Ils dévalent 3 à 6 mois après vers l'océan, entre août et novembre suivant la période de fraie.

Les aloses remontent les grands fleuves et les fleuves côtiers de mars à juillet, en fonction des conditions environnementales (température de l'eau et débit) (Baglinière & Elie, 2000).

Répartition géographique (figure 2)

Historiquement, l'aire de répartition de la grande alose s'étendait sur l'ensemble de la côte Est Atlantique depuis la Norvège jusqu'au Maroc.

Depuis le début du XIX^{ème} siècle, la construction de barrages sur les axes de migration, la destruction des frayères à la suite de l'extraction massive de granulats dans le lit mineur, la dégradation de la qualité de l'eau, le recalibrage de nombreux fleuves et l'intensification de la pression de pêche, l'aire de répartition des aloses a fortement diminué. En effet, elle a déserté certains grands fleuves septentrionaux (l'Elbe, le Rhin, la Meuse et la Seine) et de nombreux fleuves côtiers. Elle n'est également plus présente dans les îles britanniques.

Actuellement, la grande alose est rencontrée dans les eaux continentales de la Manche, de l'Atlantique Nord Est, principalement en France et au Portugal (Baglinière & Elie, 2000 ; Paulin, 2006).

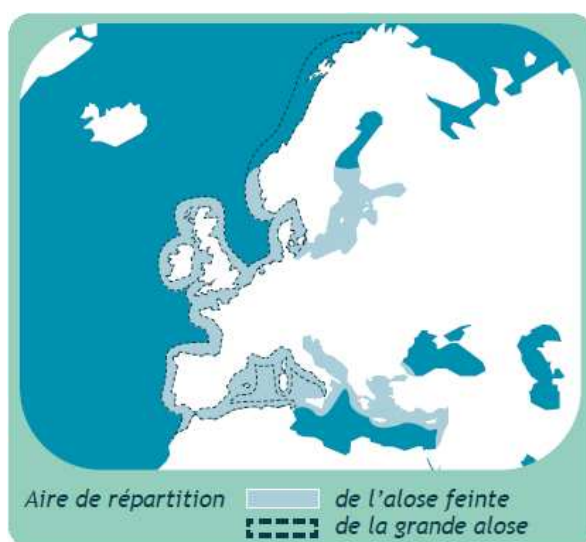


Figure 2 : aire de répartition de la grande alose
(source : LOGRAMI).

Annexe 7 : Liste des ouvrages de la Besbre réactualisée avec les hauteurs, les usages et les franchissabilités pour les anguilles et les truites « source Onema 2008 ».

NOM	Hauteur	Franchissabilité		Usage
		Anguille	Truite	
Les Persières	1,9	?	?	Alimentation canal latéral à la Loire & Agrément aire de loisirs
Moulin de Vaumas	1,4	2-	4	Sans usage ou inconnu
Enrochement abrevoir	0,6	?	?	Abrevoir
Jaligny (moulin Chaume)	2,4	4+	5	Micro central
Trézelles	2,2	3	4	Sans usage ou inconnu
Moulin de la Figourdine	1,8	3	4	Minoterie
Moulin Martin	2,0	4+	4	Sans usage ou inconnu
Lapalisse (ruine)	0,0	0	0	Sans usage ou inconnu
Roc Foucaud	1,2	2	3	Agrément aire de loisirs
Chatelard	1,2	2+	3	Micro central
Moulin Neuf (ruine)	0,0	0	0	Sans usage ou inconnu
Pouzoux	1,5	2	4	Sans usage ou inconnu
"Chez Jean" (Berlande)	1,0	2	3	Sans usage ou inconnu
Moulin du Breuil	1,6	2	4	Sans usage ou inconnu
seuil de dérivation du Breuil	0,3	1-	2	Sans usage ou inconnu
Moulin Clavel	1,6	3	4	Sans usage ou inconnu
barrage aval compensation (légère brèche RG)	1,3	?	?	Sans usage ou inconnu
Retenue de compensation du complexe EDF	3,5	3	4	Régulation des éclusées
Darots	1,4	2+	3	Sans usage ou inconnu
Moulin Chatel	1,6	3	2	Sans usage ou inconnu
Moutet	1,2	2+	2	Sans usage ou inconnu
Gouyon	0,4	0+	1	Sans usage ou inconnu
Moulin du Roc	1,1	1+	2	Sans usage ou inconnu
Barrage EDF de St-Clément	25,0	5	5	Production hydroélectrique
Barrage des Plans	1,2	-	4	Sans usage ou inconnu
Ancien Moulin de St-clément	1,0	-	3	Sans usage ou inconnu
Barrage poteau électrique	0,6	?	?	Sans usage ou inconnu
Moulin Jury	1,3	-	3	Sans usage ou inconnu
Barrage poteau électrique	0,4	?	?	Sans usage ou inconnu
Barrage de la scierie	1,3	-	4	Scierie
Moulin Côte	0,0	-	1	Sans usage ou inconnu
Moulin Gitenay	0,3	-	1	Sans usage ou inconnu
Moulin de St-Priest	0,9	-	4	Sans usage ou inconnu
Étang droit Moulin Poyet	0,3	-	1	Sans usage ou inconnu
Barrage du bassin de décantation	20,0	-	5	Rétention de boue

Classe	Qualification	Critères de base	Equivalence avec dispositif de franchissement
0	Absence d'obstacle	Ouvrage ruiné, effacé ou sans impact	
1	Obstacle franchissable sans difficulté apparente	La libre circulation du poisson est assurée à tout niveau de débit dans des conditions de température permettant la migration	Dispositif de franchissement efficace
2	Obstacle franchissable mais avec risque de retard	L'ouvrage a un impact en situation hydraulique limitante ou en conditions thermiques défavorables	Dispositif de franchissement efficace, mais insuffisant pour éviter les retards migratoires
3	Obstacle difficilement franchissable	L'impact de l'ouvrage est important dans des conditions moyennes (module et températures favorables)	Dispositif de franchissement insuffisant
4	Obstacle très difficilement franchissable	L'impact de l'ouvrage est tel que le passage du poisson n'est possible qu'en situation exceptionnelle (hydraulicité supérieure à 2 ou 3, par rapport à la valeur du module)	Dispositif de franchissement très insuffisant
5	Obstacle infranchissable	L'ouvrage est étanche pour la circulation du poisson, y compris en période de crue	

Annexe 8 : Surface des différents type de faciès par linéaire inter barrage.

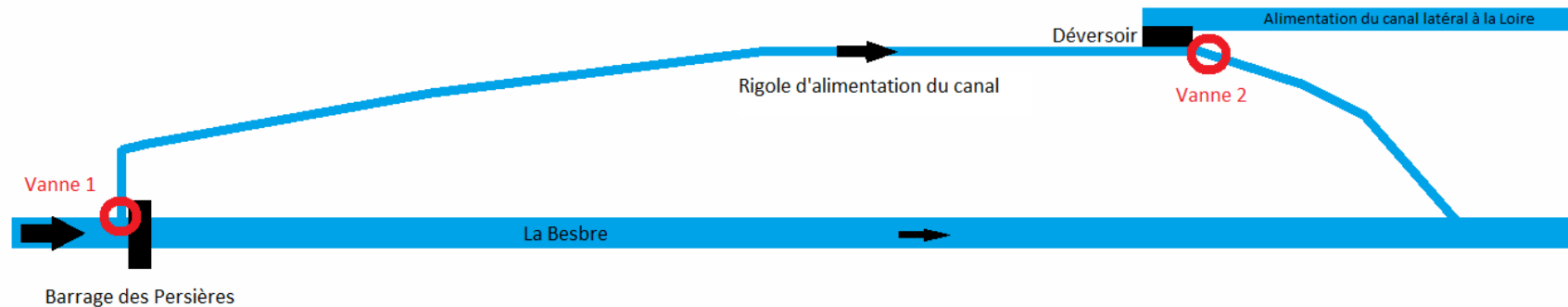
limite amont du tronçon	surface en m ²						nb de km
	RAP	RAB	RAD	PLA	CLO	CLE & PLE	
Barrage des Persières	0	697	13 749	17 282	20 973	59 670	9,271
Barrage de Vaumas	0	35	15 591	52 305	53 947	39 482	14,873
Enrochement abreuvoir	0	90	9 035	20 814	12 941	44 841	8,208
Barrage de Jaligny	0	0	9 147	5 700	1 882	38 874	4,552
Barrage de Trèzelles	629	0	12 153	29 639	35 945	88 735	10,856
Moulin Figourdine	0	34	14 704	24 336	7 810	57 648	8,947
Moulin Marin	89	49	1 639	4 881	1 447	10 295	1,243
Barrage de Lapalisse	86	47	6 876	12 871	4 286	19 942	3,733
Roc Foucaud	54	1 145	4 748	6 494	2 576	18 662	2,952
Usine de Chatelard	0	0	1 410	3 668	151	14 692	1,447
Moulin Neuf	0	247	4 215	4 478	1 090	20 416	2,118
Chez Jean	0	408	2 960	4 736	1 386	9 262	1,909
Moulin Breuil 2	0	746	3 688	6 301	749	8 143	2,285
Moulin Breuil 1	0	0	152	66	0	602	0,120
Poteau EDF	0	0	159	240	65	5 993	0,435
Moulin Clavel	0	1 528	3 057	4 371	1 481	4 794	2,063
Ouvrage non répertorié	0	496	5 919	8 538	832	8 199	2,869
Barrage de compensation	0	614	2 403	1 864	338	3 416	0,994
Moulin Darots	0	5 930	40	0	4 028	20 472	2,045
Moulin Châtel	0	585	1 617	2 801	198	5 362	1,327
Moulin Moutet	0	183	91	0	528	433	0,133
Moulin Gouyon	0	1 559	107	0	581	2 134	0,572
Roc (Ancienne Scierie)	4 023	13 777	1 301	9 546	1 124	4 106	4,776
Barrage de St Clément	1 189	463	355	1 284	32	1 127	0,805
Barrages des Plans	169	0	2 103	1 835	234	189 165	2,447
Moulin de St Clément	195	149	3 294	2 619	455	2 331	1,162
Moulin Jury	55	2 762	10 013	7 506	1 023	1 464	3,772
Scierie	622	2 176	3 183	5 776	975	1 519	1,427
Moulin Côte	41	8 959	4 344	9 832	105	1 592	4,895
Total	7 152	42 679	138 053	249 783	157 182	683 371	102,234
Pourcentage	1%	3%	11%	20%	12%	53%	

Annexe 9 : Comparaison des surfaces ERR des affluents de la Loire et de L'allier

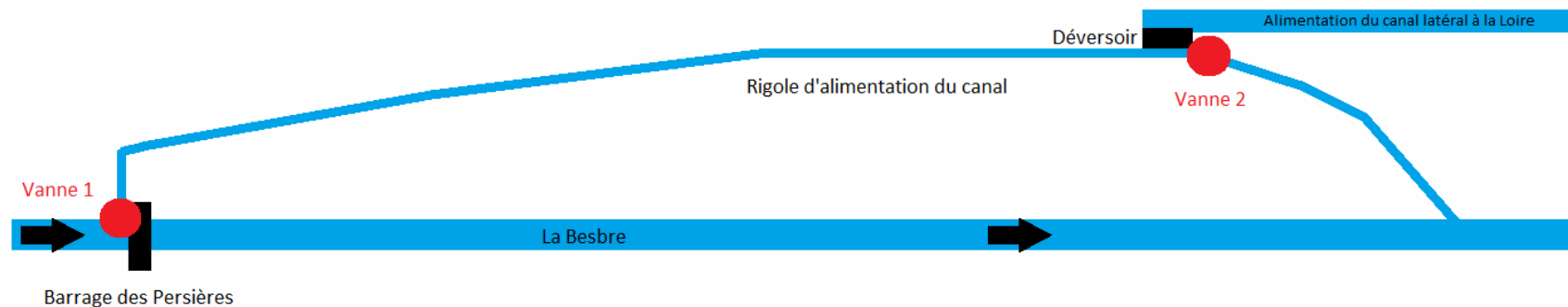
	Type de faciès	PLA	CLO	RAD	RAB	RAP	Surface total	Surface ERR	nb smolts / 100m² pour la surface total
L'Allier	Surface en ha	141,6	12,5	32,1	21,6	24,4	232,2	118,9	3,8
	Pourcentage	61,0%	5,4%	13,8%	9,3%	10,5%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	89 367							
Le Chapeauroux	Surface en ha	6,9	0	5,5	2,7	3,1	18,2	12,7	5,2
	Pourcentage	37,9%	0,0%	30,2%	14,8%	17,0%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	9 472							
La Dore	Surface en ha	61,0	1	10,6	4,6	0,3	77,5	28,7	2,8
	Pourcentage	78,7%	1,3%	13,7%	5,9%	0,4%	100%		
	nb de smolts dévalants	21 596							
L'Alagnon	Surface en ha	44,0	0,7	20,2	5,7	0,09	70,69	35,5	3,8
	Pourcentage	62,2%	1,0%	28,6%	8,1%	0,1%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	26 738							
La Sioule	Surface en ha	59,3	0	15,1	4,7	0,4	79,5	32,1	3,0
	Pourcentage	74,6%	0,0%	19,0%	5,9%	0,5%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	24 147							
L'Arroux	Surface en ha	40,1	0,0	3,9	0,7	0,0	44,7	12,6	2,1
	Pourcentage	89,7%	0,0%	8,7%	1,6%	0,0%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	9 594							
La Besbre avec tous les faciès	Surface en ha	25,0	15,7	13,8	4,3	0,7	59,5	39,5	2,4
	Pourcentage	42,0%	26,4%	23,2%	7,2%	1,2%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	14 420							
La Besbre avec les faciès propice à la croissance	Surface en ha	11,5	2,6	9,4	4,3	0,7	28,5	19,3	5,1
	Pourcentage	40,4%	9,1%	33,0%	15,1%	2,5%	100%		
	nb moyen de smolts dévalants	14 420							

Annexe 10 : Configuration des vannes de l'ouvrage de Dompierre sur Besbre.

Deux vannes sont situées sur la rigole qui alimente le canal. La première se trouve au niveau du barrage et la seconde au niveau du déversoir entre cette rigole et le canal. Même lorsque la cote du canal latéral à la Loire est à un niveau correct, les deux vannes sont ouvertes et la totalité de l'eau détournée au barrage retourne à la Besbre 1,35 km en aval. La meilleure configuration pour optimiser le franchissement des poissons migrateurs serait que la seconde vanne soit constamment fermée et que la première soit ouverte uniquement lorsque la cote d'eau du canal doit être rehaussée. (Les flèches correspondent au sens du courant et leur épaisseur à la quantité d'eau circulant. Les cercles rouges vides correspondent aux vannes ouvertes et les cercles rouges pleins aux vannes fermées. Le premier schéma représente la configuration actuelle et le second celle qui devrait être observée lorsque le canal latéral à la Loire a une cote suffisante).



Configuration actuel



Configuration optimal pour la libre circulation des espèces piscicoles

