Etude des potentialités du Clain pour les Aloses et la Lamproie marine



Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels

Clara NIKOLITCH

Année 2015/2016

Photo de couverture : Le Moulin de la Pierrière et le Clain. C. Nikolitch, 2016

Etude des potentialités du Clain pour les Aloses et la Lamproie marine

Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels

Clara NIKOLITCH Année 2015/2016

Résumé

L'étude réalisée en 2016 s'inscrit dans le cadre d'une évaluation des potentialités d'accueil actuelles et futures du Clain pour les poissons migrateurs, plus particulièrement les Aloses et la Lamproie marine. L'inventaire des zones de type courant, a permis d'évaluer leur surface à 14 ha ce qui représente 6 % de la surface totale en eau. Cette proportion est liée d'une part au type de rivière étudiée (rivière de plaine à faible pente), d'autre part à la présence de nombreux barrages, 39 au total. Pour autant, le Clain possède une capacité d'accueil non négligeable pour la Lamproie. La surface de frayères potentielles est comprise entre 4,0 et 8,7 ha. Ce qui nous donne un potentiel d'accueil compris entre 60 000 et 130 000 géniteurs. En revanche, nous avons observé 0,5 ha de frayères potentielles pour l'Alose situé uniquement sur le Clain aval, ce qui est cohérent avec les preferenda de l'espèce pour les cours d'eau d'une largeur supérieure à 30 m. L'aménagement ou arasement des ouvrages apparaît donc indispensable pour la réouverture de ce cours d'eau aux migrateurs amphihalins. En effet, l'étude bathymétrique révèle les potentialités du Clain si des travaux sur les ouvrages étaient engagés. L'arasement du Moulin de la Grève et du Moulin du Clain entrainerait l'apparition de 1 277 m^2 de frayères potentielles pour la Lamproie.

Abstract

The study carried out in 2016 is about the evaluation of present and future Clain's potentiality for migratory fish, more particularly Shad and Lamprey. The surface of running areas is about 14 ha and this is 6 % of the total area of water. This value is due to the type of river (lowland river with a low pitch), and to the existence of 39 dams. However, the Clain has a non-negligible capacity for Lampreys. The area of potential spawning grounds is between 4.0 and 8.7 ha, which represents between 60 000 and 130 000 spawners. However we observed 0.5 ha of potential spawning grounds for Shad only downstream. This result is coherent with the fact that the Shad have a preference for watercourse larger than 30 m. Adjusting or erasing these dams is necessary for re-opening the watercourse to the migratory fishes. Indeed, the bathymetry study shows the potentiality of this watercourse if works on the dams were started. Erasing the Moulin de la Grève and the Moulin du Clain would create 1 277 m^2 of potential spawning grounds for Lamprey.

Remerciements

Je tiens à remercier Aurore Baisez directrice de l'association LOGRAMI pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de son organisme et pour m'avoir guidé dans la rédaction de mon rapport.

Je remercie tout particulièrement ma maitre de stage Angéline Sénécal chargée de programme de l'association pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils avisés pour la rédaction de ce rapport.

Je remercie également Pierre Portafaix chargés d'études pour l'aide et les connaissances qu'il m'a apportées.

Je tiens également à remercier Philippe Durand, mon professeur référent à AgroParisTech, pour m'avoir accompagné tout au long de la réalisation de ce stage.

Merci également à Philippe Jugé pour son aide et ses conseils. Sans lui une partie de cette étude n'aurait pas pu être réalisée.

Je remercie aussi Clément Rautureau, salarié à LOGRAMI pour les connaissances qu'il m'a apportées et pour le bon temps passé en sa compagnie sur le terrain.

Je remercie enfin tout le personnel de l'ONEMA pour l'accueil et l'aide apportée d'une façon ou d'une autre et en particulier Alain qui m'a agréablement accueilli au sein de son bureau.

Table des matières

Résumé 5
Remerciements 6
Table des matières 7
Liste des illustrations 9
Glossaire 12
Introduction 13
I. Contexte de l'étude 14
I. 1. Biologie et écologie des espèces étudiées 14
I. 1. 1. Les Aloses 14
I. 1. 1. 1. Caractéristiques générales des Aloses 14
I. 1. 1. 2. Règlementation et statut 15
I. 1. 2. La Lamproie marine 15
I. 1. 2. 1. Caractéristiques générales de la Lamproie marine 15
I. 1. 2. 2. Règlementation et statut 17
I. 2. Caractéristiques du bassin du Clain 17
I. 2. 1. Présentation du bassin du Clain 17
I. 2. 1. 1. Description générale 17
I. 2. 1. 2. Présence historique de poissons migrateurs 19
I. 2. 1. 3. Présence actuelle de poissons migrateurs 21
I. 2. 1. 4. Mesures règlementaires pour la continuité écologique 23
I. 2. 1. 5. Aménagements du bassin du Clain 24
I. 2. 2. Description de la zone d'étude 26
I. 2. 2. 1. Localisation de la zone d'étude 26
I. 2. 2. 2. Recensement des ouvrages sur la zone d'étude 27
II. Matériel et méthodes 29
II. 1. Compatibilité des paramètres environnementaux du Clain avec les besoins des Aloses et de la Lamproie marine 29
II. 2. Cartographie des zones de reproduction potentielles en milieux courants 30
II. 2. 1. Méthode de description des frayères 31
II. 2. 2. Estimation du potentiel pour l'Alose 33
II. 2. 3. Estimation du potentiel pour la Lamproie marine 34
II. 2. 3. Extraction et traitement des données 37
II. 3. Estimation des zones de reproduction potentielles en milieux ennoyés 37
II. 3. 1. Identification des zones intéressantes avec un échosondeur 38
II. 3. 2. Protocole de mesures bathymétriques 39
II. 3. 3. Traitement des données bathymétriques 40
II. 3. 4. Création du Modèle Numérique de Terrain (MNT) 40

II. 4. Front de colonisation de la Lamproie marine 41
III. Résultats 42
III. 1. Compatibilité de la température du Clain avec les besoins des Aloses et de la Lamproie marine 42
III. 1. 1. Les Aloses 42
III. 1. 2. La Lamproie marine 43
III. 2. Cartographie des zones de reproduction potentielles en milieux courants 45
III. 2. 1. Calendrier de réalisation et conditions des prospections de terrain 45
III. 2. 2. Analyses de la répartition des faciès et de la granulométrie 46
III. 2. 3. Découpage de la zone d'étude en tronçons 47
III. 2. 4. Surfaces potentielles de reproduction et de production 49
III. 2. 5. Découpage de la zone d'étude en tronçons inter-ouvrages 52
III. 2. 6. Comparaison des résultats avec la cartographie de 2003 54
III. 3. Estimation des zones de reproduction potentielles en milieux ennoyés 55
III. 3. 1. Étude des profondeurs avec l'échosondeur 55
III. 3. 2. Étude bathymétrique 56
III. 4. Front de colonisation de la Lamproie marine 61
IV. Discussion 62
Conclusion 66
Bibliographie 68
Annexes 71

Liste des illustrations

Liste des figures

Figure 1 : Dessin de la grande Alose (à gauche) et de l'Alose feinte (à droite) (LOGRAMI - Nowakowski)..... 14
Figure 2 : Cycle biologique de la grande Alose 14
Figure 3 : Dessin de Lamproie marine (LOGRAMI - Nowakowski)..... 15
Figure 4 : Cycle biologique de la Lamproie marine..... 16
Figure 5 : Débit moyen mensuel sur le Clain aval de 1964 à 2015 et sur Clain intermédiaire de 1966 à 2015 (Banque hydro : SCP VCA – Centre de Poitiers/Hydro – MEDD/DE) 18
Figure 6 : Effectif d'aloses à la station de comptage de Châtellerault de 2004 à 2015 (LOGRAMI) ... 22
Figure 7 : Effectif de lamproies marines à la station de comptage de Châtellerault de 2004 à 2015 (LOGRAMI)..... 22
Figure 8 : schéma d'une coupe transversale d'une frayère de grande Alose (C. Nikolitch) 33
Figure 9 : schéma d'une coupe transversale de nid de Lamproie marine (C. Nikolitch) 35
Figure 10: Représentation d'un levé bathymétrique 39
Figure 11: Répartition des températures aux deux stations thermiques du Clain pour les périodes de montaison, de reproduction, d'incubation et larvaire de l'Alose (la zone en bleu correspond aux températures optimales selon la bibliographie, les rectangles sont délimités par les percentiles 25 % et 75 %) 42
Figure 12 : Répartition des températures aux deux stations thermiques du Clain pour les périodes de montaison, de reproduction, d'incubation et larvaire de la Lamproie (la zone en bleu correspond aux températures optimales selon la bibliographie, les rectangles sont délimités par les percentiles 25 % et 75 %) 43
Figure 13 : Comparaison de la moyenne des températures mensuelles de 2004 à 2015 et de la température mensuelle de 2016 à la station de Châtellerault. 44
Figure 14 : Comparaison du débit moyen mensuel en 2016, du débit moyen journalier en 2016 et du débit moyen mensuel sur 51 ans pour la station de Dissay. 45
Figure 15 : Comparaison du débit moyen mensuel en 2016, du débit moyen journalier en 2016 et du débit moyen mensuel sur 50 ans pour la station de Vivonne. 46
Figure 16 : Répartition des différents faciès sur le Clain en dehors des profonds sur la zone d'étude . 47
Figure 17 : Profil en long des deux tronçons en fonction de la pente 47
Figure 18 : Répartition géographique des faciès lotiques et des faciès potentiels pour la reproduction des espèces cibles sur le Clain..... 48
Figure 19 : Répartition géographique de la granulométrie sur le Clain. 49
Figure 20 : Répartition des frayères potentielles de Lamproie sur la zone d'étude (en m^2). Le nom des tronçons étant le nom du Moulin situé en amont du tronçon. 52
Figure 21 : Comparaison du pourcentage d'habitats courants entre l'étude de 2003 et l'étude de 2016.54
Figure 22 : Profil en long du Moulin du Clain réalisé grâce à l'échosondeur, avec en orange la limite de profondeur qui permettrait l'apparition de zones de reproduction potentielles après arasement de l'ouvrage et en abscisses la profondeur en mètre. 55
Figure 23 : Comparaison de la répartition des classes de hauteur d'eau avant et après arasement du moulin du Clain pour la zone 3. 57
Figure 24 : Comparaison de la répartition des classes de hauteur d'eau avant et après arasement du moulin de la Grève pour la zone 3 (cf légende de la Figure 22). 57
Figure 25 : Répartition de la surface prospectée en fonction des différentes classes de profondeur d'eau avant et après arasement sur les différents biefs étudiés (en pourcentage). 58
Figure 26 : Dessin de la grande Alose (à gauche) et de l'Alose feinte (à droite) (source LOGRAMI - Nowakowski)..... 73
Figure 27 : Photo de bull d'alose (LOGRAMI) 75
Figure 28 : Dessin de Lamproie marine (LOGRAMI - Nowakowski)..... 76

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des ouvrages sur le Clain aval, intermédiaire et amont 25
Tableau 2 : Tableau des classes de franchissabilité piscicole à la montaison des ouvrages du Clain de CA20 à CM12 pour les espèces suivantes : Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet (CE3E, 2014) 27
Tableau 3 : Récapitulatif des besoins en température des Aloses et de la Lamproie marine (Gruau 2014, DUCASSE (J), et LEPRINCE (Y). 1980, TAVERNY (Catherine) et ELIE (Pierre). 2010, KEITH (P), PERSAT (H), FEUNTEUN (E) et ALLARDI (J). 2011) 29
Tableau 4 : Différentes périodes de l'année correspondant au cycle de vie des Aloses et de la lamproie 30
Tableau 5 : Tableau d'appréciation des habitats selon des critères visuels (Provost, 1999) 31
Tableau 6 : Classes granulométriques simplifiées (Malavoi et Souchon, 2001) 32
Tableau 7 : Classes de recouvrement par la végétation aquatique 32
Tableau 8 : Exigences écologiques de la grande Alose et de la Lamproie marine (Mesnier et al., 2011) 36
Tableau 9 : Ouvrages ayant subi une diminution d'hauteur de chute entre 2003 et 2016 37
Tableau 10 : Caractéristiques des ouvrages sélectionnés pour la bathymétrie avec l'échosondeur d'après l'étude CE3E, 2014 39
Tableau 11 : Grille des différentes classes de hauteur d'eau et leur correspondance écologique 40
Tableau 12 : Proportion de la retenue prospectée qui pourrait devenir de la surface de reproduction après arasement de l'ouvrage (en %). 55
Tableau 13 : Récapitulatif de la surface des retenues et des surfaces prospectées 56
Tableau 14 : Récupération d'habitats favorables à la reproduction de la Lamproie en fonction des différentes zones d'étude sur la retenue du Moulin de la Grève. 59
Tableau 15 : Récupération d'habitats favorables à la reproduction de la Lamproie en fonction des différentes zones d'étude sur la retenue du Moulin du Clain. 60
Tableau 16 : Critères permettant la différenciation de la grande Alose et de l'Alose feinte (source Baglinière et Elie, 2000) 73

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation du Clain, du bassin versant de la Vienne et du bassin versant de la Loire 17
Carte 2 : Front de colonisation de l'Alose (à gauche) et de la Lamproie (à droite) 21
Carte 3 : Localisation de la zone d'étude 26
Carte 4 : Franchissabilité des 32 ouvrages du Clain situés sur la zone d'étude pour les espèces suivantes : Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet (CE3E, 2014) 28
Carte 5 : Ouvrages nécessitant un aménagement en fonction des scenarii 53
Carte 6 : Aire de répartition de la grande Alose (LOGRAMI) 75
Carte 7 : Aire de répartition de la Lamproie marine (LOGRAMI) 77

Liste des annexes

Annexe 1: Présentation de LOGRAMI 72
Annexe 2 : Cycle biologique et répartition des Aloses 73
Annexe 3 : Cycle biologique et répartition de la Lamproie marine 76
Annexe 4 : Règlementations pour les Aloses et la Lamproie marine au niveau national, européen et mondial. 78
Annexe 5 : Les mesures règlementaires sur la restauration de la continuité écologique 80
Annexe 6 : Etalement des flux migratoires pour les Aloses et la Lamproie marine 81

Annexe 7 : Capacité de franchissement des espèces cibles (Baudoin et al., 2014) 81
Annexe 8 : Stations de comptage sur le bassin de la Vienne 82
Annexe 9 : Répartition des 32 ouvrages sur la zone d'étude 83
Annexe 10 : Pente du Clain sur la zone d'étude en 1974 84
Annexe 11 : Clé de détermination des faciès d'écoulement 85
Annexe 12 : Tableau des caractéristiques des ouvrages de la zone d'étude 86
Annexe 13 : Analyse numérique des températures 89
Annexe 14 : Profils des retenues réalisés par échosondeur 90
Annexe 15 : Récapitulatif de la perte ou du gain d'habitats avant ou après arasement du Moulin du Clain en fonction des classes de hauteur d'eau. 92
Annexe 16 : Tronçons inter-ouvrages 93

Glossaire

Ammocète : Larve de la Lamproie.

Anadrome : Migration vers l'amont

Arasement : Enlèvement d'un ouvrage, l'arasement peut être partiel avec modification ou avec maintien de la hauteur de la ligne d'eau.

Dévalaison : Pour un poisson action de descendre un cours d'eau, d'aller d'amont en aval.

Echosondeur : Outil permettant la mesure de la profondeur à partir des phénomènes de la réflexion d'ondes acoustiques.

Effacement : Ouverture des vannes de l'ouvrage ou abaissement des clapets.

Equipement : Installation d'un dispositif pour le passage des poissons.

Etude bathymétrique : Étude de la profondeur d'un plan d'eau ou cours d'eau par sondage suivi du traitement des données correspondantes en vue de déterminer la configuration du fond.

Front historique de colonisation : Front de colonisation le plus ancien déterminé par LOGRAMI

Habitat : Ensemble d'éléments physico-chimiques et biologiques offrant les ressources suffisantes pour permettre à une espèce de vivre et de se reproduire normalement sur ce territoire.

Homing : Retour des espèces migratrices sur les frayères où elles sont nées.

Interpolation : Opération consistant à déterminer, à partir d'une série de données aux valeurs trop espacées, de nouvelles valeurs correspondant à un caractère intermédiaire pour lequel aucune mesure n'a été effectuée.

NGF : Nivellement Général de la France

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

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

Montaison : Pour un poisson action de remonter un cours d'eau, d'aller d'aval en amont, équivalent à anadrome.

Remous : Zone d'influence d'un ouvrage sur un cours d'eau.

Ripisylve : Végétation bordant les milieux aquatiques.

Sondeur mono-faisceau : Appareil qui émet un signal acoustique vers le fond et analyse l'écho retour. Connaissant la célérité moyenne du son, la mesure du temps de parcours permet de calculer la profondeur minimale entre l'émetteur/récepteur et le fond.

Introduction

Les poissons migrateurs, dits amphihalins, présents sur le bassin de la Loire sont des espèces qui effectuent une partie de leur cycle de vie en mer, et une partie en rivière. Nous nous s'intéresserons dans cette étude aux Aloses *(Alosa alosa et Alosa fallax ssp*) et à la Lamproie marine (*Petromyzon marinus)* au sein du Clain, qui est un affluent de la Vienne, elle-même située dans le bassin de la Loire.

En France, à partir du 19ème siècle, les cours d'eau sont aménagés. Le bassin Loire-Bretagne compte ainsi plus de 14 000 seuils ou barrages, construits pour plusieurs raisons : utiliser l'énergie des cours d'eau, créer des plans d'eau, faciliter la navigation (Robert, 2012)… Plus de la moitié d'entre eux n'ont plus d'usage aujourd'hui, mais leur présence brise la continuité écologique nécessaire aux poissons migrateurs pour atteindre leur zone de reproduction et de croissance. Les modifications anthropiques du paysage ont imposé à de nombreuses espèces de vivre dans des habitats* dits « sous-optimaux » ou de substitution avec un taux de reproduction ou une durée de vie diminuée.

Conscient de l'importance de ces espèces migratrices, le premier programme de réhabilitation français des grands migrateurs est mis en place en 1981. Le décret du 16 février 1994, dit « décret amphihalin », décentralise la gestion des poissons migrateurs au niveau de chaque bassin fluvial, qui possède donc sa propre association « migrateurs ». Toutes sont fédérées au sein de la Fédération Nationale de la Pêche en France. La présente étude est portée par l'association LOGRAMI, LOire GRands MIgrateurs qui œuvre pour la gestion et la restauration des populations de poissons migrateurs. Elle recueille les données biologiques afin de suivre l'évolution des poissons migrateurs, d'informer, de sensibiliser les acteurs à cette problématique et d'apporter une aide à la gestion.

Grâce aux outils de gestion (la Directive Cadre Européenne sur l'Eau, la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques, le Plan Loire …) l'arasement du barrage de Maisons-Rouges en 1998 sur la Vienne et l'installation d'une passe à poissons fonctionnelle sur le barrage de Châtellerault en 2004 ont permis la réouverture du bassin de la Vienne pour les Aloses et pour la Lamproie marine. Malgré ces efforts pour rétablir la continuité, il existe encore sur le Clain de nombreux obstacles. Une étude portée par le conseil départemental de la Vienne est actuellement en cours concernant le devenir des ouvrages hydrauliques sur le Clain en proposant différents aménagements en faveur de la continuité écologique. Notre présent travail a pour but de réaliser un bilan de la capacité d'accueil potentielle du bassin du Clain pour les Aloses et la Lamproie marine.

Les trois grands objectifs de cette étude sont de cartographier les différents habitats présents sur le Clain sur un parcours de 80 km, d'identifier le front de colonisation 2016 de la Lamproie marine et de comptabiliser les gains d'habitats correspondant à des zones potentielles de reproduction en fonction de différents scénarii d'aménagements des ouvrages hydrauliques situés sur la zone d'étude.

I. Contexte de l'étude

I. 1. Biologie et écologie des espèces étudiées

I. 1. 1. Les Aloses

I. 1. 1. 1. Caractéristiques générales des Aloses

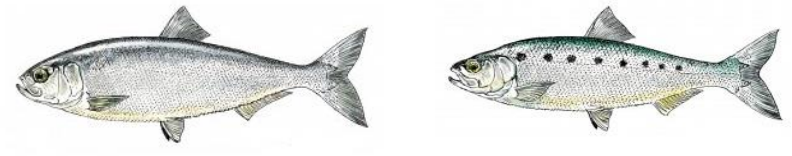


Figure 1 : Dessin de la grande Alose (à gauche) et de l'Alose feinte (à droite) (LOGRAMI - Nowakowski)

Il existe deux espèces d'alose en France, la grande Alose (*Alosa alosa*, Linné 1758) et l'Alose feinte (*Alosa fallax ssp*, Lacépède, 1803). Les aloses sont des poissons amphihalins et anadromes*. Elles font parties de l'ordre des Clupéiformes et de la famille Clupeidae (Baglinière et Elie, 2000).

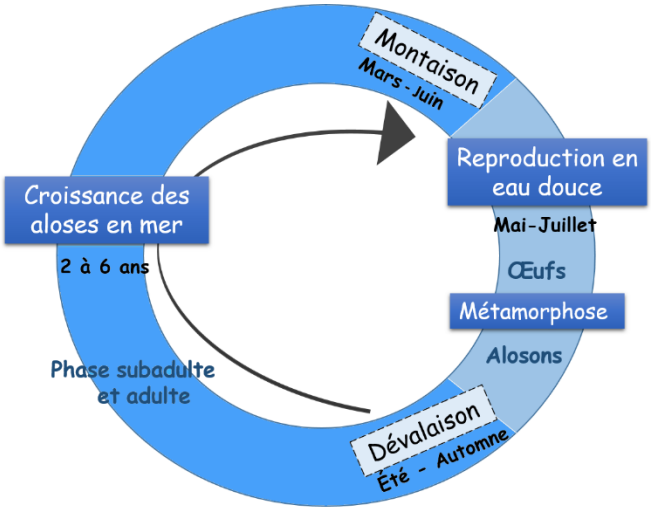


Figure 2 : Cycle biologique de la grande Alose

Le cycle biologique des aloses se déroule donc à la fois en mer, à une profondeur maximale de 200 m, c'est là où a lieu la croissance, et en eau douce pour la reproduction. Après éclosion des œufs, les larves restent localisées autour de la zone de frai et se positionnent entre les cailloux. Cette phase larvaire dure environ 6 jours.

La métamorphose arrive 15 à 20 jours après la naissance. Pour la grande Alose, la dévalaison* s'effectue de la mi-août jusqu'en décembre et pour les Aloses feintes elle s'effectue entre juillet et septembre (Baglinière et Elie, 2000).

La croissance pour atteindre la taille adulte a lieu en mer. Elle dure de 2 à 6 ans pour les mâles et de 3 à 6 ans pour les femelles (Baglinière et Elie, 2000).

Après la période de croissance, la migration anadrome* des adultes débute en mars. L'activité migratrice semble dépendre du débit fluvial, de la température et des coefficients de marée (Baglinière et Elie, 2000).

La période de reproduction se situe entre la fin des mois de mars et d'août (Cassou-Leins et Carette, 1992). A la tombée de la nuit, les reproducteurs se regroupent sur les habitats appropriés. Durant la nuit les couples remontent à la surface, pour se reproduire. C'est pendant cette phase, appelée « bull», que la femelle expulse ses œufs et que le mâle les féconde. (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981 ; 1990 ; Bach, 2015). Les œufs plus denses tombent et dérivent au fond de l'eau jusqu'à se bloquer dans les galets (Baglinière et Elie, 2000).

I. 1. 1. 2. Règlementation et statut

Au niveau européen les aloses sont inscrites à l'annexe II et à l'annexe V au titre de la directive « Habitat » du réseau Natura 2000. La grande Alose est classée vulnérable sur la liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine et elle est présente sur la liste rouge européenne. Elle est aussi protégée au titre de l'arrêté du 8 décembre 1988 fixant la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national (Annexe 4) (INPN).

I. 1. 2. La Lamproie marine

I. 1. 2. 1. Caractéristiques générales de la Lamproie marine

Les lamproies ne sont pas considérées au sens strict comme des poissons, elles appartiennent aux agnathes, vertébrés les plus primitifs et à la famille Petromyzontiformes (Docker, 2015).

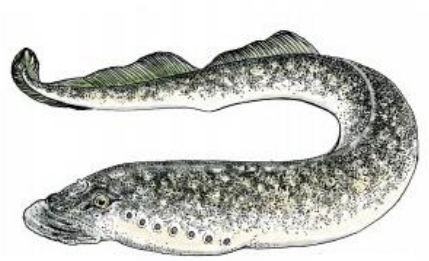


Figure 3 : Dessin de Lamproie marine (LOGRAMI - Nowakowski)

Il existe trois espèces de lamproies dans l'Ouest de l'Europe qui sont *Petromyzon marinus* : la Lamproie marine, *Lampetra fluviatilis* : la Lamproie fluviatile et *Lampetra planeri* : la Lamproie de planer. Dans cette étude nous nous intéresserons seulement à la Lamproie marine.

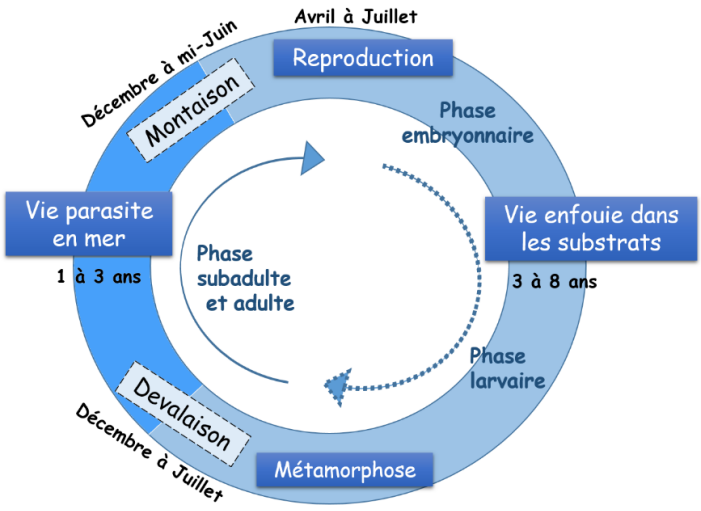


Figure 4 : Cycle biologique de la Lamproie marine

Comme pour les Aloses, le cycle biologique de la Lamproie marine se déroule à la fois en mer et en eau douce, mais dans ce cas c'est la période de vie en rivière qui est beaucoup plus longue que la période de vie en mer.

Cinq à six semaines après l'éclosion, les larves quittent le nid pour s'enfouir dans les sédiments sablo-limoneux (Keith et al., 2011). Cette phase dure généralement de trois à huit ans (Taverny et Elie, 2010).

Après la métamorphose la Lamproie marine suit une migration de dévalaison jusqu'à la mer. C'est à ce moment-là qu'elle débute son alimentation en tant que parasite sur diverses espèces de poissons (aloses, harengs, saumons…) (Ducasse et Leprince, 1980).

Les facteurs déclenchants la reproduction sont la température de l'eau et les niveaux d'eau. Les Lamproies sont attirées grâce à leur système olfactif, par les cours d'eau contenant des larves de la même espèce. Ce sont les fèces des larves qui émettent une phéromone à forte attractivité, le sulfate de petromyzonol. Une seule larve peut activer 4 m^3 d'eau par heure (Taverny et Elie, 2010). La période de migration s'étend du mois de décembre à fin juin début juillet avec un pic en mars et avril.

La période de fraie se situe de mars à août lorsque la température de l'eau est comprise entre 15°C à 23°C. Les mâles arrivent les premiers et creusent un nid en forme de cuvette. Lors de l'accouplement la femelle se ventouse à un rocher en amont du nid et le mâle s'accroche sur sa tête. Les œufs, très nombreux, se collent sous les pierres du nid et les géniteurs meurent quelques jours après (Taverny et Elie, 2010).

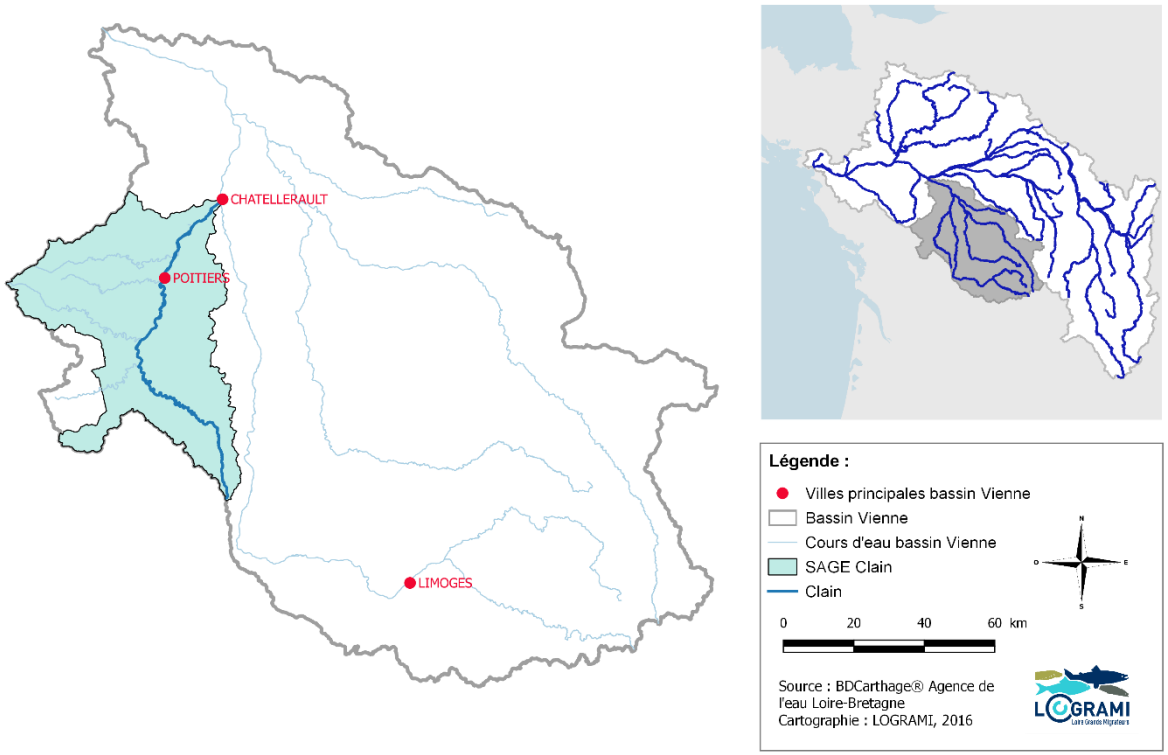
I. 1. 2. 2. Règlementation et statut

Au niveau européen les lamproies sont inscrites à l'annexe II au titre de la directive « Habitat » du réseau Natura 2000. La lamproie est classée comme quasi-menacée sur la liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine et elle est présente sur la liste rouge européenne. Comme l'Alose elle est protégée au titre de l'arrêté du 8 décembre (Annexe 4) (INPN).

I. 2. Caractéristiques du bassin du Clain

I. 2. 1. Présentation du bassin du Clain

I. 2. 1. 1. Description générale



Carte 1 : Localisation du Clain, du bassin versant de la Vienne et du bassin versant de la Loire

Le Clain est un affluent rive gauche de la Vienne (Carte 1) et il draine un bassin versant topographique de 3 209 km². Il prend sa source dans le département de la Charentes à 255 m d'altitude et rejoint la Vienne après un parcours de 144 km (Baudais, 2003). Il draine de nombreux affluents dont l'Auxance, la Boivre, la Vonne et la Dive de Couhé (Carte 3) (Robert, 2012). Le Clain se caractérise dans sa partie amont, de sa source jusqu'aux Sommières du Clain, par un lit sinueux avec une pente de l'ordre de 0,2 à 0,4 %. Le reste de son linéaire possède une pente relativement plus faible autour de 0,08 % (Annexe 10).

Sur un plan administratif, le bassin versant est concerné par 3 départements de l'ancienne région Poitou-Charentes. Le périmètre du SAGE du Clain qui s'étend sur 2 882 km² ne correspond pas exactement au bassin topographique du Clain. Le périmètre du SAGE Clain se base principalement sur la cohérence physique, avec la prise en compte du fonctionnement hydrogéologique particulier entre Clain et Sèvre Niortaise. En effet sur ce secteur, correspondant au bassin amont de la Dive de Couhé, les eaux souterraines mais aussi une part des eaux superficielles alimentent le bassin de la Sèvre Niortaise.



Photo 1 : Vue amont du Moulin de Bretaigne (à gauche) et vue aval du Moulin de l'Essart (à droite) (C. Nikolitch, 2016)

Le bassin subit un climat océanique altéré. Les précipitations annuelles sont de 683 mm en moyenne. Le Clain présente un régime pluvial avec de hautes eaux en hiver (pointe de débit en février avec un débit moyen mensuel de 27 m^3/s à Poitiers) et des basses eaux en été avec une période d'étiage de juillet à septembre et des débits moyens de l'ordre de 3 à 4,9 m^3/s à Poitiers.

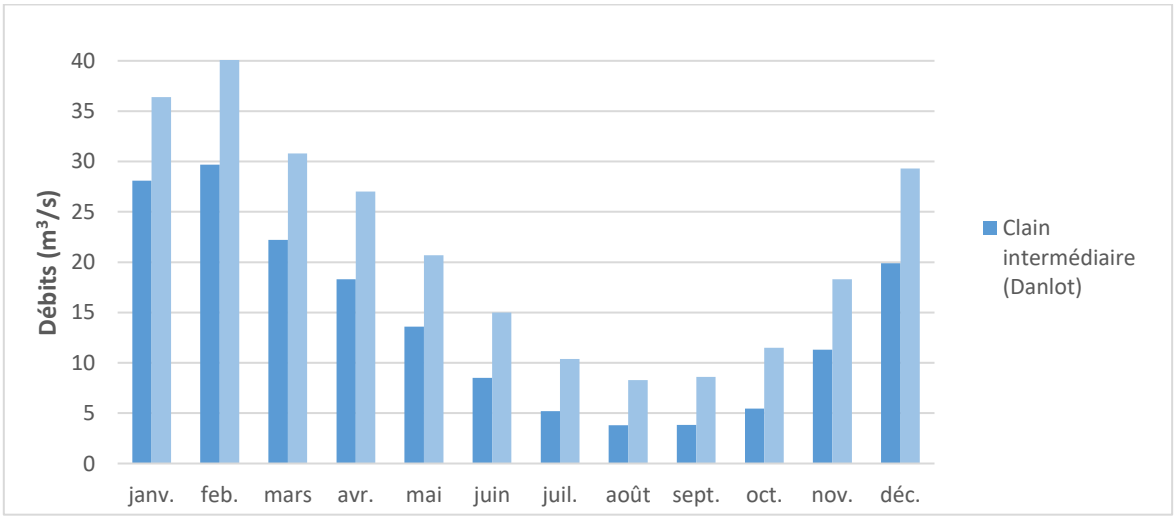


Figure 5 : Débit moyen mensuel sur le Clain aval de 1964 à 2015 et sur Clain intermédiaire de 1966 à 2015 (Banque hydro : SCP VCA – Centre de Poitiers/Hydro – MEDD/DE)

Sur la Figure 5 on observe les débits moyens mensuels calculés sur 50 ans pour la station hydrométrique de Danlot (Clain intermédiaire) et sur 51 ans pour la station située à Dissay (Clain aval). La tendance de la courbe des débits reste environ la même pour les deux stations avec une différence moyenne de 7 m^3/s. Le module interannuel à la station de Danlot est de 14,10 m^3/s et celui à la station de Dissay est de 21,30 m^3/s.

Les terres agricoles recouvrent 80% du bassin du Clain. L'occupation du sol la plus représentée après les terres agricoles est la forêt, qui recouvre 14,6 % du bassin du Clain. Les zones urbanisées (5,2 % du territoire) se concentrent au niveau de Poitiers, de son agglomération et de ses alentours.

Du point de vue géologique, le bassin versant du Clain est au carrefour de quatre grands ensembles géologiques :

Les bassins sédimentaires (secondaire / tertiaire)	Les massifs anciens schisteux et granitiques (primaire)
• Bassin parisien au nord-est	• Massif armoricain au nord-ouest
• Bassin aquitain au Sud-ouest	• Massif central au Sud-est

En ce qui concerne la qualité des eaux, les teneurs en nitrate sont relativement élevées sur l'ensemble du territoire et concernant les pesticides, ils sont majoritairement détectés dans les eaux aval du Clain. Leurs concentrations sont souvent importantes et dépassent régulièrement le seuil de potabilité des eaux de 0,1 µg/l. Les molécules les plus présentes correspondent à des herbicides et à des insecticides. La qualité des eaux par rapport aux matières organiques, au phosphore ou à l'azote quant à elle s'est significativement améliorée au cours de ces dernières années : elle est qualifiée de bonne sur une majorité de cours d'eau. Ces évolutions sont notamment dues à l'amélioration des systèmes d'assainissement domestique.

I. 2. 1. 2. Présence historique de poissons migrateurs

Avoir une vision de l'historique de la présence des poissons migrateurs à l'échelle de la zone d'étude permet de mieux comprendre les enjeux de la restauration des populations. Avant le 19ème siècle, on retrouve des traces de l'Alose jusqu'à la région de Limoges sur l'axe de la Vienne (Boisneau, 1990). Par contre très peu d'informations sont disponibles à propos de la présence historique de la Lamproie sur cet axe.

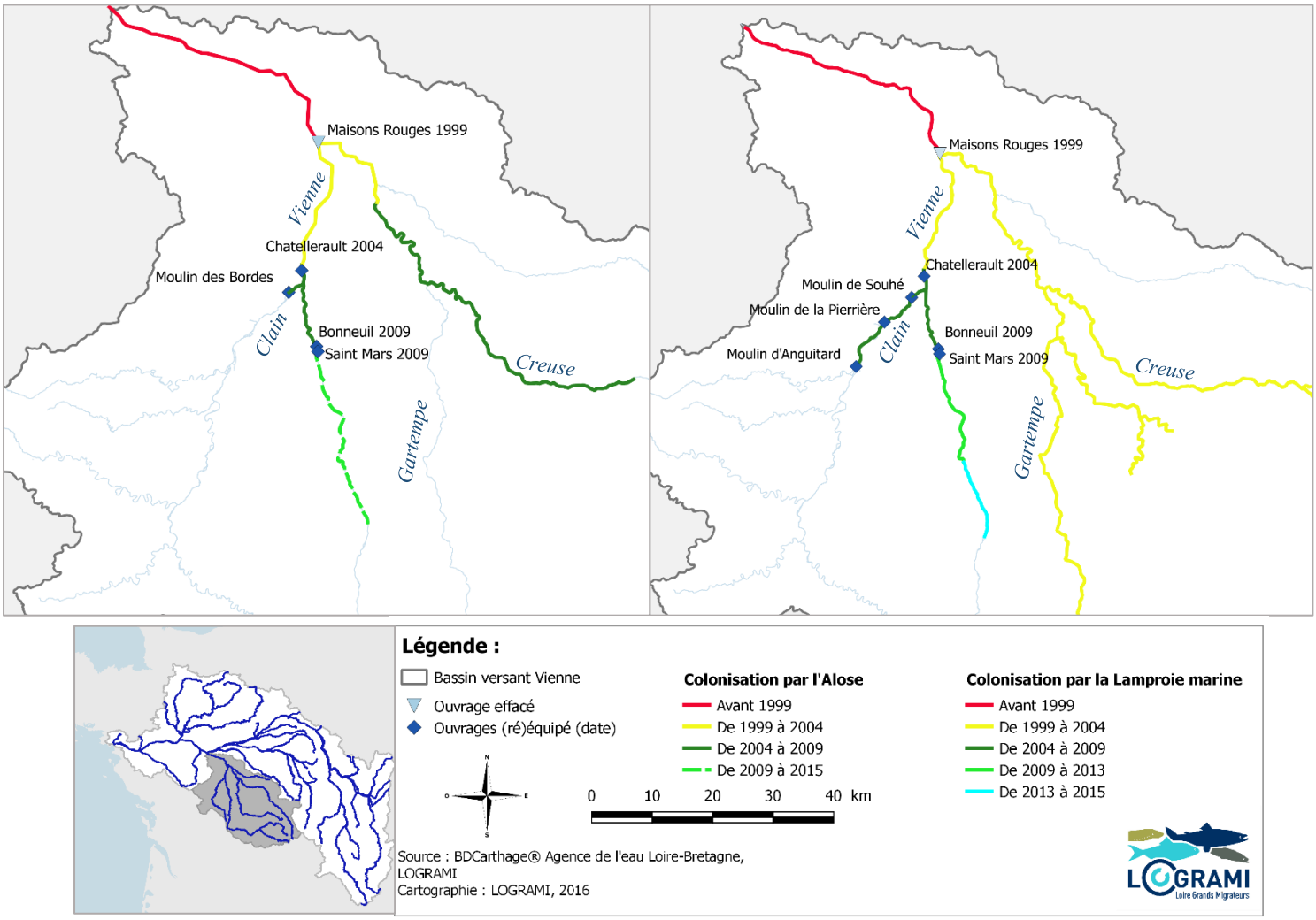
Par la suite, la construction du barrage de Châtellerault en 1824 entraine la perte de la continuité écologique sur la Vienne. D'après des recherches effectuées aux archives départementales de Poitiers on sait qu'en 1899 l'échelle à poisson de Châtellerault n'était pas fonctionnelle et qu'il n'y avait donc pas de poissons migrateurs à l'amont du barrage.

La construction en 1920 du barrage de Maisons-rouges en aval du barrage de Châtellerault entraine également une perte de la continuité écologique. La première échelle à poissons construite peu de temps après sa construction et la deuxième construite avant 1930 n'ont pas fonctionné. En 1950, une troisième passe à poissons est construite et elle permet alors aux Aloses et aux Lamproies de passer en période de crues (Couderc, 1999).

En 1999, l'arasement du barrage de Maisons-rouges permet aux poissons migrateurs la reconquête de la Vienne jusqu'à Châtellerault. Ce n'est qu'en 2004, qu'une passe à poissons est construite sur ce barrage. Cette passe a permis aux espèces migratrices, principalement la grande Alose, la Truite de mer, la Lamproie marine, l'Anguille et le Saumon atlantique, de franchir le barrage et de coloniser plus en amont les axes migratoires.

Il existe encore aujourd'hui de nombreux obstacles à la continuité écologique mais l'aménagement de passes à poissons aux Moulin de Bonneuil et de Saint-Mars en 2009 et de Gouex et de Villars en 2011 a permis à la Lamproie de coloniser la Vienne sur une quarantaine de kilomètres (Carte 2).

I. 2. 1. 3. Présence actuelle de poissons migrateurs



Carte 2 : Front de colonisation de l'Alose (à gauche) et de la Lamproie (à droite)

Présence de l'Alose sur le bassin de la Vienne

Les stations de comptage mises en place sur le bassin de la Vienne par LOGRAMI permettent de suivre les populations de poissons migrateurs depuis 2004 (Annexe 8). La Figure 6 montre que 5 898 aloses ont été comptées à la station de comptage de Châtellerault en 2004, puis un maximum de 9 538 en 2007 et 322 aloses en 2015 (LOGRAMI, 2014). Les effectifs sont en baisse constante sur le bassin de la Loire depuis 2008. Des hypothèses à propos de cette diminution d'effectif peuvent être citées comme par exemple les sècheresses de 2003 et 2006 qui ont eu pour conséquence la diminution de l'accès aux frayères et donc une réduction des effectifs ou encore la pratique de la pêche qui amplifie cette diminution.

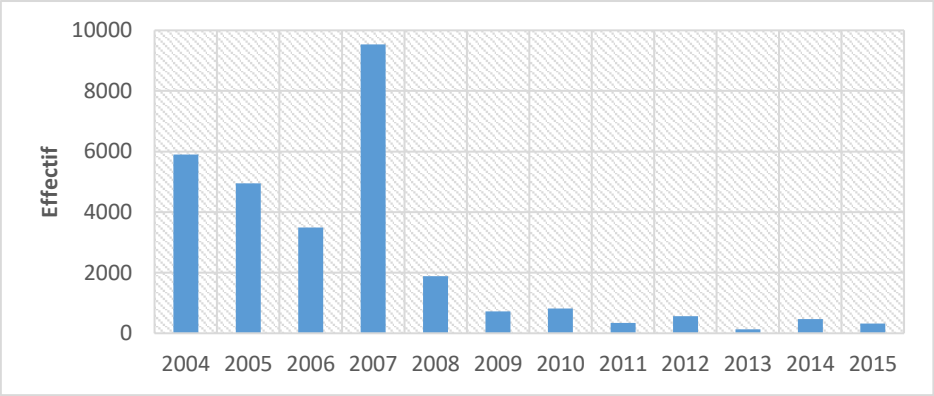


Figure 6 : Effectif d'aloses à la station de comptage de Châtellerault de 2004 à 2015 (LOGRAMI)

Hormis un suivi infructueux de reproduction à l'aval du barrage des Bordes en 2004, premier ouvrage quasiment infranchissable sur le Clain, aucune prospection de frayères à Alose n'a été réalisée sur la zone d'étude. Cela étant dû à la quasi infranchissabilité des ouvrages du Clain pour les Aloses et ce dès les premiers 900 m.

Présence de la Lamproie sur le bassin de la Vienne

Depuis l'effacement du barrage de Maisons-rouges un suivi annuel des migrateurs est réalisé par LOGRAMI. On compte sur le graphique de la Figure 7 un maximum de 49 174 lamproies marines en 2008 et un minimum de 8 333 en 2005. Cependant ces chiffres n'intègrent pas les individus se reproduisant en aval des deux stations de comptage (LOGRAMI, 2014).

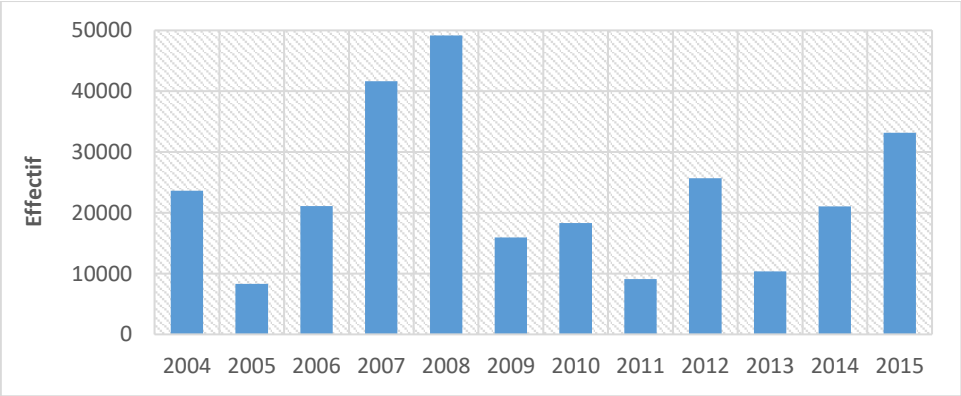


Figure 7 : Effectif de lamproies marines à la station de comptage de Châtellerault de 2004 à 2015 (LOGRAMI)

En 2014 sur le Clain, le front de colonisation a pu être établi sur la commune de Beaumont au niveau de la frayère située en aval du Moulin de Pierrière et en 2015 il a été établi à l'aval du Moulin de Souhé. Ce qui représente un linéaire colonisé d'environ 11 km. Le front de colonisation historique* de la Lamproie marine sur le Clain est validé à 13 km, en amont sur la commune de Chasseneuil du Poitou au Moulin d'Anguitard (LOGRAMI, 2014).

I. 2. 1. 4. Mesures règlementaires pour la continuité écologique

En 2006, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) prévoit d'atteindre en 2015 l'objectif de «bon état» fixé par la DCE et de reconquérir la qualité écologique des cours d'eau. Les anciens classements ("cours d'eau réservés" et "cours d'eau classés à migrateurs") sont remplacés par de nouveaux classements : listes 1 et 2. En liste 1 (d'application immédiate), il s'agira d'empêcher la création de nouveaux obstacles à la continuité écologique. En liste 2 (d'application différée : obligation de résultat 5 ans après la publication de la liste), il s'agira de restaurer la continuité écologique, pour le transport suffisant des sédiments et pour la circulation dans les deux sens de l'ensemble des espèces piscicoles migratrices, amphihalines et holobiotiques. Le Clain de la confluence avec Le Bée jusqu'à la confluence avec la Vienne (environ 105 km de linéaire) fait partie de la liste 1 et le reste du Clain fait partie de la liste 2 (Annexe 5). Les poissons migrateurs concernés sont, sur le Clain de la confluence avec la Dive de Couhé jusqu'au Moulin de la Perrière : l'Anguille, la Truite de mer et les espèces holobiotiques et sur le Clain du Moulin de la Perrière jusqu'à la confluence avec la Vienne : l'Anguille, la Truite de mer, la grande Alose, la Lamproie marine et les espèces holobiotiques.

En 2009, La loi de programmation du Grenelle de l'environnement fixe des objectifs de restauration de la continuité écologique par la mise en place des Trames Vertes et Bleues. L'engagement 114 du Grenelle (restauration des continuités pour les écosystèmes d'eau douce) indique des objectifs précis. Sur le bassin Loire-Bretagne, par exemple, 400 ouvrages avaient été désignés comme prioritaires d'ici 2012 et 600 d'ici 2015. Plus précisément sur le bassin du Clain, 37 ouvrages sont classés prioritaires.

À ces différents statuts réglementaires s'ajoute le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021. Il est composé de 14 chapitres dont le chapitre 9 qui a pour objectif de préserver la biodiversité aquatique en s'appuyant notamment sur la restauration du fonctionnement des circuits de migration. Les mesures qui ont été prises sont d'achever la restauration complète des cours d'eau sur lesquels des programmes de restauration ont été engagés et les préserver des dégradations futures, de restaurer l'accès aux autres cours d'eau dans lesquels la présence des grands migrateurs est avérée et d'encourager les études du potentiel d'accueil des grands migrateurs sur les bassins actuellement inaccessibles en raison d'un ou plusieurs obstacles infranchissables, afin de rechercher de nouvelles zones favorables pour le cycle de vie des espèces.

I. 2. 1. 5. Aménagements du bassin du Clain

D'après l'inventaire réalisé en 2012 (Robert, 2012), 532 ouvrages sont dénombrés sur le bassin du Clain et il a été recensé 59 sites hydrauliques sur le cours du Clain.

Trois grands types d'impacts négatifs dus aux ouvrages transversaux sont à prendre en considération :
- les « effets flux » : effets sur les flux d'eau, de matières solides, d'éléments divers des biocénoses aquatiques ;
- les « effets retenues » : effets liés à la présence d'une retenue d'eau en amont ;
- les « effets points durs » : effets liés à la présence d'une structure stabilisatrice (Robert, 2012)

A côté du recensement des ouvrages et de l'évaluation spécifique de l'impact de chaque obstacle sur la libre circulation des poissons migrateurs, un indicateur dit « taux d'étagement » a été mis en place pour appréhender les effets cumulés des obstacles sur la continuité écologique. Ce taux correspond à la réduction artificielle de pente sous l'emprise des ouvrages. Il s'agit du rapport entre la somme des hauteurs de chute artificielle et la dénivellation naturelle du cours d'eau. On mesure ainsi la perte d'habitats d'eau courante pour les cours d'eau. Des perturbations du peuplement pisciaire sont constatées lorsque le taux d'étagement est supérieur à 40 % (Diren Pays-de-la-Loire et bassin Loire-Bretagne, Onema, 2009).

Afin d'étudier les effets des ouvrages sur la continuité écologique, le Clain a été découpé en 3 masses d'eau (Carte 3) :
- le Clain aval situé de la confluence avec la Vienne jusqu'à Saint-Benoit
- le Clain intermédiaire situé de Saint-Benoit jusqu'aux Sommières du Clain
- le Clain amont à partir des Sommières du Clain jusqu'à sa source

Le Clain aval qui fait entre 30 et 40 m de large, n'est pas caractérisée par un grand nombre d'ouvrages (20 ouvrages) mais plutôt par la hauteur de chute à l'étiage de ceux-ci (1,13 m de moyenne). Le Clain aval présente un taux d'étagement très élevé (86,92 %). La plus forte pression exercée par les ouvrages se situe sur son secteur amont à proximité de Poitiers (Robert, 2012).

Le Clain intermédiaire a lui une largeur de 5 à 6 m et il est également caractérisé par la hauteur de chute de ses ouvrages (0,93 m de moyenne) et non par son nombre d'ouvrages (27 ouvrages). Le Clain intermédiaire présente un taux d'étagement relativement élevé (62,75 %). La pression s'exerce sur sa partie aval à proximité de Poitiers (Robert, 2012).

Le Clain amont est caractérisé par une largeur comprise entre 2 à 3 mètres et avec ces 12 ouvrages il présente un taux d'étagement relativement faible (17,87 %). (Robert, 2012).

Tableau 1 : Récapitulatif des ouvrages sur le Clain aval, intermédiaire et amont

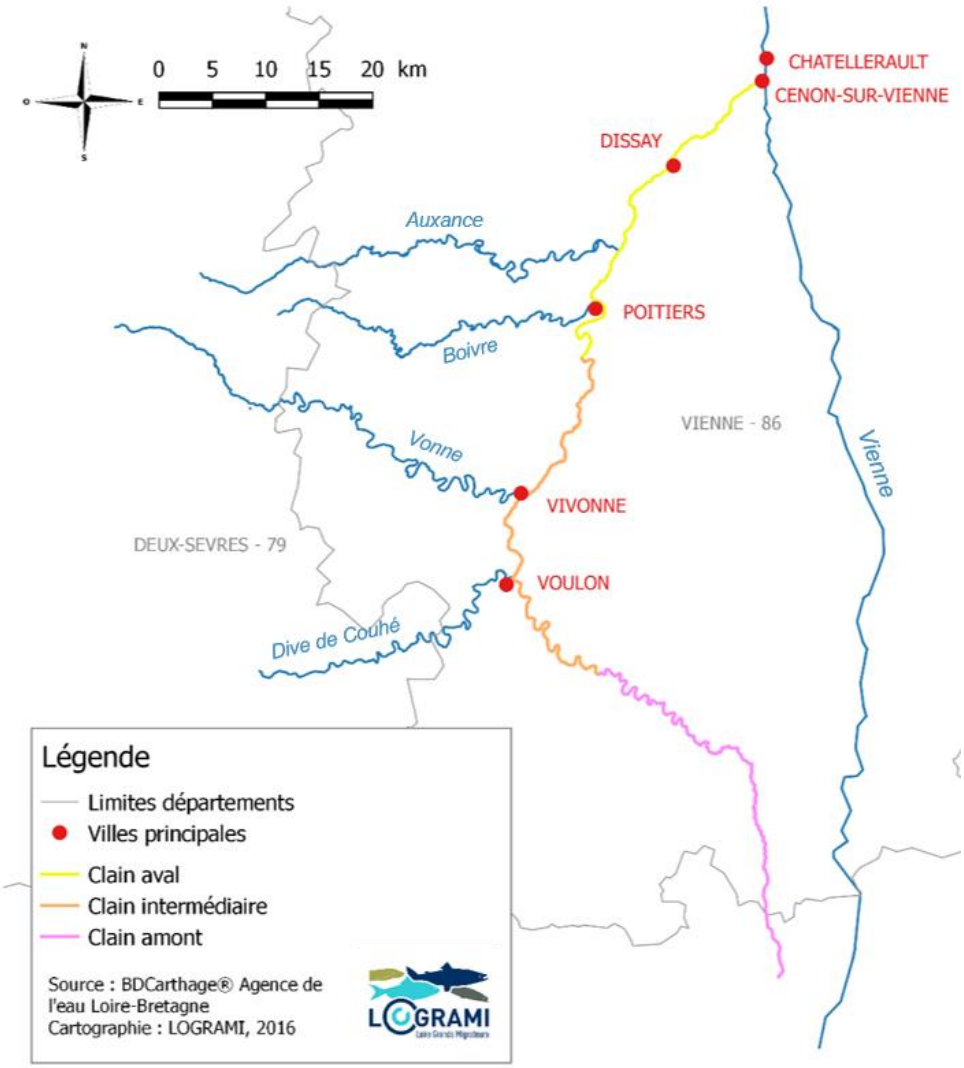
Masse d'eau	Nombre d'ouvrages sur le drain principal	Densité moyenne sur le drain principal (ouvrage/km)	Etagement (%)
Clain Aval	20	0,504	86,92
Clain Intermédiaire	27	0,548	62,75
Clain Amont	15	0,272	17,87

Comme le montre le Tableau 1, le Clain présente un étagement très important sur sa moitié aval, celui-ci étant très marqué au niveau de la ville de Poitiers. Le secteur amont est quant à lui en meilleur état malgré la forte pression exercée par les plans d'eau sur les 25 premiers kilomètres depuis la source.

La ligne d'eau du Clain est donc fortement impactée par ces 59 ouvrages transversaux. Outre l'impact sur les facteurs physiques et physico-chimiques, ceci se traduit également par une réponse biologique à savoir une perte de la diversité du peuplement piscicole. Les espèces migratrices sont directement impactées avec des difficultés d'accès aux frayères (Rautureau, 2015).

I. 2. 2. Description de la zone d'étude

I. 2. 2. 1. Localisation de la zone d'étude



Carte 3 : Localisation de la zone d'étude

Les limites de la zone d'étude se situent en amont à la confluence avec la Dive de Couhé et en aval à la confluence du Clain avec la Vienne (Carte 3). On s'intéresse aux 80 premiers kilomètres du Clain en partant de la confluence avec la Vienne, ce qui correspond au Clain aval ainsi qu'à une partie du Clain intermédiaire. Au-dessus de cette zone le Clain n'est plus classé pour les poissons migrateurs.

Pour l'Alose, la zone d'étude se limitera au linéaire compris entre la confluence avec la Vienne et le Moulin de la Pierrière, ce qui représente 11 km. En effet, au-dessus de ce moulin les caractéristiques du Clain ne sont plus favorables aux Aloses.

I. 2. 2. 2. Recensement des ouvrages sur la zone d'étude

Parmi les 59 ouvrages présents sur le Clain, seulement 32 sont situés sur notre zone d'étude, 20 ouvrages recensés sur le Clain aval ainsi que 12 ouvrages situés sur le Clain intermédiaire (Annexe 9).

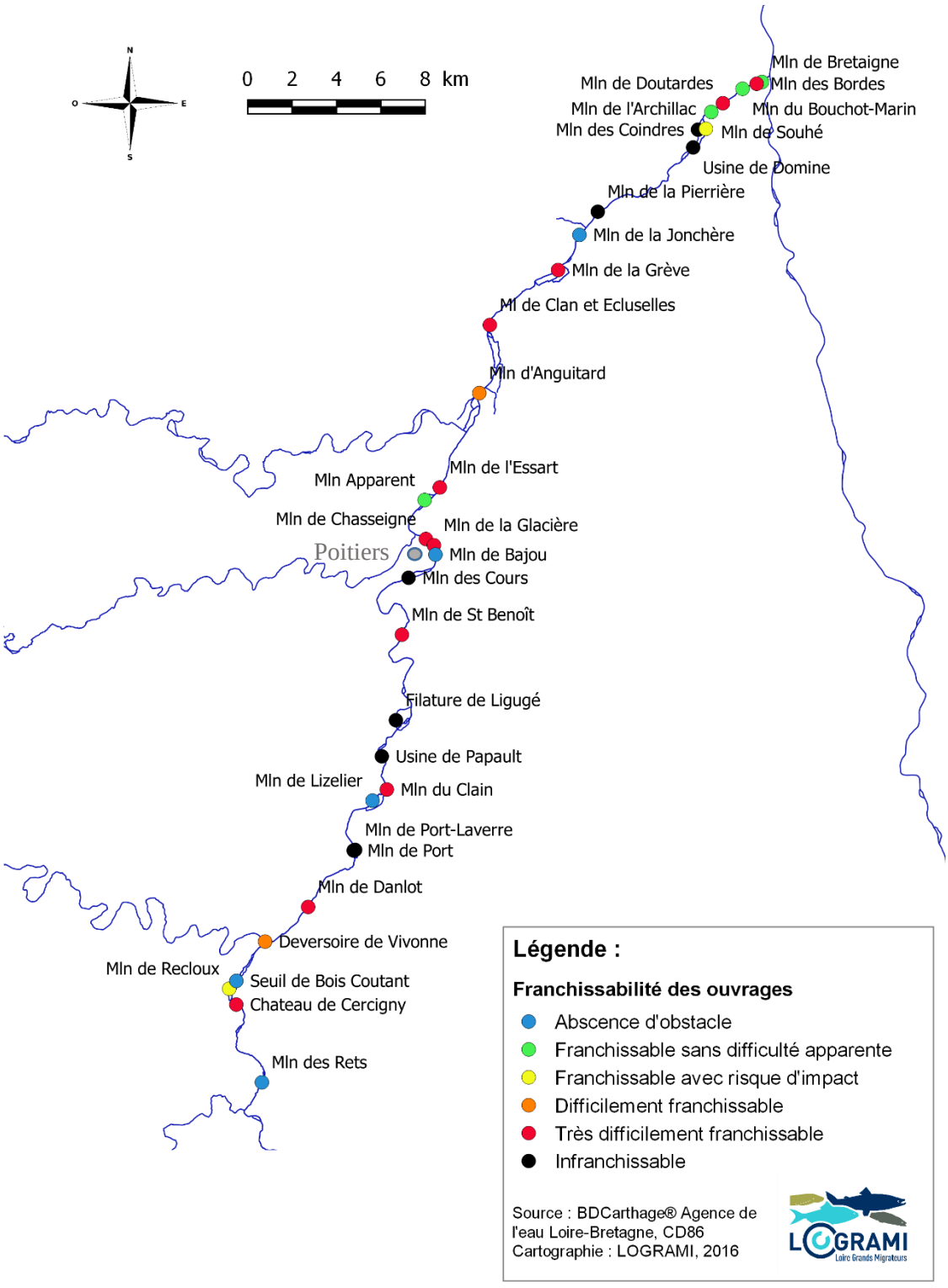
Seulement 900 m après la confluence avec la Vienne la présence du Moulin des Bordes, très difficilement franchissable rompt la continuité écologique sur le Clain. Les 2/3^{e} des ouvrages présents sur la zone d'étude sont difficilement franchissables ou infranchissables. Le Tableau 2 présente les différentes classes de franchissabilité piscicole à la montaison* et la Carte 4 représente la franchissabilité des ouvrages sur le Clain en fonction de ces classes.

Seule la franchissabilité des espèces piscicoles pour lesquelles le Clain est classé axe migrateur au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement, telles que Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet, est étudiée. Pour la grande Alose et la Lamproie marine, le Clain est classé seulement jusqu'au Moulin de la Pierrière (Carte 2).

Les notes de franchissabilité qui ont été utilisées pour la Carte 4 sont les notes de franchissabilité globale définies par l'étude portée par le conseil départemental de la Vienne concernant le devenir des ouvrages hydrauliques sur le Clain (CE3E, 2014). Elles correspondent à la note de franchissabilité la plus élevée pour l'ouvrage concernant plusieurs espèces piscicoles : Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet. L'Annexe 7 résume les capacités de franchissement spécifiques aux espèces cibles.

Tableau 2 : Tableau des classes de franchissabilité piscicole à la montaison des ouvrages du Clain de CA20 à CM12 pour les espèces suivantes : Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet (CE3E, 2014)

Classe ROE	Appréciation	Ouvrages sur le Clain
0	Absence d'obstacle	5
1	Franchissable sans difficulté apparente	4
2	Franchissable mais avec risque d'impact, de retard	2
3	Difficilement franchissable en conditions moyennes	2
4	Très difficilement franchissable	11
5	Infranchissable	8



Carte 4 : Franchissabilité des 32 ouvrages du Clain situés sur la zone d'étude pour les espèces suivantes : Anguille, Truite de mer, Lamproie marine, grande Alose et Brochet (CE3E, 2014)

II. Matériel et méthodes

Les grands objectifs de cette étude sont d'étudier la compatibilité des paramètres environnementaux du Clain avec les besoins des Aloses et de la Lamproie marine, de cartographier les différents habitats présents sur le Clain sur un parcours de 80 km, d'identifier le front de colonisation 2016 de la Lamproie marine et de comptabiliser les gains d'habitats correspondant à des zones potentielles de reproduction en fonction de différents scénarii d'aménagements des ouvrages hydrauliques situés sur la zone d'étude.

II. 1. Compatibilité des paramètres environnementaux du Clain avec les besoins des Aloses et de la Lamproie marine

Les recherches bibliographiques menées sur les exigences des Aloses et de la Lamproie marine concernant les différents paramètres physico-chimiques ont été infructueuses, très peu de données existent sur ce thème dans la littérature. Seules les exigences en terme de température sont décrites et ce pour les différents stades de vie en rivière (Tableau 3).

Tableau 3 : Récapitulatif des besoins en température des Aloses et de la Lamproie marine (Gruau 2014, DUCASSE (J), et LEPRINCE (Y). 1980, TAVERNY (Catherine) et ELIE (Pierre). 2010, KEITH (P), PERSAT (H), FEUNTEUN (E) et ALLARDI (J). 2011)

	Période de montaison	Période de reproduction	Période d'incubation	Période larvaire
Températures optimales pour l'Alose (°C)	10 à 23	15 à 23	17 à 23	10 à 23
Températures optimales pour la Lamproie marine (°C)	10 à 18	15 à 19	15 à 21	15,5 à 22

L'analyse de la température actuelle du Clain est un élément important pour connaitre les conditions de développement de l'Alose et de la Lamproie. Une température trop élevée peut entrainer la mort de l'individu ou bien causer un retard de croissance.

L'ONEMA réalise un suivi systématique de la température dans le cadre du Réseau national thermique (RNT) mis en place en 2008. Elle possède une station sur le Clain située à Anché. Cependant dans le cadre de cette étude ces données ne sont pas pertinentes car la station se trouve en amont de la zone d'étude.

Aussi, afin de comparer les températures du Clain avec les exigences des espèces ciblées trouvées dans la bibliographie, un suivi de température du Clain a été mis en place par LOGRAMI le 6 avril 2016. Deux sondes de température de type HOBO UA-001 ont été placées sur le cours d'eau. Une des sondes est située à Dissay pour suivre la température du Clain aval et l'autre à Vivonne pour suivre la température du Clain intermédiaire.

Ces sondes enregistrent la température toutes les heures avec une précision de 0,1 °C ± 0.47 °C à 25 °C. Ce suivi sera poursuivi sur le long terme afin d'étudier l'évolution des températures (Photo 2).

Traitement des données



Photo 2 : Sonde de température (C. Nikolitch, 2016)

L'analyse des données consiste à étudier la dispersion de l'ensemble des données de températures sur une période déterminée. Cette dispersion est ensuite comparée à des valeurs dites optimales de croissance pour le stade considéré. Chaque stade correspond à une période de l'année définie en fonction des cycles de vie des Aloses et de la Lamproie (Tableau 4).

Les pourcentages de données comprises ou non comprises dans les valeurs optimales de croissances sont calculés à partir du logiciel R et d'Excel.

Tableau 4 : Différentes périodes de l'année correspondant au cycle de vie des Aloses et de la lamproie

	Période de montaison	Période de reproduction	Période d'incubation	Période larvaire
Alose	15 avril- 15 juin	25 avril - 30 juin	28 avril – 3 juillet	4 mai- 9 juillet
Lamproie	1er avril - 31 mai	15 avril - 30 juin	1 mai – 15 juillet	5 juin – 20 aout

Les périodes de montaison pour l'Alose et la Lamproie marine sont déterminées d'après les périodes de passage des deux espèces à la station de comptage de Châtellerault de 2004 à 2015 (LOGRAMI, 2016). Les périodes de reproduction sont définies d'après les suivis de reproduction réalisés par LOGRAMI en 2015 (LOGRAMI, 2016). La période d'incubation est de 3 à 8 jours pour l'Alose et de 15 jours pour la Lamproie. La période larvaire quant à elle est de 6 jours pour l'Alose et de 5 à 6 semaines pour la Lamproie avant que les larves ne quittent le nid.

II. 2. Cartographie des zones de reproduction potentielles en milieux courants

Entre Cenon-sur-Vienne et Vivonne, quatorze ouvrages évalués en bon état en 2003 sont aujourd'hui considérés comme vétustes d'après l'étude portée par le conseil départemental de la Vienne concernant le devenir des ouvrages hydrauliques sur le Clain (CE3E, 2014). L'évolution de secteurs de cours d'eau et des ouvrages a pu influer la présence et la localisation de zones favorable aux espèces étudiées. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre à jour cette cartographie avec les moyens techniques actuels.

La méthode consiste à inventorier et à localiser les différents habitats pour ensuite déterminer les habitats potentiels pour la reproduction des Aloses et de la Lamproie marine suivant les caractéristiques des frayères spécifiques à chacune des espèces.

II. 2. 1. Méthode de description des frayères

Une frayère potentielle est désignée comme telle lorsque celle-ci répond aux caractéristiques spécifiques nécessaires à chacune des espèces pour se reproduire.

Le faciès (couple profondeur/vitesse), la granulométrie dominante et la profondeur moyenne sont déterminés sur le terrain, ce qui permet ensuite d'identifier si les habitats correspondants sont favorables ou non à la reproduction.

On définit donc l'habitat potentiel (qui peut contenir les habitats favorables situés au-dessus des obstacles infranchissables) et l'habitat potentiel réel (en dessous des obstacles infranchissables).

En reprenant la classification de Malavoi et Souchon (2002) (Annexe 11) nous avons six faciès différents qui sont : Profond / Chenal lotique / Plat Lent / Plat Courant / Radier / Rapide.



Photo 3 : Illustration d'un rapide à gauche et d'un radier à droite (C. Nikolitch, 2016)

Les faciès mouille de concavité et chenal lentique (Annexe 11) sont compris dans l'appellation 'Profond' au vu de la difficulté de les distinguer sur le terrain.

Dans cette étude seulement trois habitats de type courant correspondent aux caractéristiques des espèces étudiées, ce sont les plats courants (PC), les radiers (RAD) ainsi que les chenaux lotiques (CLO). Les caractéristiques de ces trois faciès sont décrites dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Tableau d'appréciation des habitats selon des critères visuels (Provost, 1999)

	Chenal lotique	Plat courant	Radier
Profondeur	> 60 cm	< 60 cm	< 60 cm
Vitesse	> 30 cm/s	< 30 cm/s	> 30 cm/s
Profil en long	Surface lisse à ridée, courant profond.	Ecoulement uniforme, vaguelettes à la surface de l'eau liées à la présence du substrat à proximité de la surface libre.	Ecoulement turbulent lié à l'affleurement du substrat au ras de la surface libre.

Pour la cartographie de terrain un SIG nomade a été utilisé (Cartopocket®). Il permet de cartographier sur fond IGN au 1/25 000 les différents habitats rencontrés et de renseigner les caractéristiques de la zone en terme de granulométrie, largeur, profondeur et taux de recouvrement par la végétation aquatique dans des tables préalablement créées.

Pour chaque faciès, un point cartographique est effectué à sa limite amont comportant différentes données :

- les coordonnés X, Y, Z du point de mesure en Lambert 93.
- le type de faciès selon la classification de Malavoi et Souchon (2002).
- les granulométries principales et secondaires de ce faciès selon la classification simplifiée de Wentworth (1922) modifiées dans Malavoi (1989). Les classes utilisées pour décrire le substrat sont présentées dans le Tableau 6.
- la largeur du faciès mesurée à l'aide d'un télémètre de type Bushnell laser Yardage Pro Sport 450.
- la profondeur moyenne qui est mesurée en plusieurs points au moyen d'une mire.
- une appréciation du taux de recouvrement de la végétation aquatique selon les classes définies par le Tableau 7.

Les tables ainsi renseignées sont ensuite traitées sur un logiciel SIG.

Tableau 6 : Classes granulométriques simplifiées (Malavoi et Souchon, 2001)

Classe	Diamètre (cm)	Code
Bloc, Roche mère	> 25	B, RM
Pierre	6 – 25	P
Galet	2 – 6	G
Gravier	0.2 – 2	g
Sable	0,05 – 0.2	S
Limon, vase	< 0,05	V

Tableau 7 : Classes de recouvrement par la végétation aquatique

Classe	Recouvrement	Pourcentage
0	Nul à très faible	< 5
1	Faible	5 à 25
2	Moyen	25 à 75
3	Fort	> 75

La longueur de chaque faciès est calculée par l'intermédiaire du logiciel de cartographie. Ce qui permet ensuite de calculer les surfaces correspondant à chaque faciès.

La granulométrie ne sera pas relevée pour les profonds et les chenaux lotiques ayant une profondeur supérieure à 90 cm pour des raisons de visibilité.

II. 2. 2. Estimation du potentiel pour l'Alose

Caractéristiques des zones de fraie pour l'Alose

L'emplacement des frayères correspond à des segments élargis et/ou plus profonds du fleuve. Les sites actifs sont situés sur des tronçons où la pente est localement douce, proches de parcours avec une vitesse plus élevée (Belaud et al., 2001).

La reproduction a lieu en amont dans une zone avec une profondeur de l'ordre de 2 m (par moyennes eaux) et des vitesses de l'ordre de 100 cm/s. À l'aval, se trouve la zone d'incubation marquée par la présence d'un radier dont la profondeur n'excède pas 0,5 m et où les vitesses d'écoulement s'élèvent à 200 cm/s. Le substrat est composé de galets et de pierres, présentant une taille moyenne de 5 à 9 cm pouvant aller de 0,2 à 18 cm propice à la captation des œufs fécondés. La longueur du site de fraie est comprise entre 50 m et 200 m (Figure 8) (Belaud et al., 2001) et les Aloses ont une préférence pour les cours d'eau d'une largeur supérieure à 30 m (Baglinière et Elie, 2000).

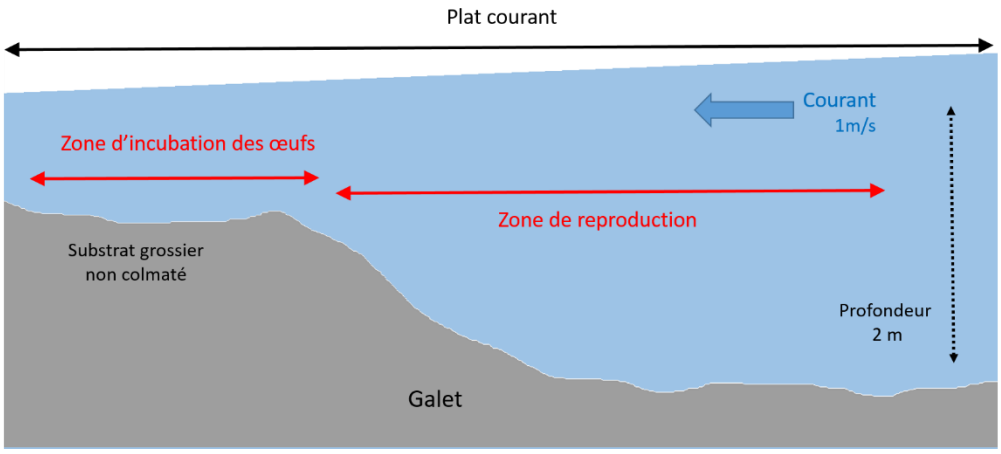


Figure 8 : schéma d'une coupe transversale d'une frayère de grande Alose (C. Nikolitch)

Pour rechercher des sites de frai potentiels, le premier tri peut se faire selon les faciès d'écoulement et la granulométrie, en retenant des tronçons délimités en amont par un plat courant ou un chenal lotique et en aval par un radier ou une zone d'accélération. Le deuxième critère consiste à privilégier l'aval proche des difficultés de progression migratoire, artificielles ou naturelles, le premier plat situé en aval d'une difficulté étant probablement fréquenté par les Aloses. La troisième sélection, repère les tronçons élargis de la rivière, donnant lieu à une atténuation particulière des vitesses par temps de crues. La granulométrie est principalement composée de galets et de pierres (Baglinière et Elie, 2000).

Estimation de la surface d'habitats potentiels pour la reproduction de l'Alose

La surface favorable correspond à la totalité de l'habitat considéré comme adéquat pour la reproduction des Aloses et situé en amont des radiers.

$S_{repro\ Alose} = \Sigma$ S PC favorable + Σ S CLO favorable en aval desquels se trouve un radier

Une modulation peut ensuite être faite en prenant en compte la granulométrie. La première représente la surface potentielle minimale en prenant en compte seulement les faciès favorables dont la granulométrie dominante est constituée de galets ou de pierres (notation $S_{repro\ Alose}$ min). La seconde représente la surface potentielle maximale en prenant en compte les faciès favorables dont la granulométrie dominante ou accessoire est constituée de galets ou de pierres (notation $S_{repro\ Alose}$ max).

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 (Baglinière et Elie, 2000).

$S_{crois\ Alose} = \Sigma$ S RAD en aval du PC ou du CLO favorable à la reproduction

II. 2. 3. Estimation du potentiel pour la Lamproie marine

Caractéristiques des zones de fraie pour la Lamproie marine

Les zones de frayères sont des zones de substrats grossiers, de préférences situées dans des zones d'accélération de courant où l'écoulement est unidirectionnel. La taille des grains des sédiments est le premier critère clé, l'écoulement de l'eau est le second critère (Taverny et Elie, 2010). Les zones de frayère possibles pour les lamproies sont les radiers, les plats courants ou les chenaux lotiques.

Les Lamproies marines ont des exigences très strictes pour la reproduction, en matière de vitesse du courant, de hauteur d'eau et de granulométrie (Puissauve, 2015). Dans des cours d'eau de module inférieur à 30 $m^3/s1$ 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 m/s1 (Mesnier et al., 2011). (Figure 9). Deux classes granulométriques sont recherchées par la lamproie : les galets et les graviers (Taverny et Elie, 2010).

La frayère est constituée d'une cuvette qui occupe une surface comprise entre 0,2 et plus de 1,7 m^2, et d'un dôme. Elle peut accueillir de deux à une dizaine de lamproies. Les sédiments sont dégagés par les lamproies sur une profondeur moyenne de 11 cm (maximum 30 cm) (Taverny et Elie, 2010).

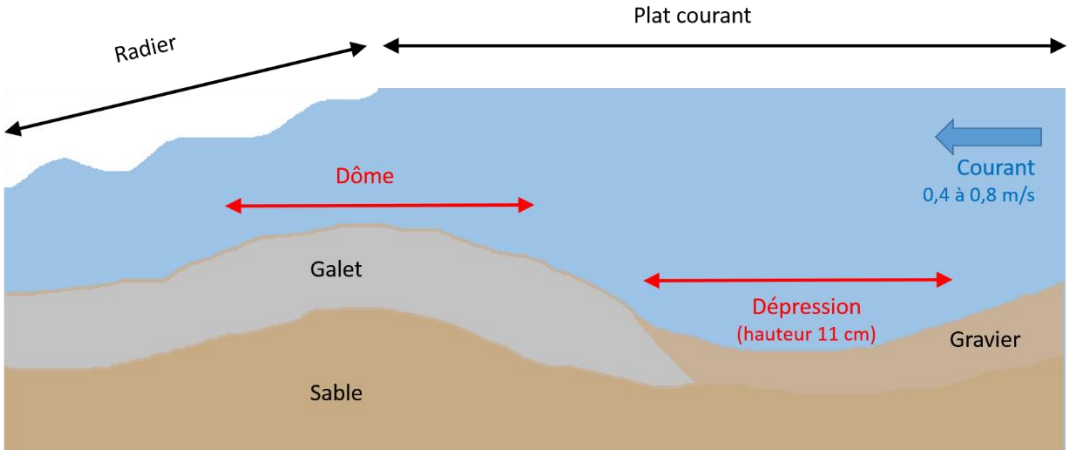


Figure 9 : schéma d'une coupe transversale de nid de Lamproie marine (C. Nikolitch)

Estimation de la surface d'habitats potentiels pour la reproduction de la Lamproie marine

La méthode utilisée pour calculer la surface d'habitats potentiels pour la reproduction de la Lamproie marine consiste à sommer l'ensemble des plats courants, radiers et chenaux lotiques (Taverny et Elie, 2010). En sachant qu'en fonction des conditions hydrauliques au moment de la ponte, les zones de reproduction utilisées par les lamproies peuvent être variables géographiquement (zone d'accélération en tête d'îlot, amont de pile de pont ou de banc de convexité) (Ducasse et Leprince, 1980).

$$S_{\text{repro lamproie}} = \Sigma S\,PC + \Sigma S\,RAD + \Sigma S\,CLO$$

Une modulation peut ensuite être faite en prenant en compte la granulométrie. La première représente la surface potentielle minimale en prenant en compte seulement les faciès favorables dont la granulométrie dominante est constituée de galets ou de graviers (notation $S_{\text{repro lamproie}}$ min). La seconde représente la surface potentielle maximale en prenant en compte les faciès favorables dont la granulométrie dominante ou accessoire est constituée de galets ou de graviers (notation $S_{\text{repro lamproie}}$ max).

Estimation du nombre de géniteurs potentiels

Afin d'estimer le nombre de géniteurs il est nécessaire de connaître : le nombre de nids potentiels 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 de lamproie recouvrent une surface de 1,5 m² en moyenne (Taverny et Elie, 2010).

$$\text{nb nids} = S_{\text{repro lamproie}} / 1{,}5$$

Il est généralement admis que le taux de polygamie des lamproies marines est compris entre 16 % (hypothèse basse) et 23 % (hypothèse haute) (Ducasse et 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 ces deux hypothèses par la formule suivante :

nb de géniteurs = (nb nids x % monogamie x 2) + (nb nids x % polygamie x 3)

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

Environ 40 jours après leur émergence, les larves (ou ammocètes), quittent le nid et colonisent des substrats propices à leur croissance comme les zones de dépôt où le courant est très faible voir nul (inférieur à 0,1 m/s) et dans des zones de faible profondeur (inférieure à 50 cm) comme les plats lentiques (PLE) (Taverny et Elie, 2010).

$$S_{\text{crois lamproie}} = \Sigma S\ PLE + \Sigma S\ PC$$

La surface des zones de croissance potentielles est donc la somme de la surface des plats lentiques et de la surface des plats courants présentant une granulométrie constituée de sable ou de limons. Cette surface représente un minimum.

Synthèse des habitats de reproduction et de croissance des poissons migrateurs

Le Tableau 8 récapitule les caractéristiques physiques des habitats de croissance et de reproduction des deux espèces de poissons migrateurs.

Tableau 8 : Exigences écologiques de la grande Alose et de la Lamproie marine (Mesnier et al., 2011)

	Stade	Courant (cm/s)	Profondeur (m)	Granulométrie	Facies
Grande Alose	Reproduction	50 à 150	0,5 à 3	Galets et pierres	Chenal lotique, Plat courant
	Croissance	20 à 200	variable	Variable	Variable
Lamproie	Reproduction	40 à 80	0,1 à 2	Galets et graviers,	Plat courant, Radier, Chenal lotique
	Croissance	0 à 45	0,10 à 3	Sable et limon	Mouille, Chenal lentique

II. 2. 3. Extraction et traitement des données

Les données ainsi récupérées sur le terrain sont ensuite nettoyées et traitées sous SIG avec le logiciel Qgis. Les surfaces de chaque faciès sont calculées puis le traitement des données se fait sous Excel.

Les interfaces dont la granulométrie est trop fine ou trop grossière sont écartées car ils ne sont pas propices à la reproduction. La surface des faciès à priori favorables mais composés de roche mère ou d'un substrat pavé sont également écartés de l'analyse.

II. 3. Estimation des zones de reproduction potentielles en milieux ennoyés

Les nombreux seuils présents sur le Clain ont un impact important sur l'hydromorphologie du cours d'eau. La conséquence générale est une uniformisation des habitats associée à la perte de zones de frayères, du fait du ralentissement du courant et de l'approfondissement de la rivière dans les retenues.

Parmi tous les ouvrages, les cinq ouvrages qui sont répertoriés dans le Tableau 9 ont une hauteur de chute référencée en 2003 différente de celle référencée en 2014 (CE3E, 2014). Cela pouvant être du à la détérioration de l'ouvarage suite à son abandon. Suite à cette diminution de hauteur d'eau nous avons regardé si cela avait entrainé une récupération d'habitats favorables pour la reproduction de la Lamproie. Pour le Moulin des Cours et de Tison et pour le Moulin de Papault, il n'y a pas d'habitats potentiels à proximité ni en 2003 ni en 2016. Pour le Moulin de Saint Benoit, la diminution de hauteur d'eau de 50 cm n'a pas entrainé la récupération d'habitats favorables pour la reproduction de la Lamproie. Et enfin pour le Moulin de Domine et pour le Moulin Apparent il semble y avoir une récupération d'habitats courants. Il y a, en 2003, 2 656 m^2 d'habitats courants (RAD et PC) à l'amont de l'Usine de Domine contre 3 296 m^2 en 2016. Et pour le Moulin apparent, suite à l'ouverture du barrage et donc à une diminution de la hauteur d'eau de 1,1 m, on retrouve en amont de l'ouvrage, 3 760 m^2 de radiers et de plats courants en 2016 contre 2 184 m^2 en 2003.

Tableau 9 : Ouvrages ayant subi une diminution d'hauteur de chute entre 2003 et 2016

Ouvrages	Hauteur de chute en 2003 (en m)	Hauteur de chute en 2016 (en m)	Différence de hauteur de chute (en m)
Usine de Domine	1,6	1,1	0,5
Moulin Apparent	1,1	0	1,1
Moulin des Cours et de Tison	1,7	1,0	0,7
Moulin de Saint Benoit	1,9	1,4	0,5
Moulin de Papault	2,4	2,0	0,4

Ceci prouve donc que la diminution de hauteur d'eau d'un ouvrage peut entrainer l'apparition d'habitats favorables à la reproduction de la Lamproie.

Une étude portée par le conseil départemental de la Vienne est actuellement en cours concernant le devenir des ouvrages hydrauliques sur le Clain. Celle-ci a d'ores et déjà permis d'identifier les ouvrages pour lesquels les aménagements proposés en faveur de la continuité écologique pourraient avoir un impact sur la ligne d'eau amont et donc sur la typologie des faciès d'écoulement. L'objectif est donc, pour quelques ouvrages, de connaître les récupérations d'habitats courants possibles correspondant à des zones potentielles de reproduction et cela en fonction de différents scénarii d'aménagements.

Pour ce faire, une étude bathymétrique* a été réalisée sur plusieurs biefs pour estimer la quantité d'habitats lotiques qui pourrait apparaitre grâce à la réouverture de l'axe fluvial. Cette étude a été possible grâce à la participation du Centre d'expertise et de Transfert de l'Université de Tours CETU Elmis ingénieries.

II. 3. 1. Identification des zones intéressantes avec un échosondeur

Dans la mesure où les aménagements favorisant l'amélioration de la continuité écologique sur le Clain devraient être réalisés prioritairement sur la partie aval, nous nous sommes concentrés sur cette zone concernant l'étude de la récupération des habitats. Il faut également que cet aménagement permette l'ouverture du cours d'eau la plus conséquente possible et la possibilité aux poissons migrateurs de reconquérir un linéaire important.

La réalisation d'une étude bathymétrique demande l'utilisation d'un matériel spécialisé et donc onéreux. Pour rentabiliser au mieux le temps d'utilisation de ce matériel, nous avons dans un premier temps effectué des relevés de profondeur grâce à un échosondeur* dans sept retenues d'ouvrages afin de déterminer la présence de hauts fonds et donc la présence de zones de reproduction potentielles.

Outre la localisation sur l'aval du Clain de préférence, les sept ouvrages présélectionnés parmi les 32 ouvrages, l'ont été selon plusieurs critères (Tableau 10). En premier lieu, les ouvrages ne doivent pas présenter d'enjeux socio-économiques et patrimoniaux forts compromettant tout projet d'arasement ou d'arasement partiel. Ensuite, le scenario d'aménagement optimal doit prévoir une modification importante de la ligne d'eau et enfin, l'ouvrage doit entrainer une grande distance de remous*.

Cette première étape a été réalisée grâce à un échosondeur Lowrance Hook 3x DSI et un GPS Garmin GPS 72H d'une précision horizontale de 3 m. Un profil en long de chaque retenue ciblée a été réalisé en prenant des points GPS tous les 15 à 20 m et en renseignant la profondeur pour chaque point.

Tableau 10 : Caractéristiques des ouvrages sélectionnés pour la bathymétrie avec l'échosondeur d'après l'étude CE3E, 2014

Code	Ouvrage	Diminution de la ligne d'eau pouvant être envisagée (cm)	Linéaire influencé	Distance à la Vienne (km)	Scénario optimal	Scénario minimal
CA3	Moulin du Bouchot-Marin et Coutellerie	70	1200	1,43	Arasement*	Equipement*
CA11	Moulin de la Grève	110	3600	14,7	Effacement*	Arasement (maintien)
CA12	Moulin de Clan et Ecluselles	145	1000	19	Effacement	Arasement
CA13	Moulin d'Anguitard	90	4580	23	Arasement	Arasement (maintien)
CA14	Moulin de l'Essart	70	1110	28	Effacement	Equipement
CA19	Moulin des Cours et scierie de Tison	50	900	34	Arasement (modif)	Arasement (maintien)
CM3	Moulin du Clain	50	1200	49	Arasement	Equipement

II. 3. 2. Protocole de mesures bathymétriques

Après cette première étape, l'étude bathymétrique est réalisée sur les ouvrages sélectionnés. Le matériel utilisé lors des mesures de bathymétrie est un sondeur mono-Faisceau* TRITECH PA 500 : fréquence 500 kHz. Le positionnement se fait avec un GPS Proflex 500 Magellan avec une précision horizontale de 1cm et une précision verticale de 2 cm. Ce matériel nous a été prêté par le Centre d'expertise et de Transfert de l'Université de Tours CETU Elmis ingénieries.

La réalisation du levé bathymétrique se fait suivant 2 trajets en bateau :

- Une succession de profils transversaux distants de 10 à 20 m et perpendiculaires à l'écoulement
- Un profil longitudinal au centre du lit

La vitesse optimale du bateau doit être située entre 8 et 10 km/h pour la réalisation du levé. Une vitesse supérieure pourrait créer un décalage entre le point enregistré et sa profondeur réelle. De plus, à vitesse élevée, la sonde est sujette au phénomène de cavitation (création de bulles d'air à proximité de la sonde) susceptible de générer des données erronées.

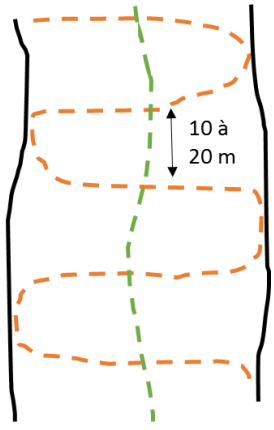


Figure 10: Représentation d'un levé bathymétrique

II. 3. 3. Traitement des données bathymétriques

Les données brutes récoltées par le sondeur sont traitées avec le logiciel HYPACK. Pour pouvoir utiliser ces données, une étape de nettoyage est nécessaire. Il faut tout d'abord vérifier la cohérence de l'altitude et la corriger si besoin, et les valeurs d'altitude aberrantes qui peuvent être dues à la présence de bulles d'air ou de poissons, doivent être supprimées. Une fois les données nettoyées et après extraction, on obtient un fichier de données sous la forme x,y,z. Les coordonnées des points sont exprimées en Lambert 93 (EPSG : 2154) et le système d'altitude est en NGF/IGN69.

II. 3. 4. Création du Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Différentes méthodes d'interpolation* existent pour la création d'un MNT : un modèle irrégulier triangulé (TIN), une pondération par distance inverse (IDW)… Dans ce cas-là l'irrégularité de la répartition des points favorise l'utilisation du TIN. La création du MNT a été réalisée sous Qgis grâce à l'outil interpolation.

Une décimation des données a été réalisée, ce qui aboutit à une donnée tous les 1 m pour les profils en long et une donnée tous les 0,5 m pour les profils en travers.

Une grille de hauteur d'eau a été réalisée pour quantifier la récupération d'habitat (Tableau 11). Elle tient compte des caractéristiques de faciès d'écoulement élaborées par MALAVOI et SOUCHON (Annexe 11) mais également des préférences écologiques pour la reproduction des espèces cibles. La grille ainsi créée comporte 6 classes.

Tableau 11 : Grille des différentes classes de hauteur d'eau et leur correspondance écologique

Classe	Profondeur	Correspondance écologique
1	Hors de l'eau	
2	0,0 à 0,06	
3	0,06 à 0,5 m	Reproduction Lamproie + Incubation Alose
4	0,5 à 0,96 m	Reproduction Lamproie
5	0,96 à 3 m	Reproduction Alose
6	> 3 m	

Afin de déterminer le pourcentage de chaque classe avant ou après arasement sur une zone d'étude donnée, un traitement a été réalisé sous Qgis et sous Excel. Une grille de points espacés de 30 cm a été créée en superposition avec le MNT et à chaque point a été donnée la valeur correspondante du MNT. Les données de la grille ont ensuite été extraites et l'analyse a continué sous Excel.

II. 4. Front de colonisation de la Lamproie marine

Une frayère active a les mêmes caractéristiques qu'une frayère potentielle avec les preuves d'une activité de reproduction in situ :

- présence de géniteurs sur les sites de reproduction
- présence visuelle de nids creusés par les adultes
- présence d'œufs ou d'alevins dans les frayères (Baudais, 2003)

Le front de colonisation (niveau le plus haut atteint par les géniteurs sur chaque cours d'eau) est un révélateur de l'occupation de l'espace durant la phase de reproduction de ces espèces. Il est suivi afin de déterminer les limites de colonisation des cours d'eau. Il peut être mis en relation avec l'évolution des blocages migratoires en rapport avec la gestion et/ou l'aménagement des différents ouvrages présents et les conditions de migrations (débits, températures). Cette action permet de déterminer l'habitat colonisé réel à une année donnée (LOGRAMI, 2015).

Les nids de lamproies sont facilement repérables par leurs tailles. La formation de la cuvette et du dôme entraîne la mise en mouvement des matériaux et décolmate le substrat ce qui laisse apparaître des zones plus claires. Ces zones sont facilement repérables à l'œil nu. Néanmoins, au fil du temps une couverture biologique peut se former et empêcher la distinction du nid. De plus un épisode de crue peut effacer le nid.

Le cours d'eau a été prospecté de l'aval vers l'amont jusqu'à ce que le front soit identifié. Le recensement des frayères est réalisé soit à pied, soit en canoë selon l'accessibilité et la profondeur du site. Le front est déterminé lorsque plusieurs sites successifs ne présentent pas de traces de reproduction. Le dernier site présentant des signes de reproduction correspondant donc au front de colonisation.

III. Résultats

III. 1. Compatibilité de la température du Clain avec les besoins des Aloses et de la Lamproie marine

Les données des deux stations thermiques ont été analysées et comparées dans leur distribution des températures pour chaque stade de développement de l'Alose et de la Lamproie marine. La station de Dissay se trouve à 15 km de la confluence avec la Vienne et celle de Vivonne se trouve à 69 km de la confluence.

Les données couvrent la période du 7 avril au 31 juillet. Il manque donc des données pour la période larvaire de la Lamproie. Les résultats numériques de l'analyse se trouvent en Annexe 13.

A Dissay, la température minimale de 11,5 °C a été enregistrée le 1er mai 2016 et la température maximale de 22 °C le 26 juillet 2016. A Vivonne la température minimale de 10,9 °C a été enregistrée le 10 avril 2016 et la température maximale de 20,7 °C a été enregistrée le 19 juillet 2016. On retrouve bien un gradient de température de l'aval vers l'amont, les températures étant plus faibles à Vivonne.

III. 1. 1. Les Aloses

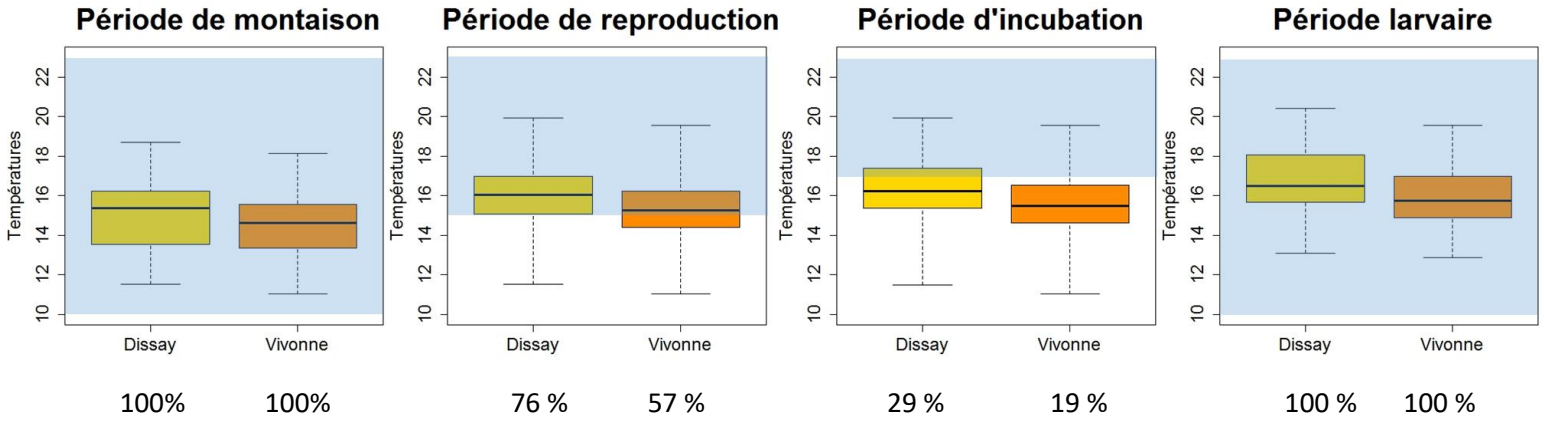


Figure 11: Répartition des températures aux deux stations thermiques du Clain pour les périodes de montaison, de reproduction, d'incubation et larvaire de l'Alose (la zone en bleu correspond aux températures optimales selon la bibliographie, les rectangles sont délimités par les percentiles 25 % et 75 %, les pourcentages sont le pourcentage de chaque période se produisant dans les températures optimales.)

Pour l'année 2016, la période de montaison et la période larvaire des Aloses se déroulent dans leur intégralité à des températures optimales. Par contre, à Dissay, seulement 76,1 % de la période de reproduction se déroulent aux températures optimales, les températures étant un peu trop fraiches. Il en est de même à Vivonne où 56,9 % de la période de reproduction se déroule aux températures optimales. Pour la période d'incubation, les températures restent en dessous de l'optimale, avec 28,8 % à Dissay et 18,5 % à Vivonne de la période d'incubation qui se déroule aux températures optimales. Ces résultats confirment que la zone amont du Clain étudiée n'est pas une zone favorable pour l'Alose comme le montrent déjà les autres caractéristiques du cours d'eau (gabarit, faciès…).

III. 1. 2. La Lamproie marine

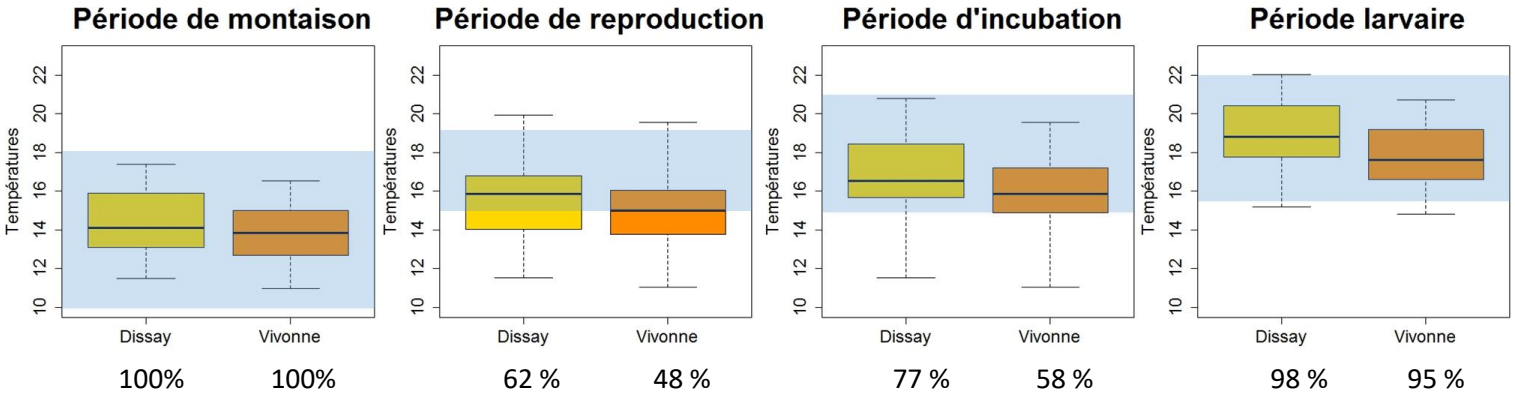


Figure 12 : Répartition des températures aux deux stations thermiques du Clain pour les périodes de montaison, de reproduction, d'incubation et larvaire de la Lamproie (la zone en bleu correspond aux températures optimales selon la bibliographie, les rectangles sont délimités par les percentiles 25 % et 75 %. les pourcentages sont le pourcentage de chaque période se produisant dans les températures optimales.)

Pour la Lamproie marine, la totalité de la période de montaison et la quasi-totalité de la période larvaire se déroulent à des températures optimales avec seulement 2 % de la période larvaire qui se déroule dans des conditions trop froides à Dissay et 5,4% à Vivonne. Par contre, en ce qui concerne la période de reproduction, les températures ne sont pas toujours optimales. A Dissay, 33,8 % de la période de reproduction se déroule dans des conditions trop froides et 3,8% dans des conditions trop chaudes. A Vivonne, c'est 50,5 % de la période de reproduction qui se déroule dans des conditions trop froides et 1,7 % dans des conditions trop chaudes. Les températures sont également un peu trop faibles pour la période d'incubation car 22,9 % et 42,1 % respectivement à Dissay et à Vivonne se déroulent dans des températures inférieures à l'optimale. Les besoins de la Lamproie du point de vue de la température semblent donc compatibles avec les conditions du Clain pour la période de montaison et pour la période larvaire. En ce qui concerne les périodes de reproduction et d'incubation les températures semblent un peu froides. Mais ces résultats sont à nuancer car la reproduction ne s'entend que sur quelques jours. Donc même si un peu moins de 50 % de la période s'effectue avec des températures optimales cela représente tout de même une trentaine de jours ce qui pourrait être suffisant pour que la reproduction ait lieu.

Il faut garder à l'esprit que ces résultats, comme pour les Aloses, concernent uniquement l'année 2016 qui a eu des conditions climatiques inhabituelles. Les épisodes de crues ont eu pour conséquence une température de l'eau plus fraiche que les années précédentes. Les données des années précédentes n'étant pas disponibles sur le Clain, nous avons utilisé les données de températures de la station de Châtellerault sur la Vienne pour comparer les températures de 2016. D'après la Figure 13, en avril 2016 à la station de Châtellerault, la température de l'eau était de 0,8 °C plus froide que la moyenne des températures mensuelles de 2004 à 2015. On a également une différence de - 0,7 °C pour le mois de mai et de - 1,8 °C de pour le mois de juin.

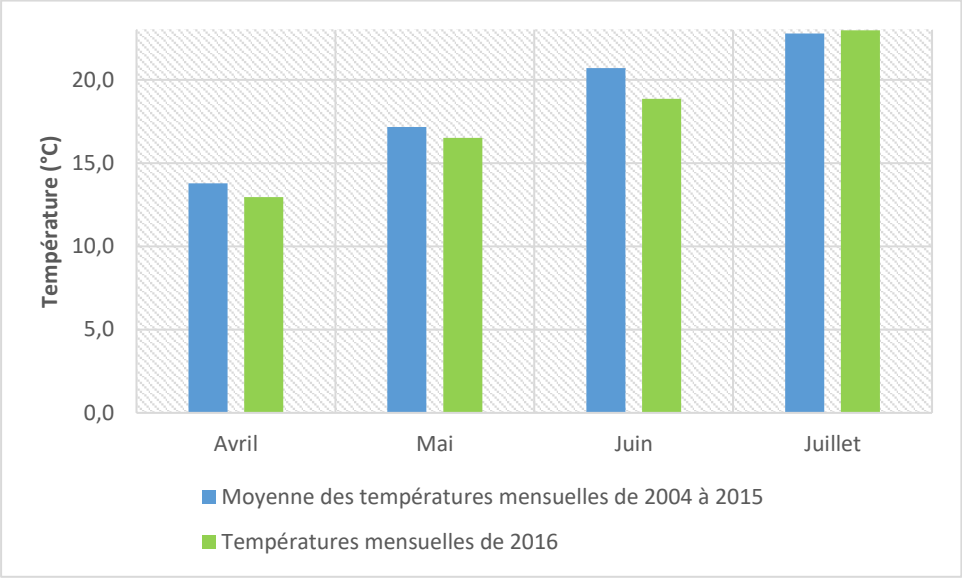


Figure 13 : Comparaison de la moyenne des températures mensuelles de 2004 à 2015 et de la température mensuelle de 2016 à la station de Châtellerault.

Si l'on applique ce différentiel sur les températures de 2016, le cycle de reproduction de la Lamproie se déroule presque en totalité aux températures optimales. A part pour des années exceptionnelles niveau température, comme l'année 2016, les températures du Clain semblent donc être compatibles avec le cycle de reproduction de la Lamproie.

Si l'on opère de la même façon pour l'Alose, la période d'incubation qui est la période critique en 2016 se déroule également aux alentours des températures optimales pour le Clain aval. En revanche, le Clain amont ne semble toujours pas être très favorable à l'Alose.

III. 2. Cartographie des zones de reproduction potentielles en milieux courants

III. 2. 1. Calendrier de réalisation et conditions des prospections de terrain

Bilan de la prospection

La prospection a été réalisée sur le Clain de l'amont vers l'aval, à pied et à canoé, à partir de la confluence avec la Dive de Couhé et jusqu'à la confluence avec la Vienne. Elle a été réalisée en neuf jours, répartis du 30 juin au 22 juillet 2016 avec l'aide de l'équipe LOGRAMI.



Photo 4 : Cartographie du Clain à l'aide de l'outil Cartopocket (LOGRAMI, 2016)

Conditions hydrologiques

La période de terrain qui se déroule normalement au mois de juin a été décalée au mois de juillet à cause de fortes précipitations qui ont entrainé une période de crue début juin. Ceci a permis de réaliser la période de terrain dans des conditions de débits proches de celles où les espèces cibles se reproduisent.

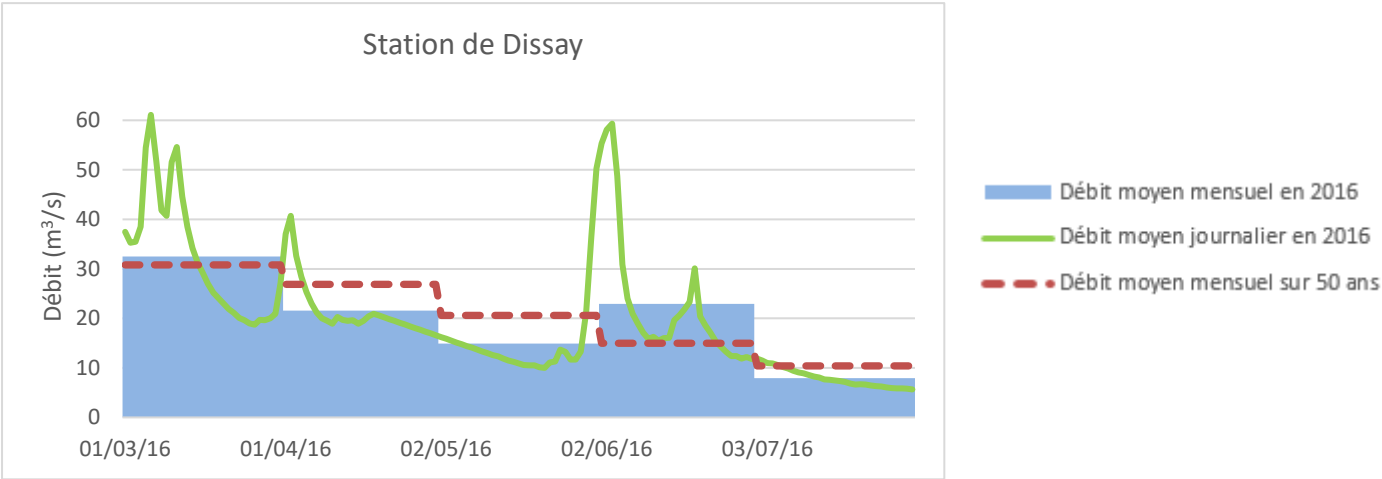


Figure 14 : Comparaison du débit moyen mensuel en 2016, du débit moyen journalier en 2016 et du débit moyen mensuel sur 51 ans pour la station de Dissay.

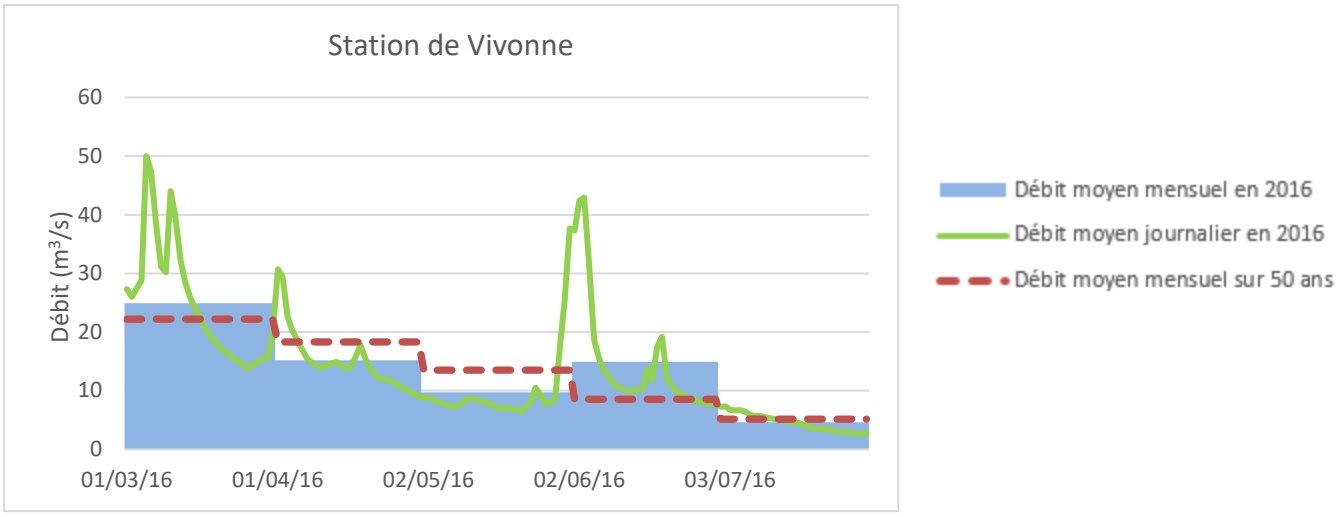


Figure 15 : Comparaison du débit moyen mensuel en 2016, du débit moyen journalier en 2016 et du débit moyen mensuel sur 50 ans pour la station de Vivonne.

Pour les deux stations, le débit moyen mensuel de 2016 est plus élevé que le débit moyen mensuel au mois de juin calculé sur et sur 50 ans pour Vivonne, avec 6,4 m^3/s de plus à la station de Vivonne et 7,9 m^3/s pour la station de Dissay. Ceci est dû à la forte période de précipitation au début du mois de juin. Pour les mois d'avril, mai et juillet le débit moyen mensuel de 2016 est légèrement plus faible que le débit moyen mensuel calculé sur 51 pour Dissay et sur 50 ans pour Vivonne. Pour la station de Vivonne, on retrouve un débit inférieur de 3,1 m^3/s pour le mois d'avril, 3,8 m^3/s pour le mois de mai et 0,5 m^3/s pour le mois de juillet. A la station de Dissay, on retrouve aussi des débits inférieurs de 5,3 m^3/s pour le mois d'avril, 5,7 m^3/s pour le mois de mai et 2,5 m^3/s pour le mois de juillet.

En décalant la phase de terrain du 30 juin au 22 juillet, d'après la Figure 14 et la Figure 15 nous avons pu effectuer des relevés dont le débit moyen journalier est très proche du débit moyen mensuel calculé sur 50 ans sur cette période garantissant la représentativité des mesures.

III. 2. 2. Analyses de la répartition des faciès et de la granulométrie

La Surface Totale en Eau du Clain (STE) est calculée en sommant les surfaces de tous les faciès répertoriés. La STE du Clain de la confluence de la Dive de Couhé à la confluence avec la Vienne est de 2 328 346 m^2, soit 233 ha.

Les profonds représentent 92,6 % de la surface des faciès que l'on trouve sur le Clain. Et 56,8 % de ces surfaces profondes sont localisées en amont des ouvrages. Les 7,4 % de la surface restante sont répartis ainsi : 1,0 % de radiers, 0,5 % de rapides, 2,4 % de chenaux lotiques, 1,4 % de plats lents et 2,1 % de plats courants (Figure 16).

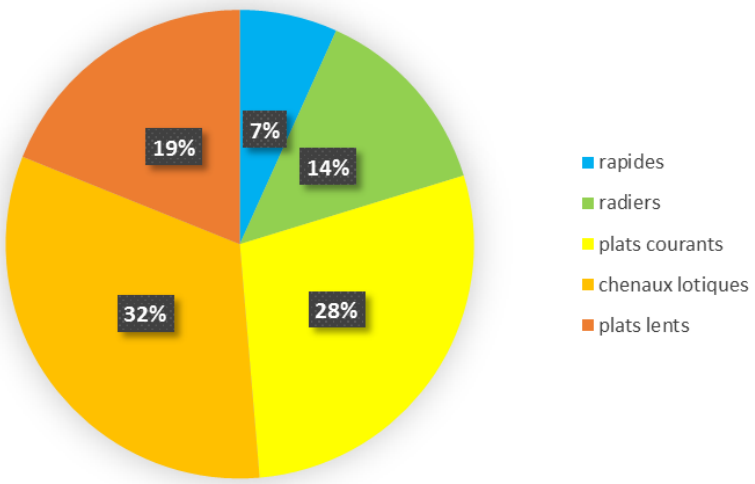


Figure 16 : Répartition des différents faciès sur le Clain en dehors des profonds sur la zone d'étude

Les plats courants dominent les faciès lotiques sur ce cours d'eau de plaine. Les radiers se situent principalement en aval de seuils de moulin et dans les bras secondaires.

III. 2. 3. Découpage de la zone d'étude en tronçons

Un découpage du linéaire du Clain en tronçons de pentes homogènes a été effectué. En effet, la pente est un des principaux facteurs expliquant l'hydromorphologie (Malavoi et Bravard, 2010). Sur la zone d'étude nous avons deux tronçons de pente homogène. Le premier partant de la confluence avec la Vienne jusqu'à 2 km au-dessus du Moulin de Lizelier (tronçon de 52 km) et avec une pente moyenne de 0,06 % et le deuxième partant de 2 km au-dessus du Moulin de Lizelier jusqu'à la Dive du Couhé (tronçon de 28 km) avec une pente moyenne de 0,08 % (Morandeau, 1974).

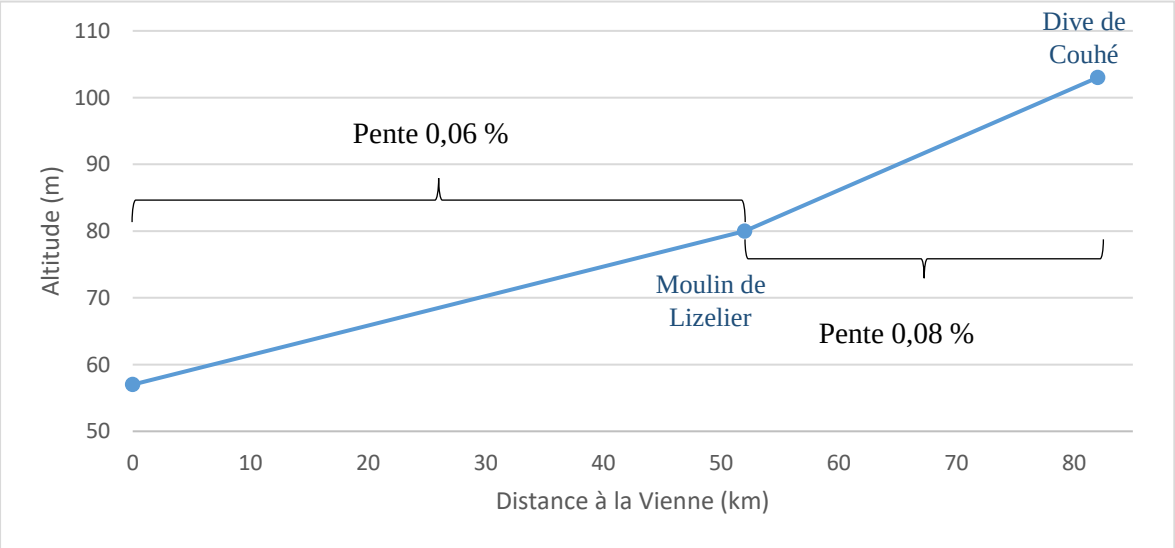


Figure 17 : Profil en long des deux tronçons en fonction de la pente

Chacun de ces secteurs a été caractérisé selon les faciès et la granulométrie dominante de manière à analyser la répartition des faciès et la taille des granulats suivant le linéaire. Rappelons qu'un faciès est le couple vitesse/profondeur. Il y a donc 5,8 % de faciès lotiques pour la pente de 0,06 % (aval) et 6,7 % de faciès pour la pente de 0,08 % (amont) (Figure 18). On retrouve bien une proportion de faciès lotiques plus importante lorsque la pente est plus forte. Par contre la pente n'influe pas sur la surface de faciès intéressants pour les lamproies (Radiers, plats courants et chenaux lotiques ayant une profondeur inférieur à 90 cm), on retrouve presque le même pourcentage de faciès intéressants à l'amont et à l'aval avec 4,5 % à l'amont et 4,7 % à l'aval. On gardera donc une vision globale et non découpée en tronçons pour la suite de l'analyse des surfaces potentielles de reproduction des espèces cibles.

Bien que les pourcentages de faciès potentiels soient presque égaux pour les deux tronçons, la majorité de la surface de faciès potentiels se trouve à l'aval. Ceci étant dû au linéaire des deux tronçons qui ont une taille et une largeur différente.

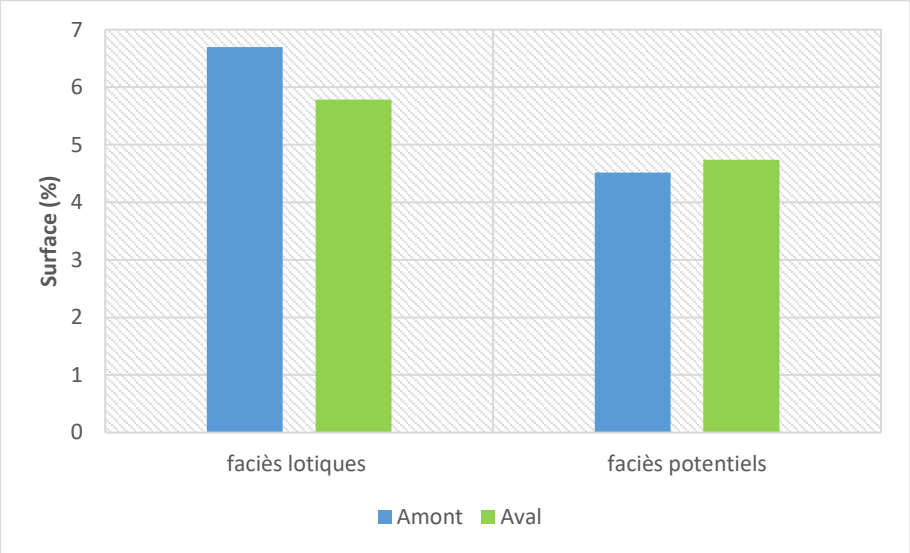


Figure 18 : Répartition géographique des faciès lotiques et des faciès potentiels pour la reproduction des espèces cibles sur le Clain.

De plus, sur les secteurs où la granulométrie a été renseignée, il y a 6,2 % de roche mère et 20,5 % de blocs à l'amont pour 1,6 % et 7,3 % à l'aval. Et on retrouve 2,7 % de galets et 4,1 % de graviers à l'amont pour 29,0 % et 13,0 % à l'aval (Figure 19). On retrouve une granulométrie plus grossière en amont et plus fine en aval avec un pourcentage de roche mère et de blocs plus importants en amont et un pourcentage de pierres, galets et graviers plus importants en aval. Cela entrainerait donc une plus forte présence d'habitats potentiels à l'aval car les granulométries intéressantes sont les pierres, les cailloux et les graviers.

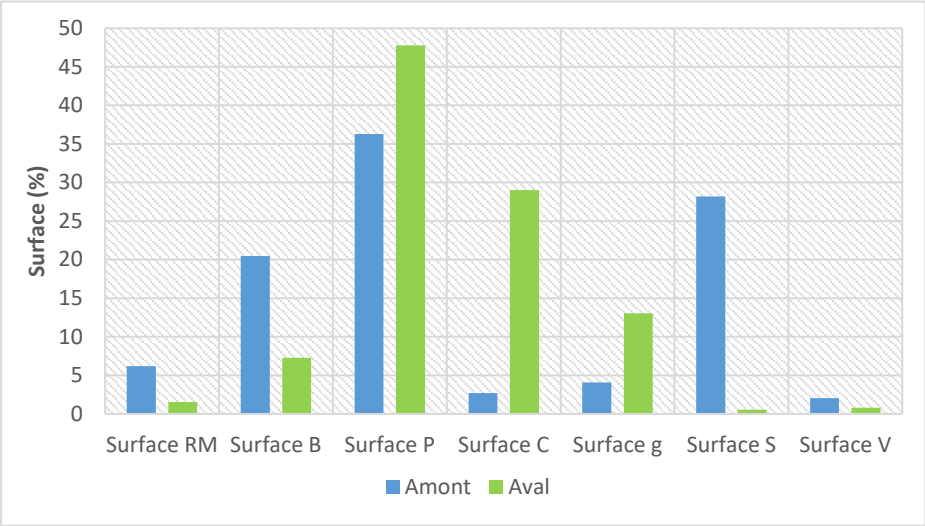


Figure 19 : Répartition géographique de la granulométrie sur le Clain (RM : Roche Mère, B : Bloc, P : Pierre, C : Caillou, g : galet, S : Sable, V : Vase.).

III. 2. 4. Surfaces potentielles de reproduction et de production

Le type d'habitats favorables à la reproduction diffère légèrement en fonction de la biologie des espèces. Les zones favorables pour la Lamproie marine sont quantifiables suite aux relevés de terrain. En revanche, pour les Aloses la surface potentielle de reproduction est plus difficile à appréhender car la zone de reproduction diffère de la zone de dépose des œufs.

Estimation de la surface d'habitats potentiels pour la reproduction de l'Alose

Les zones à frayères d'Aloses se trouvent en aval du Moulin de la Pierrière. En amont, le Clain n'est plus un cours d'eau favorable à la reproduction des Aloses, sa largeur étant trop faible.

Sur cette zone en aval du Moulin de la Pierrière, on observe quatre zones favorables à la reproduction de l'Alose. Un chenal lotique de 21 m de large en aval de l'usine de Domine avec une surface de 2 252 m^2. On observe également trois zones de plat courant qui représente une surface de 2 105 m^2. Le premier plat courant fait 15 m de large et 897 m^2 et les deux autres plats courants ont une largeur de 31 m et une surface de 630 m^2 et de 578 m^2. La surface potentielle minimale est donc de 4 357 m^2 et la surface de croissance des larves associées à ces frayères est de 5 710 m^2.

$S_{repro\ Alose}$ min = Σ S PC favorable + Σ S CLO favorable en aval desquels se trouve un radier

= 2 105 + 2 252 = 4 357 m^2

La surface potentielle maximale est de 4 930 m^2. Il y a une zone de plat courant favorable en plus. Et la surface de croissance des larves associées à ces frayères est de 7 018 m^2.

$S_{repro\ Alose}$ max = Σ PC favorable + Σ CLO favorable en aval desquels se trouve un radier

= 2 678 + 2 252 = 4 930 m^2

Il y a donc entre 0,4 et 0,5 ha de frayères potentielles pour l'Alose de la confluence avec la Vienne jusqu'en aval du Moulin de la Pierrière. La surface de croissance associée à ces frayères est comprise entre 0,6 et 0,7 ha.

Pour l'Alose, la surface d'habitat potentiel réel est nulle, cela étant dû à la présence d'un ouvrage infranchissable à 900 m de la confluence avec la Vienne. En revanche, la surface d'habitat potentiel est comprise entre 4 400 et 5 000 m^2.

Estimation de la surface d'habitats potentiels pour la reproduction de la Lamproie marine

- Surface d'habitats potentiellement favorables pour la reproduction

La surface d'habitats potentiellement favorables pour la lamproie dont la granulométrie principale est sous forme de galets ou de graviers est de 4 ha, soit 1,7 % de la STE. Ceci est la surface de frayères minimale.

$S_{repro\ lamproie}$ min = Σ S PC + Σ S RAD + Σ S CLO

= 16 819 + 7 066 + 16 185 = 40 070 m^2

Et si on prend en compte tous les faciès dont la granulométrie principale ou les granulométries accessoires sont sous forme de galets ou de graviers, alors la surface d'habitats potentiellement favorable pour la reproduction de la lamproie est de 8,7 ha soit 3,7 % de la STE. Ceci est la surface de frayères maximale.

$S_{repro\ lamproie}$ max = Σ S PC + Σ S RAD + Σ S CLO

= 36 229 +18 932 + 31 378 = 86 539 m^2

- Nombre de géniteurs

Le nombre de nids pouvant être accueilli en prenant en compte la surface minimale de reproduction est de 26 713 (Surface d'un nid = 1,5 m^2). Ce qui nous donne un potentiel d'accueil situé entre 57 700 géniteurs (hypothèse basse de polygamie) et 59 570 géniteurs (hypothèse haute de polygamie).

nb nids min = $S_{repro\ lamproie}$ min / 1,5 = 40 070 / 1,5 = 26 713 nids

nb de géniteurs min 16 % de polygamie = (nb nids x % monogamie x 2) + (nb nids x % polygamie x 3)

= (26 713 x 84 % x 2) + (26 713 x 16 % x 3) = 57 700 géniteurs

nb de géniteurs min 23 % de polygamie = (nb nids x % monogamie x 2) + (nb nids x % polygamie x 3)

= (26 713 x 77 % x 2) + (26 713 x 23 % x 3) = 59 570 géniteurs

Le nombre de nids pouvant être accueilli en prenant en compte la surface maximale de reproduction est de 57 693. Ce qui nous donne un potentiel d'accueil situé entre 124 617 géniteurs (hypothèse basse de polygamie) et 128 655 géniteurs (hypothèse haute de polygamie).

nb nids max = $S_{\text{repro lamproie}}$ max / 1,5 = 86 539 / 1,5 = 57 693 nids

nb de géniteurs max 16 % de polygamie = (nb nids x % monogamie x 2) + (nb nids x % polygamie x 3)

= (57 693 x 84 % x 2) + (57 693 x 16 % x 3) = 124 617 géniteurs

nb de géniteurs max 23 % de polygamie = (nb nids x % monogamie x 2) + (nb nids x % polygamie x 3)

= (57 693 x 77 % x 2) + (57 693 x 23 % x 3) = 128 655 géniteurs

- Potentiel de croissance

Sur la zone d'étude, on retrouve 0,7 ha de plat lentique ou plats courants avec une granulométrie composée de sable ou de limon. Cette surface représente un minimum des zones favorables à la croissance des larves de Lamproie marine.

$S_{\text{crois lamproie}} = \Sigma S\ PLE + \Sigma S\ PC$

$= 4\ 494 + 2\ 351 = 6\ 845\ m^2$

Pour la Lamproie, la surface d'habitats potentiel réel est calculée en fonction du front historique de colonisation, c'est-à-dire jusqu'au Moulin d'Anguitard. Elle est comprise entre 2,4 et 5,8 ha. Quant à la surface d'habitat potentiel, calculée sur la totalité de la zone d'étude, elle est comprise entre 4 et 8,7 ha.

III. 2. 5. Découpage de la zone d'étude en tronçons inter-ouvrages

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. 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.Ce découpage permet en outre de mettre en évidence la qualité de chaque tronçon en fonction des surfaces favorables qui s'y trouvent, d'en apprécier la répartition longitudinale ainsi que la présence des obstacles à l'écoulement (Annexe 16).

Pour l'Alose, 7 tronçons ont été étudiés, du Moulin des Bordes jusqu'au Moulin de la Pierrière. Sur ces 7 tronçons, seulement 3 présentent des surfaces potentielles pour la reproduction de l'Alose. Pour la surface potentielle maximale, on retrouve 12 % de frayères potentielles en aval du Moulin de l'Archillac, 58 % en aval du Moulin de Domine et 30 % en aval du Moulin de la Pierrière.

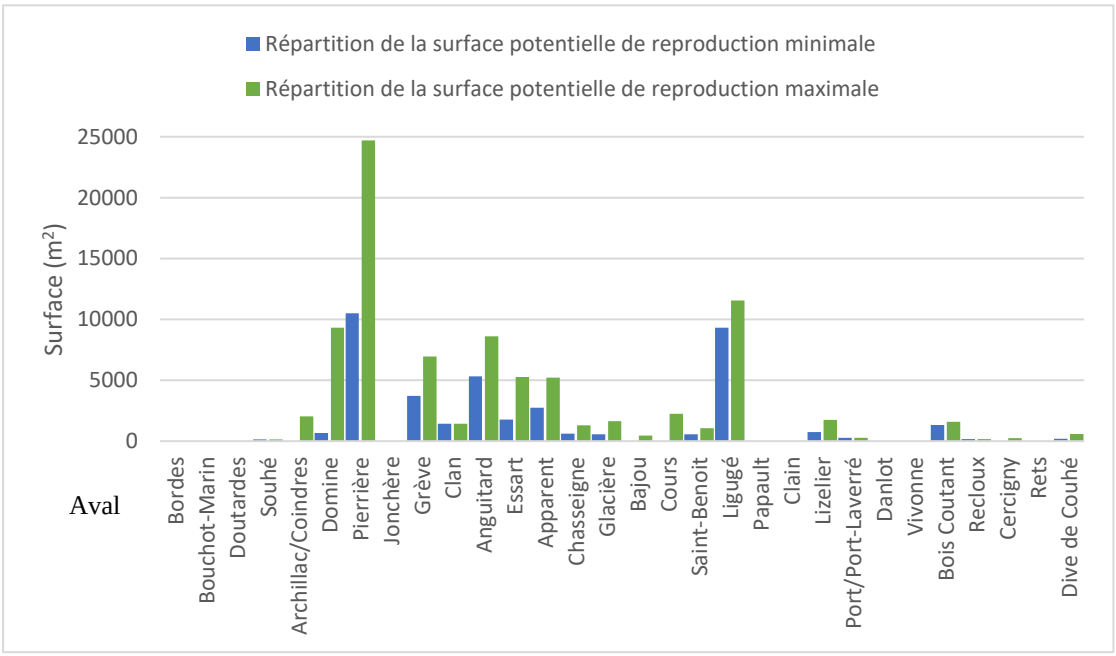


Figure 20 : Répartition des frayères potentielles de Lamproie sur la zone d'étude (en m²). Le nom des tronçons étant le nom du Moulin situé en amont du tronçon.

Pour la Lamproie, il y a 30 tronçons répartis sur la zone d'étude (Figure 20). Lorsque l'on étudie la surface de frayères potentielles maximale on trouve que sur ces 30 tronçons, 17 présentent des surfaces potentielles pour la reproduction de la Lamproie. Parmi eux, 10 tronçons ont des surfaces de frayères potentielles de moins de 5 % de la surface potentielle totale, alors que 63 % de la surface potentielle totale est répartie sur 4 tronçons qui sont :

- Moulin de l'Archillac et Moulin des Coindres / Usine de Domine
- Usine de Domine / Moulin de la Pierrière
- Moulin de Clan et Ecluselles / Moulin d'Anguitard
- Moulin de Saint-Benoit / Filature de Ligugé.

Différents scénarii d'aménagement :

Ces scénarii d'aménagement ont été créés à l'aide des scénarii d'aménagement pour chaque ouvrage défini par l'étude du Conseil départemental de la Vienne.

Scénario 1 : Si les aménagements nécessaires, tels que des passes à poissons ou un arasement partiel, étaient réalisés sur les ouvrages entrainant des difficultés ou stoppant la montaison entre la confluence avec la Vienne et le Moulin de la Pierrière, une importante partie des habitats potentiels pourrait être colonisable. Les moulins concernés sont le Moulin des Bordes, le Moulin de Doutardes le Moulin des Coindres, le Moulin de l'Archillac et l'Usine de Domine. Pour l'Alose, la totalité de la surface d'habitat potentiel, soit entre 4357 et 4 930 m^2 pourrait être accessibles, c'est-à-dire devenir des habitats potentiels réels. Pour la Lamproie, les poissons ont normalement déjà accès à ces habitats, mais ces aménagements pourraient faciliter leur migration et éviter des retards.

Scénario 2 : Si les aménagements nécessaires étaient réalisés jusqu'en aval de Poitiers, c'est-à-dire jusqu'au Moulin de Chasseigne (aménagement des ouvrages des Moulin de la Pierrière, Moulin de la Grève, Moulin du Clan, Moulin d'Anguitard et Moulin de l'Essart en plus des précédents), entre 23 542 et 58 433 m^2 d'habitat potentiels réels pour la Lamproie pourrait être colonisés plus facilement. De plus, le front de colonisation historique de la Lamproie étant situé au Moulin d'Anguitard, cela ouvrirait le cours d'eau pour la migration de la Lamproie, ce qui entrainerait l'apparition de 3 365 à 6 517 m^2 d'habitat potentiel réel en plus.



Carte 5 : Ouvrages nécessitant un aménagement en fonction des scenarii

III. 2. 6. Comparaison des résultats avec la cartographie de 2003

La zone d'étude de 2003 s'étendait de la confluence avec la Vienne jusqu'à Vivonne, ce qui fait 11 km de moins que la zone d'étude de 2016. La STE calculée était de 240 ha, pour une STE de 212 ha sur la même zone en 2016.

Dans l'étude de 2003, la surface courante cartographiée correspondant à la somme des rapides, radiers et plats courants représentait une surface de 61 580 m^2 soit 6,2 ha. Dans notre étude la surface totale des rapides, radiers et plats courants est de 62 756 m^2 soit 6,3 ha.

On retrouve un peu près la même répartition des rapides, radiers et plats courants. Avec une surface de rapides un peu plus élevée en 2016 et une surface de plats courants légèrement plus faible (Figure 21).

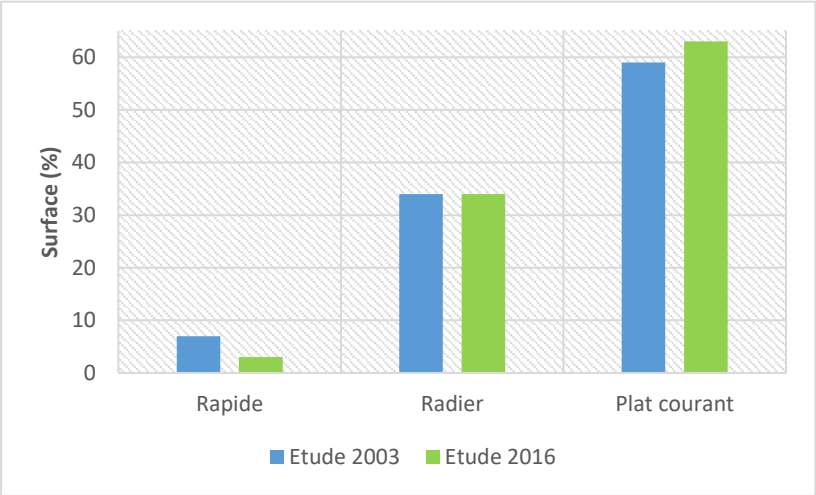


Figure 21 : Comparaison du pourcentage d'habitats courants entre l'étude de 2003 et l'étude de 2016.

Pour l'Alose, la surface de frayères potentielles déterminée en 2003 est de 2 416 m^2 répartie sur trois sites. En 2016, cette surface est comprise entre 4 357 et 4 930 m^2 répartie sur quatre ou cinq sites. Cette différence doit venir du fait que les faciès pris en compte lors du calcul sont différents.

Pour la Lamproie, la surface de frayères potentielles déterminée en 2003 est de 60 016 m^2 alors qu'elle est comprise entre 40 070 et 86 539 m^2 en 2016. Comme pour l'Alose, la différence doit venir de la différence des faciès pris en compte lors du calcul. Dans l'étude de 2003, les habitats favorables pour la reproduction de la Lamproie marine sont les rapides, les radiers et les plats courants alors que dans la présente étude, nous avons pris en compte les radiers, les plats courants et les chenaux lotiques.

La surface d'habitats lotiques semble ne pas avoir évolué entre 2003 et 2016 mais pour ce qui est des habitats favorables à la reproduction, l'évolution des connaissances à propos des espèces cibles a également fait évoluer les calculs de surfaces favorables. Il semble donc difficile de faire une réelle comparaison avec la cartographie de 2003.

III. 3. Estimation des zones de reproduction potentielles en milieux ennoyés

III. 3. 1. Étude des profondeurs avec l'échosondeur

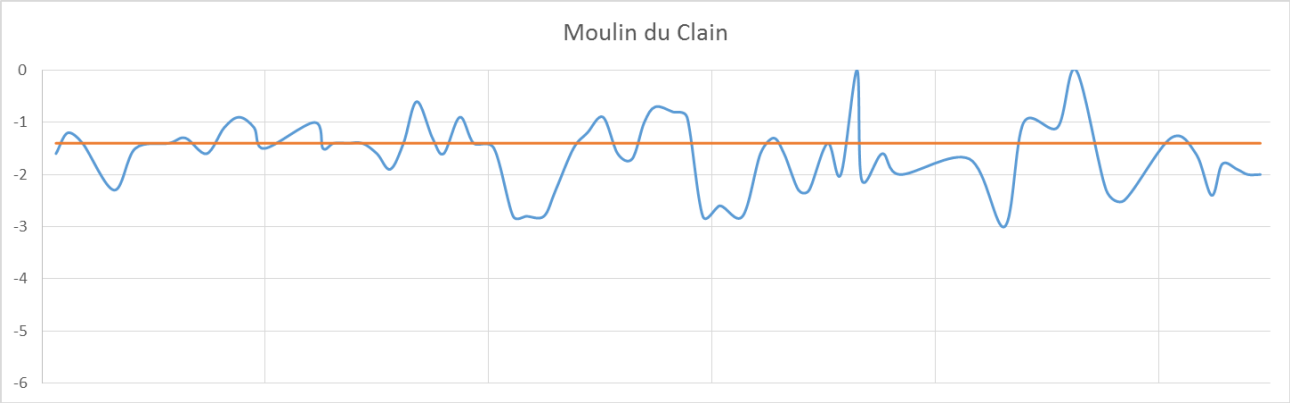


Figure 22 : Profil en long du Moulin du Clain réalisé grâce à l'échosondeur, avec en orange la limite de profondeur qui permettrait l'apparition de zones de reproduction potentielles après arasement de l'ouvrage et en abscisses la profondeur en mètre.

La phase de terrain a été réalisée les 25 et 26 mai. Nous avons un profil en long pour chaque retenue prospectée. Le profil en long du Moulin du Clain est représenté sur la Figure 22 et les profils des autres ouvrages sont en Annexe 14. Pour chaque ouvrage sélectionné, un scénario d'aménagement avec diminution de la hauteur d'eau est proposé. Nous avons donc calculé une profondeur maximale à laquelle pourrait apparaitre des zones de reproduction potentielles si la hauteur d'eau des retenues diminuait. Nous avons ensuite regardé la proportion de zones potentiellement intéressantes pour chaque retenue et nous avons sélectionné les quatre retenues avec la plus grande possibilité d'apparition de zones intéressantes (Tableau 12). Les zones d'intérêt étant les zones potentiellement favorables à la reproduction des espèces cibles. Nous avons retenu d'aval en amont le Moulin de la Grève, le Moulin du Clan, le Moulin d'Essart et le Moulin du Clain.

Tableau 12 : Proportion de la retenue prospectée qui pourrait devenir de la surface de reproduction après arasement de l'ouvrage (en %).

Ouvrages	%
Moulin du Clan	76
Moulin du Clain	33
Moulin de la Grève	33
Moulin de l'Essart	12
Moulin d'Anguitard	6
Moulin de Bouchot-Marin	3
Moulin des Cours	0

Cette sélection n'a conservé que des ouvrages situés en amont du Moulin de la Pierrière, c'est-à-dire en amont de la zone favorable à l'Alose. Par la suite nous n'étudierons donc que le gain d'habitats potentiels pour la Lamproie.

III. 3. 2. Étude bathymétrique

La période de terrain s'est déroulée les 1er et 2 juin. Par manque de temps disponible, toute la surface des retenues n'a pas été étudiée. Nous avons réalisé les relevés seulement sur les zones de hauts fonds (Tableau 13). De plus à cause de la présence d'une ripisylve importante les données sont manquantes à proximité des rives. Nous avons donc prospecté 6 zones dans la retenue du Moulin de la Grève, 1 zone pour les retenues du Moulin du Clan et du Moulin de l'Essart et 4 zones pour la retenue du Moulin du Clain.

Tableau 13 : Récapitulatif de la surface des retenues et des surfaces prospectées

	Greve	Clan	Essart	Clain
Surface totale (m^2)	98 383	23 762	27 189	24 484
Surface prospectée (m^2)	Zone 1 : 3 991 Zone 2 : 3 199 Zone 3 : 2 533 Zone 4 : 2 675 Zone 5 : 3 236 Zone 6 : 2 561 Tot : 18 195	7935	5422	Zone 1 : 1 652 Zone 2 : 1 297 Zone 3 : 1 218 Zone 4 : 698 Tot : 4 865
Surface prospectée (%)	18,5 %	33,4 %	19,9 %	19,9 %

Notre calendrier de terrain étant contraint par la disponibilité du matériel, la réalisation des mesures s'est déroulée durant une période de crue avec des débits de 50 et 59 m^3/s à Poitiers pour un module de 12,80 m^3/s. Les hauteurs d'eau à cette période-là étaient donc bien plus élevées que celles que l'on a normalement lors de la montaison des espèces cibles. Afin d'avoir une altitude des plans d'eau en conditions normales de montaison, nous sommes retournés prendre les valeurs d'altitude des plans d'eau le 25 juillet 2016. Les relevés ont été réalisés avec le même GPS que celui utilisé pour l'analyse bathymétrique pour les Moulins de la Grève, de l'Essart et du Clain. Pour le Moulin du Clan, à cause d'une ripisylve* trop importante qui empêche le fonctionnement du GPS, la valeur de l'altitude a été relevée avec un niveau de chantier.

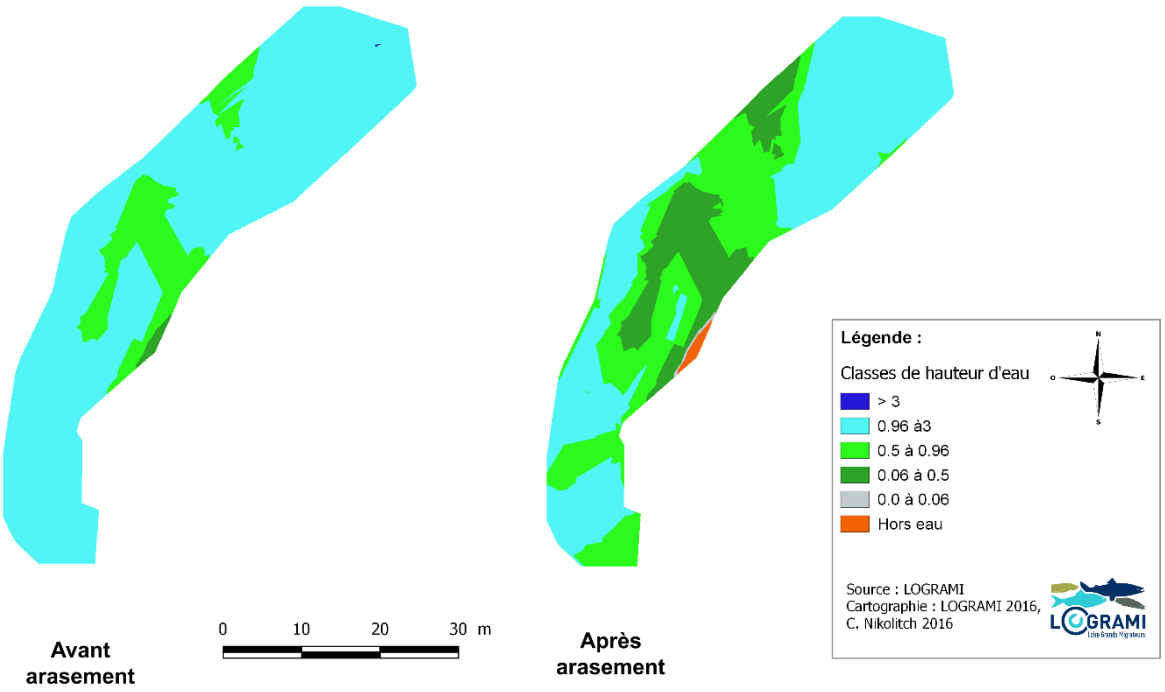


Figure 23 : Comparaison de la répartition des classes de hauteur d'eau avant et après arasement du moulin du Clain pour la zone 3.

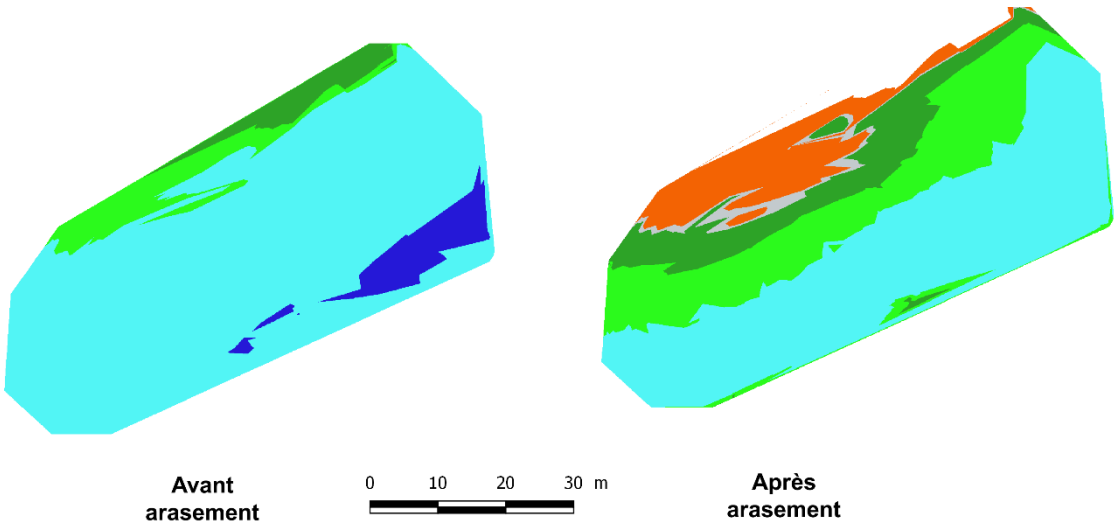


Figure 24 : Comparaison de la répartition des classes de hauteur d'eau avant et après arasement du moulin de la Grève pour la zone 3 (cf légende de la Figure 23).

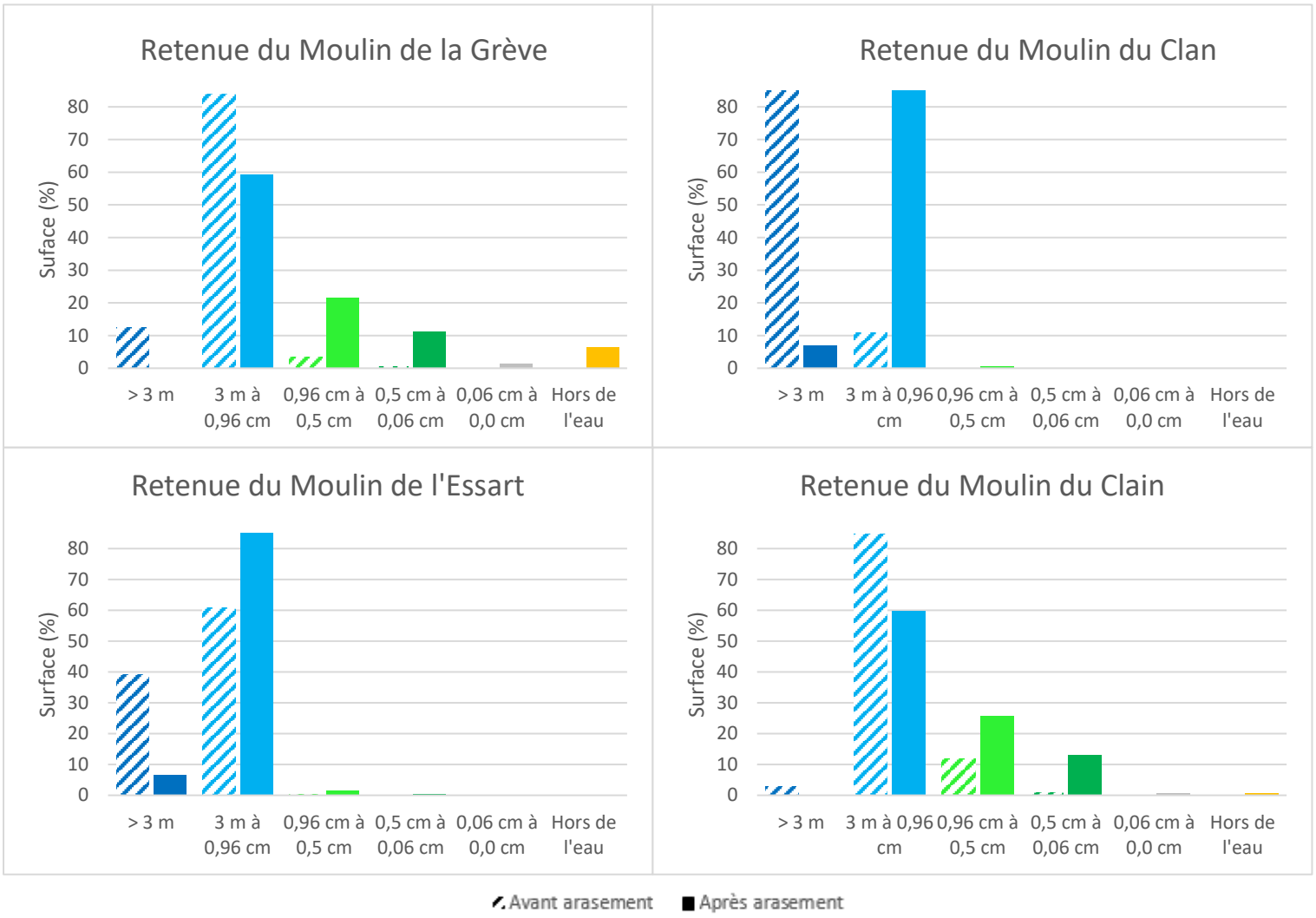


Figure 25 : Répartition de la surface prospectée en fonction des différentes classes de profondeur d'eau avant et après arasement sur les différents biefs étudiés (en pourcentage).

Les récupérations d'habitats intéressantes sont celles qui se font sur toute la largeur du cours d'eau comme on le voit sur la Figure 23. Les récupérations d'habitats qui se font seulement en bord de rivière sont moins caractéristiques pour la reproduction de la Lamproie (Figure 24).

Pour le Moulin de le Grève, la récupération d'habitats en fonction de différentes zones est décrite dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Récupération d'habitats favorables à la reproduction de la Lamproie en fonction des différentes zones d'étude sur la retenue du Moulin de la Grève.

Moulin de le Grève	
Zone 1	Pour cette zone nous avons un gain de surface de 3,1 % pour la classe de hauteur d'eau située entre 0,06 et 0,5 cm et de 12,5 % pour la classe située entre 0,5 et 0,96 cm. Il y a donc un élargissement de la zone potentielle pour la reproduction de la Lamproie. Ce gain de surface potentielle est situé au milieu du cours d'eau.
Zone 2	Pour cette zone, nous avons un gain de surface de 18,2 % pour la classe de hauteur d'eau située entre 0,06 et 0,5 cm et de 26,3 % pour la classe située entre 0,5 et 0,96 cm. On a donc une apparition assez importante de surface potentielle pour la reproduction de la lamproie. Cette apparition de surface potentielle est située sur toute la largeur du cours d'eau. Il y a également 5,9 % de la surface de la zone qui se retrouve hors de l'eau après arasement de l'ouvrage.
Zone 3	Sur cette zone, il y a une apparition de zones potentielles seulement en rive gauche, il ne semble donc pas avoir d'apparition de véritables habitats favorables. Il y a un gain de 10,1 % sur la classe de hauteur d'eau allant de 0,06 à 0,5 cm et de 19,1 % pour celle allant de 0,5 à 0,96 cm. De plus 13 % de la surface de la zone se retrouve hors de l'eau après l'arasement de l'ouvrage.
Zone 4	Comme pour la zone 3, il y a une légère apparition de zones potentielles pour la reproduction de la lamproie mais seulement en rive gauche, il n'y a donc pas de vrai gain d'habitat. On a un gain de 15,8 % de surface de 0,06 à 0,5 cm et une perte de 1,8 % de 0,5 à 0,96 cm. 24,1 % de la surface se retrouvant hors de l'eau après modification des hauteurs d'eau.
Zone 5	Pour cette zone, l'élargissement de la zone potentielle pour la reproduction se fait seulement en rive gauche et en rive droite avec pour la lamproie un gain de 15,9 % de 0,06 à 0,5 cm et de 16,6 % de 0,5 à 0,96 cm.
Zone 6	Et enfin pour la dernière zone, l'apparition de zones potentielles pour les lamproies est située au milieu de la rivière avec un gain de 34,9 % de 0,5 à 0,96 cm.

Les zones intéressantes pour le Moulin de la Grève sont les zones 1, 2 et 6. Sur la surface totale prospectée sur la retenue du Moulin de la Grève, après arasement de l'ouvrage la récupération de surfaces favorables à la reproduction de la Lamproie est de 706 m^2 (Figure 25).

Comme on peut le voir sur la Figure 25, il n'y a pas de récupération d'habitats potentiels pour reproduction de la lamproie sur la retenue du Moulin du Clan. Et il en est de même pour la retenue du Moulin de l'Essart.

Pour le Moulin du Clain, la récupération d'habitats en fonction de différentes zones est décrite dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Récupération d'habitats favorables à la reproduction de la Lamproie en fonction des différentes zones d'étude sur la retenue du Moulin du Clain.

Moulin du Clain	
Zone 1	Sur cette zone il y a un élargissement de la zone potentielle pour la reproduction de la lamproie compris entre 0,06 et 0,96 cm sur toute la largeur du cours d'eau. Il y a un gain de 18 % de 0,06 à 0,5 cm et de 8,3 % de 0,5 à 0,96 cm.
Zone 2	Sur cette zone l'élargissement de la zone potentielle pour la reproduction de la lamproie est assez faible et est située seulement en rive gauche, il n'y donc pas de vrai gain d'habitats, on gagne 2,7 % de 0,06 à 0,5 cm et 6,0 % de 0,5 à 0,96 cm.
Zone 3	Contrairement à la zone précédente, sur cette zone, l'élargissement de la zone potentielle pour la reproduction de la Lamproie est situé sur toute la largeur du cours d'eau avec un gain de 15,3 % de 0,06 à 0,5 cm et de 17,6 % de 0,5 à 0,96 cm.
Zone 4	Et enfin pour cette zone l'élargissement de la zone potentielle pour la reproduction de la lamproie est situé sur presque toute la largeur du cours d'eau. Il y a un gain de 9,9 % de surface de 0,06 à 0,5 cm et de 33,9 % de 0,5 à 0,96 cm.

Pour le moulin du Clain, les zones intéressantes sont les zones 1, 3 et 4. Sur la surface totale prospectée sur la retenue du Moulin du Clain, après arasement de l'ouvrage il y a apparition de 571 m^2 de surface favorable à la reproduction de la Lamproie (Figure 25).

L'arasement du Moulin de la Grève et du Moulin du Clain entrainerait l'apparition de 1 277 m^2 d'habitat potentiel pour la Lamproie. Au contraire, l'arasement du Moulin de Clan ou du Moulin de l'Essart n'engendrerait pas d'apparition d'habitats potentiels. Ce résultat n'influence donc pas le choix du type d'aménagement à réaliser sur ces ouvrages (arasement, dispositif de franchissement…).

III. 4. Front de colonisation de la Lamproie marine

Deux journées de prospection sur les zones favorables à la reproduction de la lamproie marine ont permis de déterminer le front de colonisation de l'espèce sur le Clain. Le 26 juin 2016, la prospection a permis d'observer la présence de deux nids en aval de l'Usine de Domine. Une seconde sortie le 30 juin 2016 n'a pas permis de déterminer la présence de nids en aval du Moulin de la Pierrière et sur le secteur de Saint-Cyr.

Le front de colonisation pour la Lamproie marine en 2016 est donc situé au niveau du Moulin de Domine, c'est-à-dire à 5,4 km de la confluence avec la Vienne. Le front historique situé à l'aval du Moulin d'Anguitard n'a donc pas été atteint.

Cependant, les conditions hydrologiques du printemps 2016 ont été particulières et si des individus ont commencé à se reproduire avant les crues nous n'avons pas pu observer les nids du fait de leur effacement.

IV. Discussion

Méthodologie

Les conditions hydrologiques du mois de juin ont entrainé le décalage de la période de terrain au mois de juillet. Cela n'a pas eu d'influence sur la cartographie car celle-ci a pu être réalisée pendant une période où les débits étaient proches des débits favorables à la reproduction. Par contre, les crues du mois de juin ont eu pour conséquence d'entrainer une forte turbidité de l'eau ainsi que la destruction des nids des Lamproies qui avaient déjà commencé leur reproduction.

Le suivi des températures sur le Clain a commencé en avril 2016, il n'y a donc pas de comparaison possible avec les années précédentes. Or, l'année 2016 est une année exceptionnelle niveau température. Il est important de rappeler qu'avant toute généralisation à d'autres années présentant des caractéristiques similaires il est nécessaire de continuer l'étude et de valider ces résultats avec une acquisition sur plusieurs années. De plus, il faut garder en tête que la température a une incidence sur la dynamique migratoire et sur la reproduction des espèces cibles, mais celle-ci dépend également de bonnes conditions de débit pour la migration.

Pour la cartographie, le fait d'avoir réalisé des surfaces à minima et à maxima pour les surfaces d'habitats potentiels pour les différentes espèces, a permis de prendre en considération la variabilité probable de ces surfaces. De plus, le nombre de nids et donc de géniteurs que l'on calcule pour la Lamproie est surestimé. Effectivement, nous faisons l'hypothèse qu'un nid fait environ 1,5 m^2 et nous divisons la surface de reproduction favorable par ce nombre. Or en général les lamproies n'utilisent pas l'intégralité des radiers mais la tête de radier ou les veines de courant les plus intéressantes. Un radier ne sera jamais entièrement recouvert de nids.

Pour la bathymétrie, le manque de temps et de disponibilité du matériel nous a contraints à restreindre les surfaces étudiées. Avec plus de temps, les retenues sélectionnées auraient pu être prospectées en entier et d'autres auraient également pu être étudiées. Cependant les biefs étudiés ont été choisis en fonction de certains critères et l'étude de ces biefs permet tout de même d'avoir une image de ce qui pourrait se passer sur d'autres biefs. De plus, le matériel que nous avons utilisé pour la bathymétrie ne permet pas de pénétrer la vase. Or sur le Clain, les moulins sont anciens, il y a donc risque d'accumulation de vase dans les retenues ce qui fausserait les résultats de profondeur. Un sondeur travaillant avec une fréquence de 32-200 kHz serait nécessaire pour réussir à traverser cette couche de vase. De plus, la présence d'une ripisylve importante ne nous a pas permis de récolter des données jusqu'au bord des berges. L'importance de la ripisylve a aussi eu pour conséquence une plus faible précision de l'acquisition des données. Et enfin, la détermination d'habitats favorables pour la reproduction des espèces cibles grâce à cette méthode se base uniquement sur les exigences écologiques

en termes de hauteur d'eau, or la granulométrie et la vitesse du courant sont aussi des paramètres très importants.

Et enfin, avec plus de temps disponible il aurait été intéressant d'étudier plus précisément la composition chimique de l'eau car ce paramètre peut avoir une influence non négligeable sur les cycles de vie des poissons migrateurs.

Résultats

L'inventaire des zones de type courant a permis d'évaluer leur surface totale à 14 ha. Cette surface représente 6 % de la surface totale en eau. Cette faible valeur est liée d'une part au type de rivière étudiée (rivière de plaine à faible pente), d'autre part à la présence de nombreux barrages. L'axe du Clain étant ponctué d'un nombre important d'ouvrages, 39 au total. L'aménagement ou l'arasement de ces ouvrages est donc indispensable dans le cadre de la réouverture de ce cours d'eau aux grands migrateurs amphihalins.

Outre l'aspect de continuité écologique, la sectorisation du milieu pose un réel problème d'uniformisation des habitats. Ainsi sur le Clain, on ne retrouve plus l'alternance des faciès d'écoulement (plat courant, radier) prépondérant dans la caractérisation des frayères pour l'Alose et la Lamproie.

Contrairement aux autres cours d'eau, où l'amont présente normalement plus de surfaces intéressantes pour la reproduction, la partie aval du Clain possède plus de surface de frayères potentielles que l'amont.

Le Clain possède une capacité d'accueil non négligeable pour les Lamproies marines. En revanche, nous avons observé cinq zones de reproduction potentielles pour l'Alose uniquement situées sur le Clain aval. Ce résultat est cohérent 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.

Pour l'Alose, en raison de l'infranchissabilité du Moulin des Bordes situés à 900 m de la confluence avec la Vienne, aucune prospection de frayères n'a été réalisée à l'amont. Tous les sites répertoriés correspondent à des sites potentiels, retenus d'après les caractéristiques physiques d'une frayère typique.

	Surface d'habitats potentiels pour la Lamproie (ha)	Surface d'habitats potentiels pour l'Alose (ha)	Linéaire prospecté (km)
Clain	max 8,7 min 4,0	0,5	80
Besbre	max 54,5 min 0,8	0,04	102

A titre de comparaison, la Besbre, située également sur le bassin de la Loire a été cartographiée en 2011 sur un linéaire de 102 km. Les méthodes de cartographie ne sont pas exactement les mêmes, on ne peut donc pas faire une comparaison stricte. Sur la Besbre, la surface maximale d'habitats potentiels pour la Lamproie est de 54,5 ha, mais ce résultat ne prend pas en compte la granulométrie. Tandis que la surface minimale d'habitats potentiels est de 0,8 ha. Cette surface beaucoup plus restrictive, prend en compte uniquement l'interface entre les plats courants et les radiers, c'est-à-dire les zones préférentielles. Les valeurs que l'on trouve sur le Clain, comprises entre ces valeurs extrêmes, semblent donc cohérentes.

Perspectives

Les potentialités actuelles du Clain pour les poissons migrateurs sont limitées du fait de la sectorisation du milieu. Toutefois, le Clain possède quand même un potentiel pour les Aloses et les Lamproies.

	Aloses		Lamproies	
	Min (ha)	Max (ha)	Min (ha)	Max (ha)
Habitats potentiels	0,4	0,5	4,0	8,7
Habitats potentiels réels	/		2,4	5,8
Récupération d'habitats potentiels réels (scenario 1)	0,4	0,5	/	/
Récupération d'habitats potentiels réels (scenario 2)	0,4	0,5	0,3	0,7
Apparition d'habitats potentiels suite à l'arasement d'ouvrages (étude bathymétrique)	/		0,1	

Pour les Aloses, il n'y a pas, pour l'instant, d'habitats potentiels réels du fait de l'existence d'un ouvrage infranchissable à 900 m de la confluence avec la Vienne. Mais, il existe entre 0,4 et 0,5 ha d'habitats potentiels au-dessus de cet ouvrage infranchissable. Cette surface pourrait devenir de l'habitat potentiel réel si des aménagements étaient mis en œuvre comme décrit dans les deux scenarii d'aménagement.

Pour la Lamproie, il y a entre 2,4 et 5,8 ha d'habitats potentiels réels, c'est-à-dire déjà accessibles aux Lamproies. En prenant également en compte les habitats potentiels situés au-dessus du front historique de colonisation, c'est-à-dire au-dessus du Moulin d'Anguitard, il y a entre 4,0 et 8,7 ha d'habitats potentiels disponibles pour la reproduction de la Lamproie. D'après le second scénario d'aménagement, si les travaux nécessaires étaient réalisés, il pourrait y avoir entre 0,3 et 0,7 ha d'habitats potentiels qui deviendrait accessibles aux Lamproies. Et enfin, l'étude bathymétrique révèle les potentialités du Clain si des travaux sur la réduction du taux d'étagement étaient engagés. Selon les travaux, il pourrait y avoir apparition de 1 277 m² d'habitats potentiels pour la reproduction de la

Lamproie, sur les 36 417 m^2 ayant fait l'objet du relevé bathymétrique. Ce qui représente 3,1 % de la surface d'habitats potentiels total.

En plus des difficultés rencontrées par les migrateurs à cause des nombreux ouvrages présents sur le Clain, les poissons pourraient également être pénalisés par le fait que le Clain présente une faible attractivité au niveau de sa confluence avec la Vienne à cause d'un courant assez faible. De plus d'après les observations de TAVERNY et ELIE (2010), les lamproies ne semblent pas être soumises au phénomène de homing. Cependant, elles sont attirées grâce à leur système olfactif, par les cours d'eau contenant des larves de la même espèce. Ainsi, les lamproies en montaison emprunteraient plus facilement l'axe Vienne (plus forte attractivité olfactive) que le Clain. Il faudrait que les lamproies retrouvent des sites de pontes et donc que l'attractivité par les ammocètes augmente pour retrouver une population plus importante sur le Clain.

La faible présence de traces historiques à propos de la présence d'Aloses et de Lamproies s'explique par les caractéristiques de ce cours d'eau. En effet, les traces historiques sont pour la plupart existantes sur des cours d'eau plus importants où la présence de pêcheries pour d'autres espèces a permis l'existence de registres.

Conclusion

Cette étude s'inscrit dans une réflexion globale de restauration des populations de grands migrateurs sur le bassin de la Loire. Le présent document apporte des éléments techniques sur les grands migrateurs et leurs habitats afin d'orienter au mieux les travaux de restauration de la continuité écologique

Déterminer l'habitat potentiel total (qui peut contenir également les habitats situés au-dessus des obstacles infranchissables) est fondamental pour mieux comprendre et donc mieux gérer les populations de poissons grands migrateurs. De plus, la détermination des habitats potentiels réels (en dessous des obstacles infranchissables) permet de connaître les surfaces aujourd'hui disponibles pour l'espèce. Couplée avec l'habitat potentiel total, elle permet de déterminer la capacité d'accueil du milieu pour une espèce donnée et donc le nombre maximum attendus d'individus que peut accueillir le milieu aujourd'hui. En comparant cette capacité d'accueil avec les suivis spécifiques sur les poissons (front de colonisation, suivi de reproduction) nous obtenons un indicateur pertinent de l'état de la population cible.

Sur le Clain 6 % de la STE est composé de surface lotiques. Il y a entre 0,4 et 0,5 ha d'habitats potentiels pour l'Alose de la confluence avec la Vienne jusqu'en aval du Moulin de la Pierrière. La surface de croissance associée à ces frayères est comprise entre 0,6 et 0,7 ha. L'étude des températures montre que le Clain amont ne semble pas être un cours d'eau très accueillant pour les Aloses mais l'aménagement des premiers ouvrages permettrait la colonisation de ces habitats potentiels situés sur le Clain aval.

Pour la Lamproie, l'étude des températures montre la compatibilité du Clain avec les besoins de la Lamproie. De plus, la surface d'habitats potentiels pour la Lamproie est comprise entre 4 et 8,7 ha. Le nombre de nids minimal pouvant être accueilli est compris entre 27 000 et 58 000. Ce qui nous donne un potentiel d'accueil compris entre 60 000 et 130 000 géniteurs. D'après l'étude bathymétrique et selon les travaux réalisés, il pourrait y avoir apparition de 1 277 m² de d'habitats potentiels pour la Lamproie, sur les 3,6 ha ayant fait l'objet du relevé bathymétrique. Cela représente 3,1 % de la surface d'habitats potentiels total. Le front de colonisation historique de la Lamproie situé en aval du Moulin d'Anguitard (13 km), et en aval du Moulin de Domine en 2016 (5,4 km) confirme l'intérêt du Clain pour l'espèce. Le fait d'aménager les ouvrages permettrait aux Lamproies d'accéder aux zones de reproduction plus facilement et sans subir de retard de migration. D'après le scenario 2 d'aménagement, entre 3 400 à 6 500 m^2 d'habitats potentiels réels supplémentaires pourraientt être disponible pour la reproduction de la Lamproie.

Les résultats obtenus confirment le réel potentiel du cours d'eau étudié pour la Lamproie marine. Cette cartographie des zones de frayères potentielles sera un outil de référence pour inciter les

propriétaires d'ouvrages les plus limitants, à réaliser les aménagements destiner à favoriser les déplacements des poissons migrateurs et a ainsi rouvrir l'axe du Clain pour la reproduction.

Cette étude s'inscrit donc dans la réalisation du SDAGE qui encourage les études du potentiel d'accueil des grands migrateurs sur les bassins actuellement inaccessibles en raison obstacles infranchissables, ceci afin de rechercher de nouvelles zones favorables pour le cycle de vie des espèces ainsi que de restaurer l'accès aux autres cours d'eau dans lesquels la présence des grands migrateurs est avérée.

Bibliographie

ALLEAUME (Samuel), LANOISELEE (Cédric) et AGILLIER (Christine). 2010 - *Bathymétrie des plans d'eau. Protocole d'échantillonnage et descripteurs morphométriques.* – CEMAGREF. – 24 p.

ANONYME. 2010 - *Note relative au classement des cours d'eau du bassin Loire Bretagne (article L. 214-17 du code de l'environnement)* - FREAL Pays de la Loire.

ANONYME. 2013 - *Gestion physique des cours d'eau et restauration de la continuité écologique : rétrospective et contexte actuel*

BACH (Jean-Michel), PAROUTY (Timothé), LEON (Cédric), SENECAL (Angéline), PORTAFAIX (Pierre), CLOASTRE (Thomas), DEFOURS (Anthony) et BAISEZ (Aurore). 2015 - *Recueil de données biologiques 2014 sur les poissons migrateurs du bassin Loire.* - Rapport d'activité, Association LOGRAMI. - 291p.

BACH (Jean-Michel), PAROUTY (Timothé), LEON (Cédric), SENECAL (Angéline), PORTAFAIX (Pierre), CLOASTRE (Thomas), JEGO (Yannick), KORDEK(Juliette), RIMBERT (Lény) et BAISEZ (Aurore). 2016 - *Volet scientifique : Suivis biologiques des populations de poissons grands migrateurs, ANNEE 2015* - Rapport d'activité du PROGRAMME DE RECHERCHES APPLIQUEES EN FAVEUR DES POISSONS MIGRATEURS, Association LOGRAMI, 203p.

BAGLINIERE (J.L) et ELIE (P). 2000 - *Les Aloses (Alosa alosa et Alosa fallax spp.).* – Paris : INRA. – 275 p.

BAUDAIS (M.J). 2003 - *Cartographie et estimation des surfaces potentielles pour la reproduction des Aloses, lamproies marines et truite de mer sur l'axe Vienne-Clain en amont de Châtellerault* – Université de Tours. - 54 p + annexes cartographiques.

BAUDOIN (J.M), BURGUN (V), CHANSEAU (M), LARINIER (M), OVIDIO (M), SREMSKI (W), STEINBACH (P) et VOEGTLE (B). 2014.- *Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes.* - Onema. - 200 p.

BECKER (Geoffrey). 2012. - *Analyse de précision d'un lever bathymétrique de gravière.* - Mémoire de soutenance de diplôme d'Ingénieur INSA. – 58 p.

BELAUD (A), CARETTE (A), CASSOU-LEINS (F) et CASSOU-LEINS (JJ). 2001 – *Choix des sites de fraie par la grande Alose (Alosa alosa L.) en moyenne Garonne*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 362/363 : 869-880.

CASSOU-LEINS (JJ) et CARETTE (A). 1992 – *Suivi de la réserve d'alose d'Agen. Année 1992*. - ENSA Toulouse Lycée Agricole Montauban-Direction Départementale de l'Equipement Agen. - 6 p.

CE3E SOCIETE DE CONSEIL, D'ETUDES TECHNIQUE ET D'INGENIEURIE EN GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT. 2014 - *Etude du devenir des ouvrages hydrauliques sur le Clain de Sommières du Clain à Cenon sur Vienne et sur la Dive du Sud. Phase 1 : Etat des lieux et pré-diagnostique. Atlas des fiches ouvrages.* – Conseil Général de la Vienne.

CELLULE D'ANIMATION DU SCEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DU CLAIN. 2012 - *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin du Clain. Etat des lieux des pratiques et pressions agricoles. Approche sociologique du monde agricole*. – 116 p.

CHAPON (P.M). 1991 - *Potentialités naturelles de la Gartempe pour le saumon atlantique (Salmo salar L.).* - 72 p. + annexes. (Mémoire de DDA Génie de l'environnement)

COLLIN (S). 2010 - *Fiche complète de description des Aloses* – Observatoire de poissons migrateurs Bretagne.

COUDERC (Jean-Marie). 1999 - *L'arasement du barrage de Maisons-Rouges (Indre-et-Loire) en 1998*. - p. 629-636

DEMERS (Alain) et Arvisais (Martin). 2011 - *Guide de normalisation des inventaires bathymétriques.* - Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats (DEFH). – 33 p.

DIREN PAYS-DE-LA-LOIRE ET BASSIN LOIRE-BRETAGNE, ONEMA et LOGRAMI. 2009 - *Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin de la Loire, des côtiers vendéens et de la sèvre niortaise 2009-2013*. – 86 p.

DOCKER (M. F). 2014 - *Lampreys: Biology, Conservation and Control* (Vol. 1). Springer.

DOUCHEMENT (C). 1981 - *Les Aloses des fleuves français Alosa fallax (Lacepède, 1803) et Alosa alosa (Linné, 1758)* - Biométrie, Ecobiologie, autonomie des populations. - U.S.T.L. Montpellier. - 377p. (Thèse 3ème Cycle)

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.

GROUPE DE TRAVAIL 'QUALITE DE L'INFORMATION'. 2008 - *Recommandations pour la conduite d'un levé bathymétrique réalisé dans le domaine portuaire, côtier ou fluvial.* – Association pour la Promotion de l'HYdrographie (APHY). – 28 p. + Annexes

GRUAU (E). 2014 – *Synthèse des tolérances à la température, au pH, à la concentration en oxygène dissous, à l'ammoniaque et aux nitrites des aloses et de la lamproie marine*. – Université de Tours, IMACOF. – 38 p

KEITH (P), PERSAT (H), FEUNTEUN (E) et ALLARDI (J). 2011 - *Les poisons d'eau douce de France*. - Paris : Biotope et Muséum national d'histoire naturelle. - 552 p. (collection Inventaires et biodiversité)

MALAVOI (J-R). 2003 - *Stratégie d'intervention de l'Agence de l'Eau sur les seuils en rivière*. *Agence de l'Eau Loire Bretagne*

MENESSON-BOISNEAU (C) et BOISNEAU (P). 1990 - *Migration, répartition, reproduction, caractéristiques biologiques et taxonomie des Aloses (Alosa sp.) dans le bassin de la Loire*. - Université. Paris XII Val de Marne et Rennes I / INRA Rennes. - 143p. + annexes. (Thèse de doctorat).

MESNIER (Pierre), LEON (Cédric), PAROUTY (Timothé) et BAISEZ (Aurore). 2011 - *Etude des potentialités d'accueil du bassin de la Besbre vis-à-vis des espèces migratrices*. – LOGRAMI – 48 p.

MORANDEAU (P). 1971 - *Etude hydrobiologique et physico-chimique du Clain. De Dissay à Cenon sur Vienne. Synthèse générale de l'étude.*

MORANDEAU (P). 1974 – *Etude de la qualité des eaux du bassin du Clain.*- Ministère de l'agriculture – 58 p.

POULLAIN (E). 2010 – *Acquisition et traitement de levés bathymétriques pour leur intégration à un modèle hydrodynamique de dispersion.* – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). – Rapport DEI/SECRE n° 10-00048. – 55 p.

PROVOST (C). 1999 – *Evaluation des potentialités des axes Vienne-Creuse-Gartempe pour les aloses (Alosa alosa et Alosa fallax) et la lamproie marine (petromyzon marinus). Impact de l'effacement du barrage de maisons rouges*. – Rapport de fin d'étude, IMACOF.

PUISSAUVE (R), LEGROS (B), EVANNO (G) et ACOU (A). 2015 - *Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Lamproie marine, Petromyzon marinus (Linnaeus, 1758)* - Service du patrimoine naturel du MNHN & Onema.

RAUTUREAU (Clément). 2015 - *Etude des potentialités du bassin de la Maine pour les poissons migrateurs.* - Ecole polytechnique de l'université François Rabelais de Tours. – 55 p.

ROBERT (Benjamin). 2012 - *Inventaire et caractérisation des ouvrages du bassin du Clain*. – 53 p.

STEINBACH (P). 1997 - *Situation des poissons migrateurs du bassin de la Loire, contrat retour aux sources actualisation 1996* - 110 p.

STEINBACH (P). 2001 - *Situation et restauration des populations de poissons migrateurs amphihalins dans le bassin de la Loire*. - Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture - p. (357-360), 263-276.

TAVERNY (Catherine) et ELIE (Pierre). 2010 - *Les lamproies de l'Europe de l'Ouest, Ecophases, espèces et habitats* – Versailles : Quae. - 111p.

Sites internet consultés :

Aquaportail, http://www.aquaportail.com/, consulté le : 15/03/16

INPN, https://inpn.mnhn.fr, consulté le 02/03/2016

LOGRAMI, http://www.logrami.fr/, consulté le 17/08/2016

Observatoire des Poissons Migrateurs en Bretagne, http://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/, consulté le 02/03/2016

Annexes

Annexe 1: Présentation de LOGRAMI

La structure

L'association a été créée en 1989 sous l'impulsion de l'ensemble des fédérations de pêche du bassin, des associations de pêcheurs professionnels.

Le décret du 16 février 1994, dit « décret amphihalin », a décentralisé la gestion des poissons migrateurs au niveau de chaque bassin fluvial sous la responsabilité des directions régionales de l'environnement. Parallèlement, chaque bassin versant français possède sa propre association « migrateurs » qui centralise les informations sur les poissons migrateurs pour accompagner les gestionnaires. Toutes sont fédérées au sein de la Fédération Nationale de la Pêche en France.

L'équipe de LOGRAMI se compose de 8 permanents. Le siège administratif est à Saint-Pourçain-sur-Sioule.

L'association LOGRAMI regroupe, sur l'ensemble du bassin de la Loire, 23 fédérations départementales de pêche et de protection du milieu aquatique. Cela représente près de 400 000 pêcheurs.

Les missions

L'objectif de l'association est la restauration des populations de poissons migrateurs du bassin de la Loire et de leurs milieux. Pour atteindre cet objectif, LOGRAMI mène à bien 3 missions principales :

La collecte et l'analyse des données



LOGRAMI développe la connaissance sur les poissons grands migrateurs en conduisant différentes études comme l'étude de la dynamique des populations, l'inventaire des frayères et l'évaluation de leur fonctionnalité, le suivi des migrations réalisé aux stations de comptage et par radiopistage, la numérisation des habitats…

La mutualisation de données et l'aide à la gestion

Afin de centraliser les données issues des études menées par tous les acteurs du bassin, LOGRAMI a proposé et développé dès 2001 les tableaux de bord.

Un tableau de bord est un outil d'aide à la décision conçu pour les gestionnaires. Il rassemble et classifie des informations sur l'état des populations de poissons migrateurs et l'état de leurs milieux. Ces informations sont présentées sous la forme d'indicateurs, qui permettent de suivre dans le temps la santé des espèces et d'évaluer l'impact des mesures de gestions.

L'information et la sensibilisation



Les poissons migrateurs font partie du patrimoine naturel mais ces espèces sont encore mal connues du grand public et parfois des usagers réguliers des cours d'eau. Pour y remédier, LOGRAMI s'investit dans la création et la diffusion d'outils pédagogiques à destination des scolaires et des familles.

Annexe 2 : Cycle biologique et répartition des Aloses

Cycle biologique des Aloses

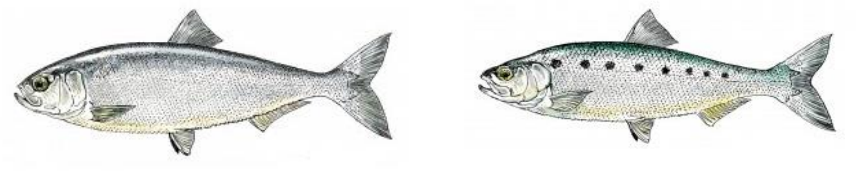


Figure 26 : Dessin de la grande Alose (à gauche) et de l'Alose feinte (à droite) (source LOGRAMI - Nowakowski)

Il existe deux espèces d'alose en France, la grande Alose ou Alose vraie (*Alosa alosa*, Linné 1758) et l'Alose feinte (*Alosa fallax ssp*, Lacépède, 1803). Elles font parties de l'ordre des Clupéiformes et de la famille Clupeidae. Leur famille est également représentée par des espèces très courantes comme la sardine et le hareng (Baglinière et Elie, 2000).

Ce sont des poissons caractérisés par un corps fusiforme et légèrement aplati. Leur tête est latéralement comprimée et leur bouche orientée vers le haut. Le ventre et les flancs sont argentés alors que le dos est bleuté à bleu foncé. Une nageoire dorsale courte est insérée au milieu du dos et la nageoire caudale est fourchue. Une ou plusieurs tâches noires ornent l'arrière de leur opercule comme on peut le voir sur la Figure 1 (Baglinière et Elie, 2000). La taille moyenne d'une grande Alose est de 54 cm pour un poids de 1,6 kg. Pour les Aloses feintes la taille moyenne est de 42 cm pour un poids de 0.7 kg.

La détermination des deux espèces repose sur des critères méristiques (variables numériques) dont un élément clé : le nombre de branchiospines présentes sur le premier arc branchial. Malgré un certain nombre de caractéristiques morphologiques et génétiques différentes (Tableau 16), cela n'empêche pas leur hybridation. En effet lorsque ces deux espèces sont bloquées en aval d'un obstacle au moment de la reproduction la superposition de leurs sites de frai entraine l'apparition d'une sous espèce issue de l'hybridation (Mennesson-Boisneau et Boisneau, 1990) qui présente des caractères morphologiques et biologiques intermédiaires.

Tableau 16 : Critères permettant la différenciation de la grande Alose et de l'Alose feinte (source Baglinière et Elie, 2000)

Critères	Alose feinte	Grade Alose
Branchiospines	> 90	< 60
Ecailles sur l'axe médian horizontal	75	56
Rayons sur la nageoire anale	22	20
Taches noires en arrière de l'opercule	1 tâche bien marquée	6 à 10
Disposition de l'écaillure	régulière	irrégulière

Le cycle biologique des aloses se déroule donc à la fois en mer, où a lieu la croissance, et en eau douce pour la reproduction.

Après la ponte le temps d'incubation des œufs est compris entre 3 à 8 jours avec une température de l'eau supérieure à 15°C. Après éclosion des œufs, les larves restent localisées autour de la zone de frai et se positionnent entre les cailloux. Cette phase larvaire dure environ 6 jours.

La métamorphose arrive 15 à 20 jours après la naissance et l'aloson acquiert rapidement la morphologie de l'adulte. Les alosons se déplacent alors activement et quittent la frayère en réalisant tout d'abord des déplacements transversaux puis des déplacements dans l'axe longitudinal du cours d'eau. La dévalaison est plus longue chez la grande Alose (3 à 6 mois) que chez l'Alose feinte (1 à 2 mois). Pour la grande Alose, la dévalaison s'effectue de la mi-août jusqu'en décembre et pour les Aloses feintes elle s'effectue entre juillet et septembre (Baglinière et Elie, 2000).

La croissance pour atteindre la taille adulte a lieu en mer. Elle dure de 2 à 6 ans pour les mâles et de 3 à 6 ans pour les femelles. Ces espèces ne sont pas solitaires et se rencontrent le plus souvent en banc (Baglinière et Elie, 2000).

Après la période de croissance, la migration anadrome des adultes débute en mars. L'activité migratrice semble dépendre du débit fluvial, de la température et des coefficients de marée. Elle augmente lorsque les températures de l'eau dépassent 12 à 13°C et elle diminue avec la température jusqu'à devenir nulle lorsque la température de l'eau descend en dessous de 11°C. D'après certains auteurs (Douchement, 1981) le phénomène de homing semble marqué chez la grande Alose bien qu'il se pourrait que ce phénomène ne soit que partiel. Les aloses cessent de s'alimenter dès le début de la migration (Baglinière et Elie, 2000).

La période de reproduction se situe entre la fin des mois de mars et d'août et elle est plus courte pour les Aloses feintes. La ponte est optimale lorsque la température de l'eau se situe entre 15°C et 20°C. Elle est interrompue en période de crue lorsque la vitesse du courant est supérieure à 2.5 m/s (Cassou-Leins et Carette, 1992).

A la tombée de la nuit, les reproducteurs se regroupent sur les habitats appropriés par groupe d'une dizaine d'individus. Durant la nuit les couples remontent à la surface, se positionnent face à face et tournent sur eux-mêmes en frappant violemment la surface de l'eau avec leur nageoire caudale, créant beaucoup de bruit et de remous. C'est pendant cette phase, appelée « bull » et illustrée par la Figure 27, que la femelle expulse ses œufs et que le mâle les féconde. La durée de ponte s'étend de 23 heures à 5 heures du matin, mais la période de plus forte activité se situe entre 2h30 et 2h45 du matin (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981 ; 1990 ; Bach, 2015). La durée totale de ponte au cours d'une nuit est plus longue chez la grande Alose que chez l'Alose feinte. Les œufs plus denses tombent et dérivent au fond

de l'eau jusqu'à se bloquer dans les galets (Baglinière et Elie, 2000). Chez la grande Alose la quasi-totalité des reproducteurs meurent directement après la fécondation. Alors que chez l'Alose feinte environ un tiers des reproducteurs peuvent se reproduire une deuxième fois et 8% une troisième fois (Mennesson-Boisneau et Boisneau, 1990).



Figure 27 : Photo de bull d'alose (LOGRAMI)

Répartition géographique des Aloses

La répartition actuelle des aloses en Europe est plus réduite que leur répartition originelle du fait des activités anthropiques (construction de barrages, dégradation de la qualité de l'eau, extraction de granulats…) (Baglinière et Elie, 2000). La grande Aloses est présente sur toutes les côtes Atlantiques de la Norvège au Maroc.



Carte 6 : Aire de répartition de la grande Alose (LOGRAMI)

Annexe 3 : Cycle biologique et répartition de la Lamproie marine

Cycle biologique de la Lamproie marine

Les lamproies ne sont pas considérées au sens strict comme des poissons, elles appartiennent aux agnathes, vertébrés les plus primitifs et à la famille Petromyzontiformes (Docker, 2015). Elles ne possèdent pas de mâchoires mais un disque buccal rond en forme de ventouse qui est adapté à la succion. Elles n'ont pas non plus d'écailles mais leur peau sécrète un mucus abondant. Leur corps est anguilliforme avec une ou deux nageoires dorsales comme représenté sur la Figure 3. Elles sont jaunâtres, marbré de brun ou de noir sur le dos avec une partie ventrale plus claire. On les reconnait aussi grâce à leurs sept paires de sacs branchiaux ouverts par des pores externes et internes (Taverny et Elie, 2010).

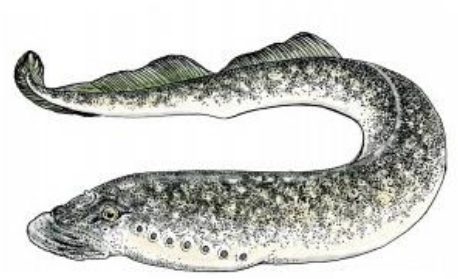


Figure 28 : Dessin de Lamproie marine (LOGRAMI - Nowakowski)

Ils existent trois espèces de lamproies dans l'Ouest de l'Europe qui sont *Petromyzon marinus* : la Lamproie marine, *Lampetra fluviatilis* : la Lamproie fluviatile et *Lampetra planeri* : la Lamproie de planer. La Lamproie marine ainsi que la Lamproie fluviatile sont des espèces migratrices anadromes amphihalines. La distinction entre les différentes espèces se fait d'après la taille du corps et le nombre ainsi que la disposition des denticules. Dans cette étude nous nous intéresserons seulement à la Lamproie marine. Elle a une taille moyenne comprise entre 73 et 80 cm et un poids moyen compris entre 0,9 et 1,2 kg.

Comme pour les Aloses, le cycle biologique de la Lamproie marine se déroule à la fois en mer et en eau douce mais dans ce cas c'est la période de vie en rivière qui est beaucoup plus longue que la période de vie en mer.

L'éclosion des œufs se fait deux semaines après la ponte. Au bout de cinq à six semaines les larves quittent le nid pour s'enfouir dans les sédiments sablo-limoneux (Keith et al., 2011). Les larves appelées ammocètes n'ont pas de disque buccal et leurs yeux et leurs nageoires sont très peu développés. Elles vivent enfouies dans les sédiments et se nourrissent majoritairement de détritus organiques qu'elles récupèrent en filtrant l'eau (Docker, 2015 ; Taverny et Elie, 2010). Cette phase dure généralement de trois à huit ans (Taverny et Elie, 2010).

La métamorphose débute spontanément suite à une élévation de la température lorsque la larve possède assez de réserves en lipides. Les larves doivent avoir une longueur totale supérieure à 120 mm et un poids supérieur à 3 g. Cette phase débute en juillet et peut s'étendre jusqu'à décembre. Lors de cette métamorphose se forment les yeux, le disque buccal ainsi que les nageoires. On observe également des changements anatomiques tels que la réorganisation des systèmes digestifs, respiratoires et hépatiques (Taverny et Elie, 2010).

Après la métamorphose la Lamproie marine qui est une espèce amphihaline suit une migration de dévalaison jusqu'à la mer. C'est à ce moment-là qu'elle débute son alimentation en tant que parasite. Une fois fixée sur sa proie elle se nourrie du sang et des produits de dissolution des tissus. (Ducasse et Leprince, 1980)

Les facteurs déclenchants la reproduction sont la température de l'eau et les niveaux d'eau. La lamproie qui a cessé de se nourrir remonte les cours d'eau guidée par l'odeur de l'acide biliaire émis par les excréments d'ammocètes qui contient du sulfate de petromyzonol. La lamproie ne semble pas être soumise au phénomène de homing (Taverny et Elie, 2010). La période de migration s'étend du mois de décembre à fin juin début juillet avec un pic en mars et avril. Au cours de la maturation sexuelle les lamproies diminuent de taille et de poids.

La période de fraie se situe de mars à août lorsque la température de l'eau est comprise entre 15°C à 23°C. Les mâles arrivent les premiers et creusent un nid en forme de cuvette. Lors de l'accouplement la femelle se ventouse à un rocher en amont du nid et le mâle s'accroche sur sa tête. La ponte s'étale sur plusieurs jours. Les œufs, très nombreux, se collent sous les pierres du nid et les géniteurs meurent quelques jours après la reproduction (Taverny et Elie, 2010).

Répartition géographique

L'interruption des axes de migration et la dégradation de zones de frayères a entrainé la disparition de la Lamproie marine dans certains pays d'Europe (Suisse et République Tchèque) (Taverny et Elie, 2010). La Lamproie marine est présente dans tout l'Atlantique Nord et elle fréquente également la Baltique et les côtes méditerranées occidentales jusqu'aux pays de l'ex-Yougoslavie. En France on la rencontre dans la Loire, la Charente, la Gironde, l'Adour, le Rhône, le Nive, La Nivelle, l'Aude… (Taverny et Elie, 2010).



Carte 7 : Aire de répartition de la Lamproie marine (LOGRAMI)

Annexe 4 : Règlementations pour les Aloses et la Lamproie marine au niveau national, européen et mondial.

Aloses

Espèce évaluée sur Liste Rouge

Liste rouge mondiale de l'UICN	2008	Least Concern
Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine	2009	Vulnerable
Liste rouge européenne de l'UICN	2008	Least Concern

COMMUNAUTAIRE

Directive européenne dite **Directive Habitats-Faune-Flore** (Directive 92/43/CEE)	Annexe II et Annexe V

INTERNATIONAL

Convention de Barcelone : Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée	Annexe III
Convention de Berne : Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe	Annexe III
Convention OSPAR : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est (*uniquement pour Alosa alosa)*	Annexe V

NATIONALE

Liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire français national 1988 (attention particulière aux zones de frai)	Article 1

Lamproies

Espèce évaluée sur Liste Rouge

Liste rouge mondiale de l'UICN	2013	Least Concern
Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine	2009	Quasi-menacé
Liste rouge européenne de l'UICN	2008	Least Concern

COMMUNAUTAIRE

Directive européenne dite **Directive Habitats-Faune-Flore** (Directive 92/43/CEE)	Annexe II

INTERNATIONAL

Convention de Barcelone : Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée	Annexe III
Convention de Berne : Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (espèce protégée)	Annexe III
Convention OSPAR : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est (espèces marines menacées et/ou en déclin)	Annexe V

NATIONALE

Liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire français national (1988) Protection des œufs et des habitats	Article 1
Interdiction de destruction de frayères ou zone de croissance (1990)	Article L432-3 CE
Code rural (2003) L'utilisation des lamproies comme appât pour la pêche à la ligne et aux engins est interdite	Article R.236-49
Code de l'environnement (2008) La granulométrie nécessaire à la reproduction des trois espèces de lamproies doit être protégée de la destruction.	Arrêté ministériel AR. 432-1

Annexe 5 : Les mesures règlementaires sur la restauration de la continuité écologique

1851 : Circulaire ministérielle du 23 octobre 1851 à laquelle est annexé un règlement d'eau type à respecter comportant la disposition « passe à poisson » (elle ne sera appliquée que rarement, sur quelques cours d'eau fréquentés par de grands migrateurs tels que le saumon).

1865 : Loi du 31 Mai 1865 qui introduit la possibilité d'aménager des **échelles à poissons** sur les barrages des usines hydrauliques. Une première échelle à poissons à vue le jour en 1837.

1980 : Classement **« rivières réservées ».** Des sections de cours d'eau sont préservées de la construction de nouveaux aménagements hydroélectriques.

1984 : Loi « pêche ». Obligation d'**efficacité** des dispositifs de franchissement piscicole, obligation d'aménagement d'ouvrages dans les cinq ans qui suivent la publication d'un arrêté « espèces » sur les sections désignées.

2000 : La **Directive-cadre européenne sur l'Eau** consacre l'idée de la rivière «infrastructure écologique» fournissant des aménités. L'atteinte du **bon état écologique** est conditionnée par la restauration des processus hydromorphologiques.

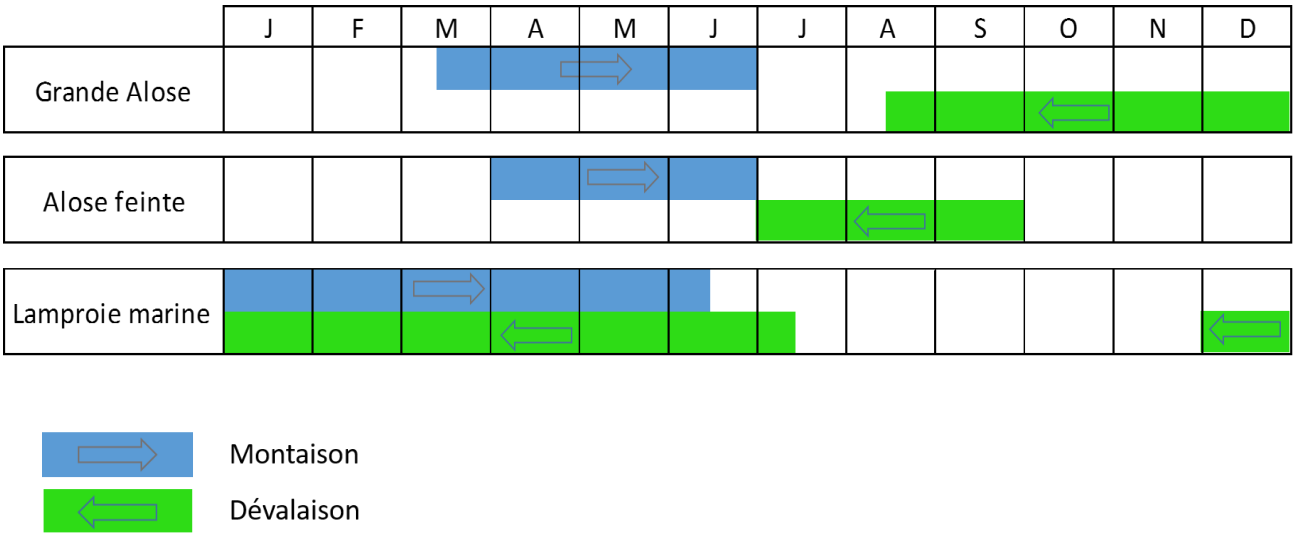
2006 : **Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques** (LEMA). Elle prévoit d'atteindre en 2015 l'objectif de **«bon état»** fixé par la DCE et de reconquérir la **qualité écologique** des cours d'eau. Les anciens classements ("cours d'eau réservés" au titre de la Loi de 1919 et "cours d'eau classés à migrateurs" au titre de l'article L 432-6 du code de l'environnement) sont remplacés par de nouveaux classements : **listes 1 et 2**. Les cours d'eau peuvent être classés dans les deux listes mais l'objectif recherché n'est pas le même. En liste 1 (d'application immédiate), il s'agira d'empêcher la création de nouveaux obstacles à la continuité écologique. En liste 2 (d'application différée : obligation de résultat 5 ans après la publication de la liste), il s'agira de restaurer la continuité écologique, pour le transport suffisant des sédiments et pour la circulation dans les deux sens de l'ensemble des espèces piscicoles migratrices, amphihalines et holobiotiques.

2009 : La loi de programmation du Grenelle de l'environnement fixe des objectifs de restauration de la continuité écologique par la mise en place des **Trames Vertes et Bleues**. L'engagement 114 du Grenelle (restauration des continuités pour les écosystèmes d'eau douce) indique des objectifs précis. Sur le bassin Loire-Bretagne, par exemple, 400 ouvrages ont été désignés comme prioritaires d'ici 2012 et 600 d'ici 2015.

2009 : Lancement du **Plan National de Restauration de la continuité écologique**

2010 : Circulaire du 25 janvier 2010 qui précise les modalités de mise en œuvre par l'État et ses établissements publics du plan d'action de restauration de la continuité écologique.

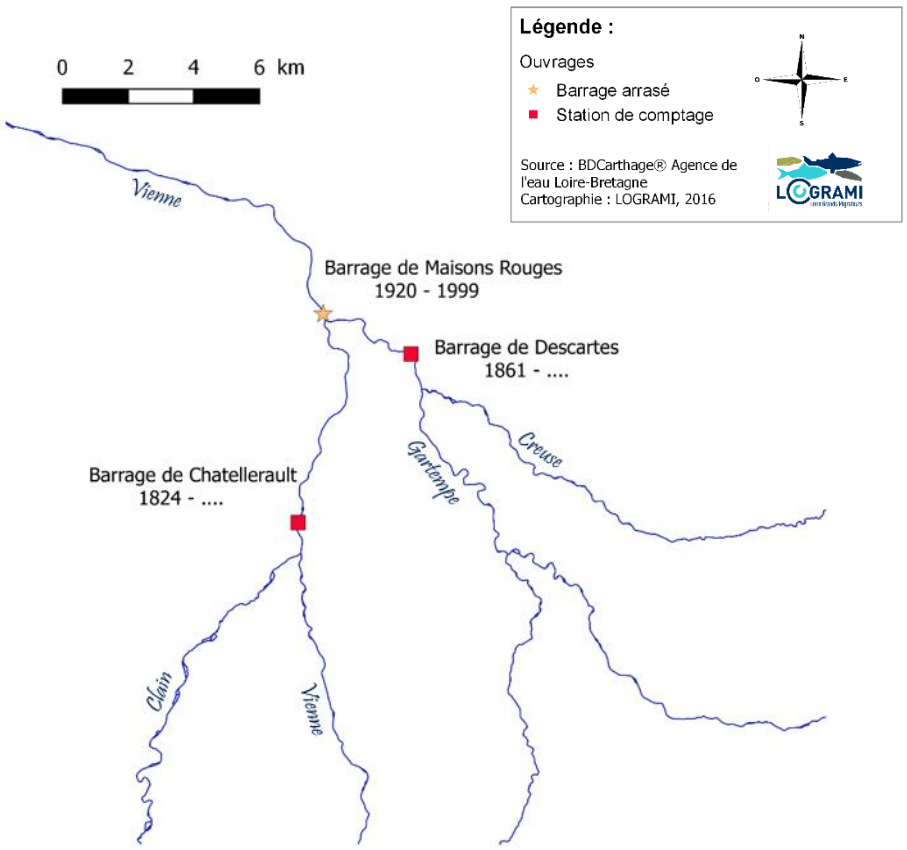
Annexe 6 : Etalement des flux migratoires pour les Aloses et la Lamproie marine



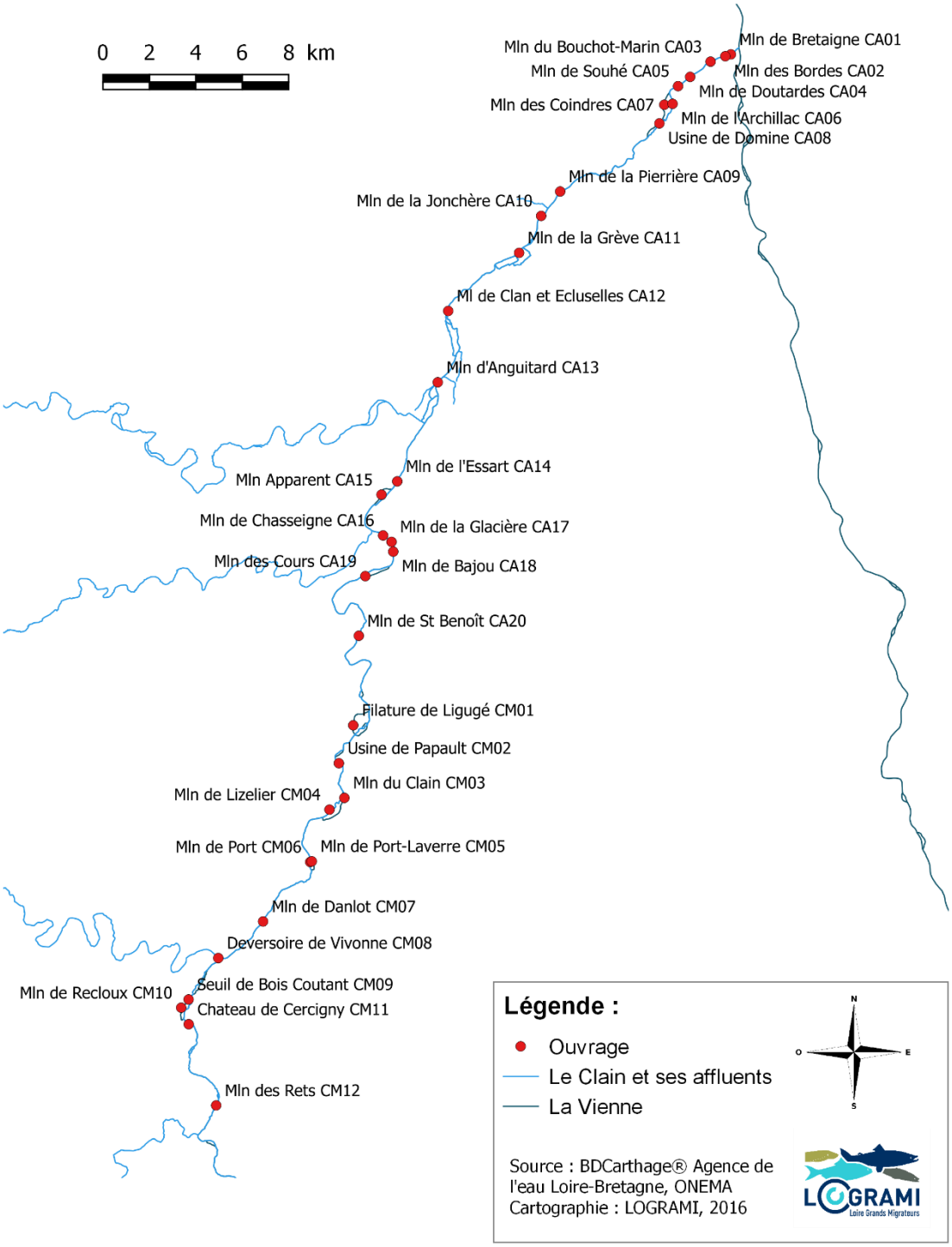
Annexe 7 : Capacité de franchissement des espèces cibles (Baudoin et al., 2014)

Espèce cibles	Capacité de saut	Capacité de nage (vitesse de pointe)	Lame d'eau nécessaire sur l'ouvrage
Aloses	< 20 cm	4.3 m/s (Franchissement jet de surface)	> 0.15 m
Lamproie	Cette espèce nage ou se ventouse sur le fond	3.8 m/s	> 0.10 m

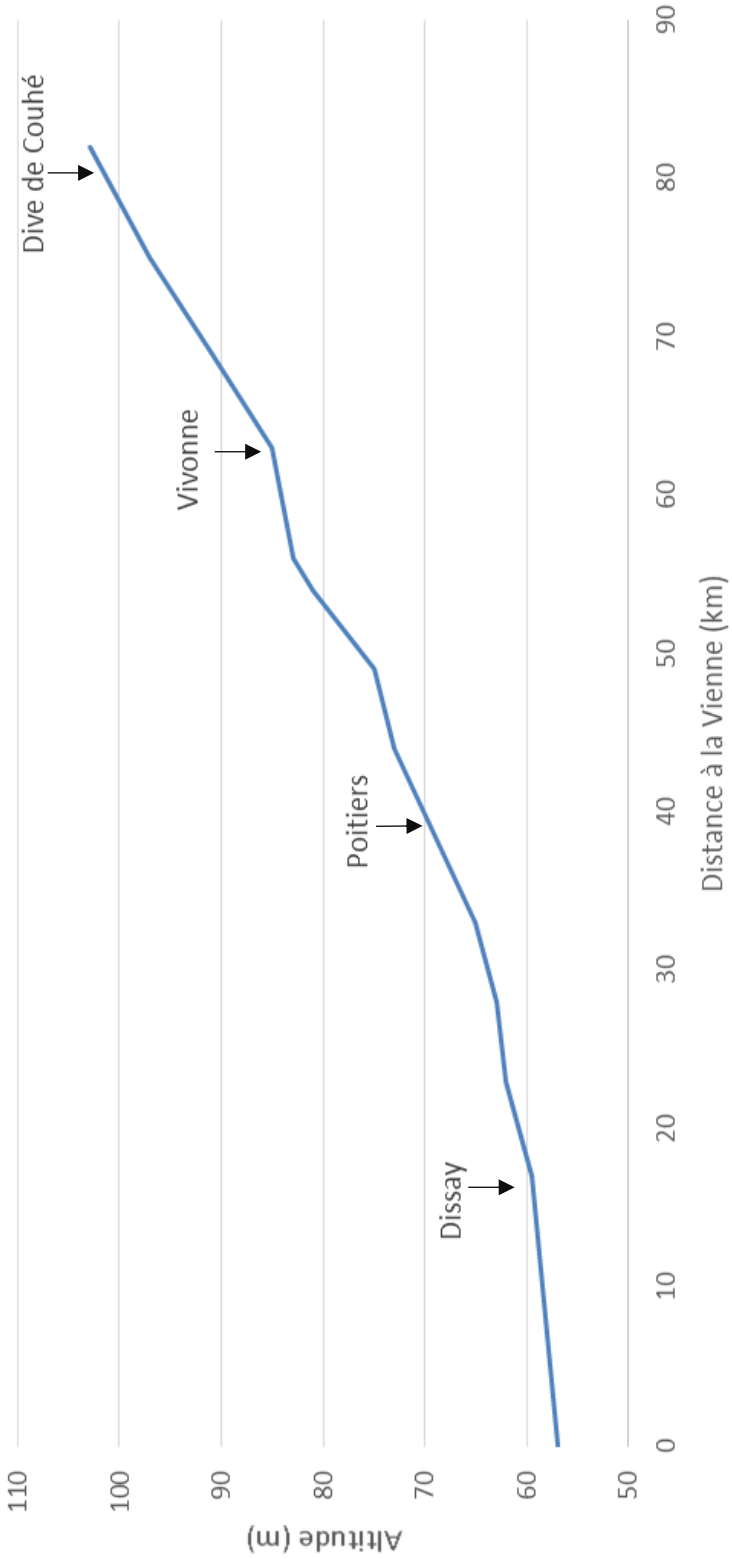
Annexe 8 : Stations de comptage sur le bassin de la Vienne



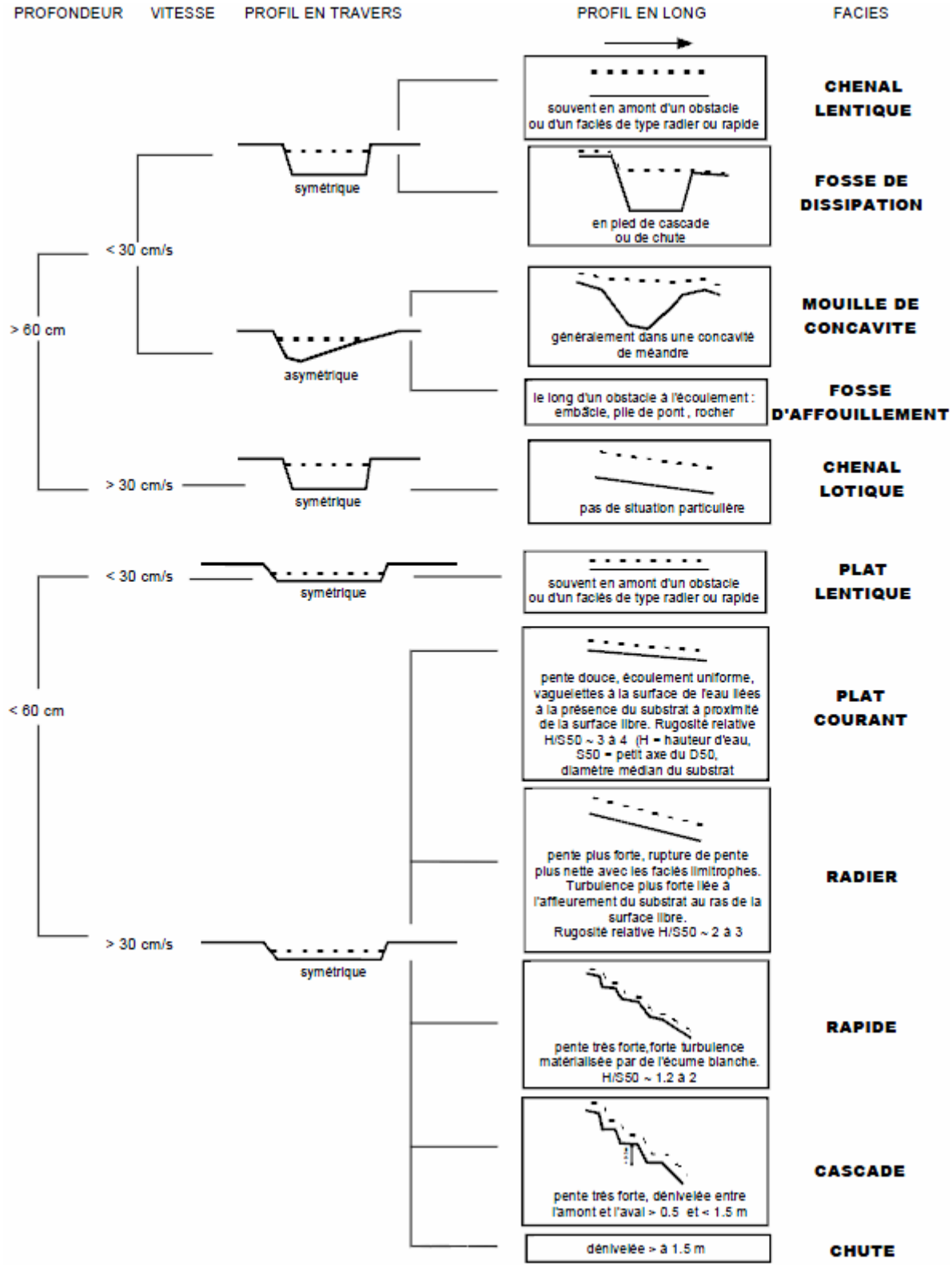
Annexe 9 : Répartition des 32 ouvrages sur la zone d'étude



Annexe 10 : Pente du Clain sur la zone d'étude en 1974



Annexe 11 : Clé de détermination des faciès d'écoulement



Annexe 12 : Tableau des caractéristiques des ouvrages de la zone d'étude

Code	Ouvrage	Franchis-sabilité	Priorité Grenelle	Type d'ouvrage	Légalité de l'ouvrage	Etat de l'ouvrage	Usages actuels	Enjeux écologiques	Hauteur de chute	Hauteur de chute après arasement	Linéaire influencé par l'ouvrage	Distance à la Vienne (km)
CA1	Moulin de Bretaigne	1		Déversoir	Fondé en titre	Vétuste	Canoës, pêche, agrément	Moyens	0,14	0	640	0,5
CA2	Moulin des Bordes	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	Canoës, arrêt activité meunerie 2002	Forts	1,25	0,75	377	0,9
CA3	Moulin du Bouchot-Marin et Coutellerie	1		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, habitation	Moyens	1,4	0,7	1200	1,4
CA4	Moulin de Doutardes et Chézelles	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, agrément, locations	Moyens	1	0,2	575	2,7
CA5	Moulin de Souhé	1	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	/	/	1,16	/	/	/
CA6	Moulin de l'Archillac	2		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste à délabré	canoës, pêche, habitation	Moyens	0,5	0	360	4,3
CA7	Moulin des Coindres	5		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste à délabré	canoës, pêche, habitations, agrément	Faibles	1,59	1,57	675	4,3
CA8	Usine de Domine	5		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Bon à Vétuste	canoës, pêche, habitation	Forts	1,05	1,05	1500	5,4
CA9	Moulin de Pierrière	5	X	Déversoir + Vannes + Clapet		Vétuste	canoës, agrément (roue)	Forts	2,03	1,03	1600	11
CA10	Moulin de la Jonchère	0		Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, bâtiments délabrés	Forts	0,23	0	0	12,8
CA11	Moulin de la Grève	4	X	Déversoir + Clapet	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche	Forts	1,34	0,24	3600	14,7

CA12	Moulin de Clan et Ecluselles	4	X	Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Vétuste à délabré	canoës, pêche, habitation	Forts	1,5	1,45	1000	19
CA13	Moulin d'Anguitard	3		Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Bon à Vétuste	canoës, pêche	Forts	1,9	1	4580	23
CA14	Moulin de l'Essart	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	Site inscrit à proximité, locations	Forts	1,7	1	1110	28
CA15	Moulin Apparent	1	X	Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Vétuste	Site inscrit, znieff, ens, habitations	Forts	1	0	2365	29
CA16	Moulin de Chasseigne	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, habitation	Moyens	0,55	0,5	500	31
CA17	Moulin de la Glacière	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, restaurant	Forts	1,25	0,8	470	32
CA18	Moulin de Bajou	0		Déversoir		Vétuste	canoës, pêche	Faibles	0,3	0,3	250	32
CA19	Moulin des Cours et scierie de Tison	5	X	Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Bon à Vétuste	Pêche, habitation	Forts	1,02	0,52	900	34
CA20	Moulin de Saint Benoît	4	X	Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Bon à Vétuste	canoës, pêche, znieff, ens	Forts	1,42	0,72	2500	39
CM1	Filature de Ligugé	5	X	Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Bon à Vétuste	canoës, pêche, réhabilitation bati	Forts	2,5	2	2000	45
CM2	Usine de Papault	5	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	Pêche, projet mise en place turbines	Forts	2	2	1600	47
CM3	Moulin du Clain	4	X	Déversoir + Vannes		Vétuste	canoës, pêche, irrigation	Forts	1,25	0,75	1200	49
CM4	Moulin de Lizelier	0		Déversoir + Vannes		Vétuste	canoës, pêche, ens, habitation	Moyens	0,9	0	2940	50

CM5	Moulin de Port-Laverré	5	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Bon	canoës, ens, chambre d'hôtes	Forts	2,0	1,0	600	53
CM6	Moulin de Port	5		Déversoir + Vannes + Clapet	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, ens, habitation	Forts	1,4	0,8	1338	53
CM7	Moulin de Danlot	4	X	Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Vétuste	canoës, pêche, habitation	Forts	1,2	0,8	3000	57
CM8	Déversoire de Vivonne	3		Déversoir		Bon	canoës	Moyens	1,6	1,2	600	59
CM9	Seuil de bois Coutant	0		Déversoir	Aucun droit	Vétuste	canoës, pêche, znieff, ens, habitation	Forts	0,4	0	535	61
CM10	Moulin de Recloux	2		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Ruiné	canoës, habitation	Faibles	0,8	0	640	62
CM11	Château de Cercigny	4		Déversoir	Fondé en titre	Bon	canoës, pêche, habitation	Forts	0,7	0,45	400	63
CM12	Moulin des Rets	0		Déversoir + Vannes	Fondé en titre	Bon à Ruiné	canoës, pêche, habitation	Moyens	0,4	0	800	68

Annexe 13 : Analyse numérique des températures

Alose

	Montaison		Reproduction		Incubation		Stade larvaire	
	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne
Min	11.53	11.04	11.53	11.04	11.50	11.04	13.10	12.88
25%	13.56	13.37	15.09	14.42	15.38	14.61	15.66	14.90
Med	15.38	14.61	16.05	15.28	16.24	15.47	16.51	15.76
75%	16.24	15.57	17.00	16.24	17.38	16.52	18.05	17.00
Max	18.71	18.14	19.95	19.57	19.95	19.57	20.42	19.57
Nbre de données	1488	1488	1608	1608	1608	1608	1608	1608
T° Optimale	10 à 23		15 à 23		17 à 23		10 à 23	

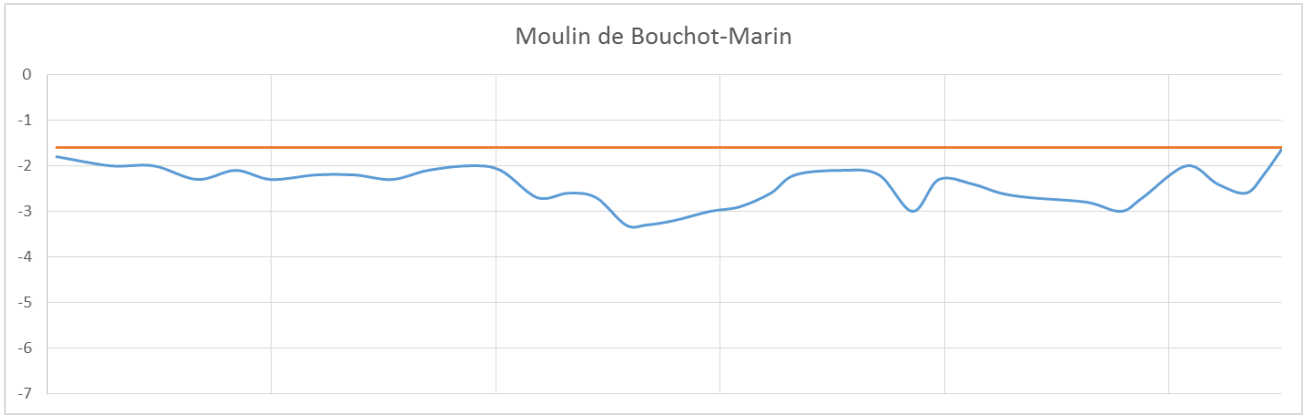
	Montaison		Reproduction		Incubation		Stade larvaire	
	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne
Inf à l'optimale	0 %	0 %	23.9 %	43.1 %	71.2 %	81.5 %	0 %	0 %
Optimale	100 %	100 %	76.1 %	56.9 %	28.8 %	18.5 %	100 %	100 %
Sup à l'optimale	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Lamproie

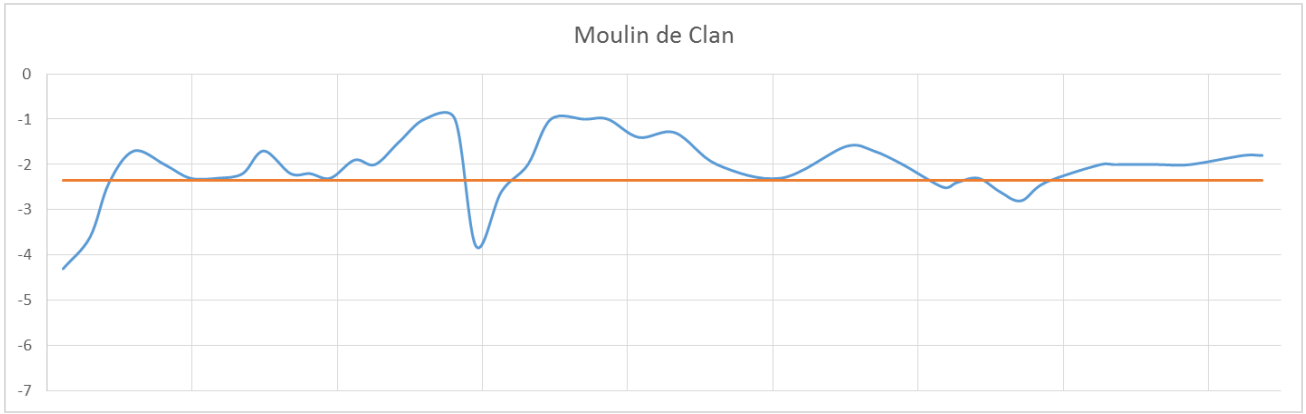
	Montaison		Reproduction		Incubation		Stade larvaire	
	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne
Min	11.50	10.94	11.53	11.04	11.53	11.04	15.19	14.80
25%	13.10	12.69	14.04	13.75	15.66	14.90	17.76	16.62
Med	14.10	13.85	15.86	15.00	16.52	15.86	18.81	17.60
75%	15.90	15.00	16.81	16.05	18.43	17.19	20.42	19.20
Max	17.38	16.52	19.95	19.57	20.81	19.57	22.05	20.71
Nbre de données	1320	1320	1848	1848	1824	1824	1368	1368
T° Optimale	10 à 18		15 à 19		15,5 à 21		15,5 à 22	

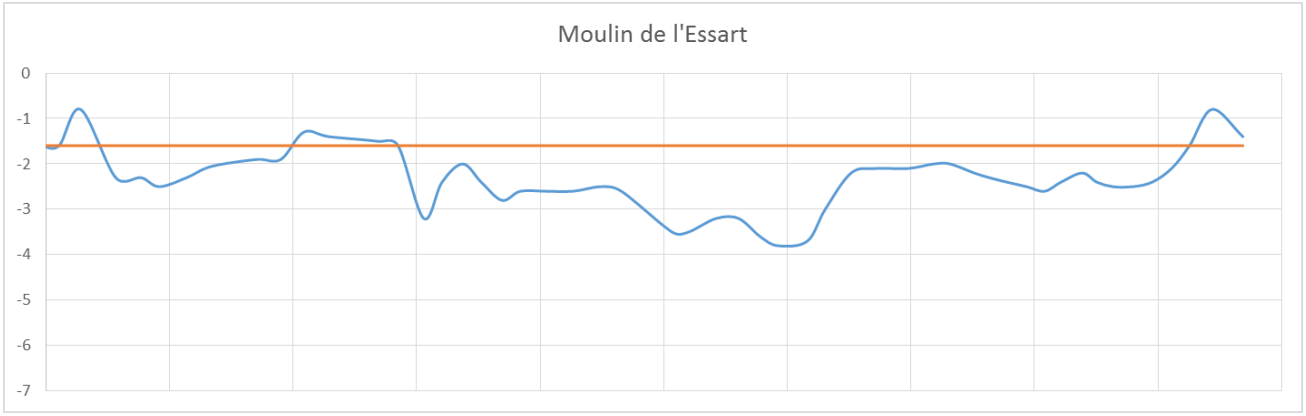
	Montaison		Reproduction		Incubation		Stade larvaire	
	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne	Dissay	Vivonne
Inf à l'optimale	0 %	0 %	33.8 %	50.5 %	22.9 %	42.1 %	2.0 %	5.4 %
Optimale	100 %	100 %	62.4 %	47.8 %	77.1 %	57.9 %	97.9 %	94.6 %
Sup à l'optimale	0 %	0 %	3.8 %	1.7 %	0 %	0 %	0.1 %	0 %

Annexe 14 : Profils des retenues réalisés par échosondeur

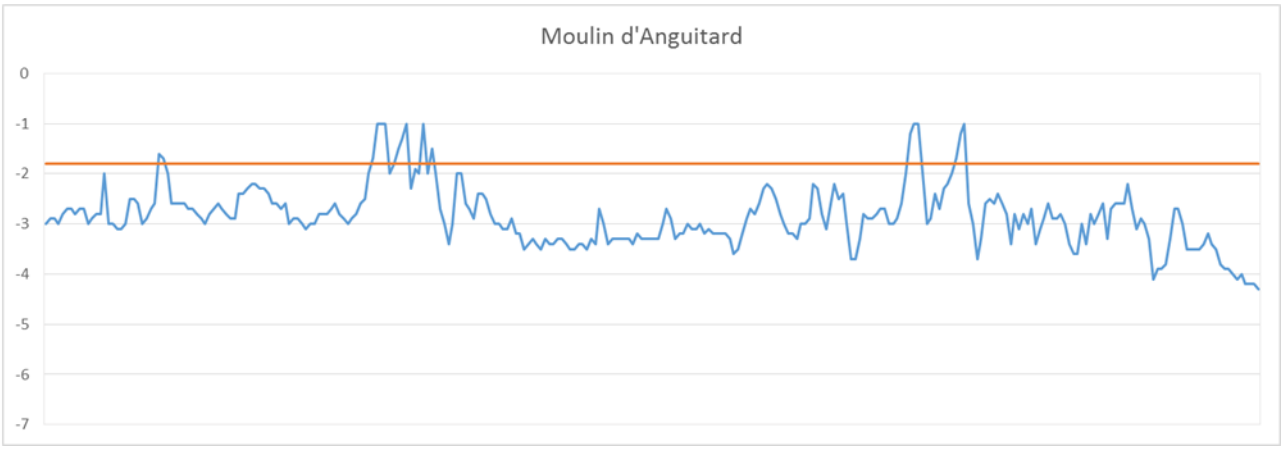









Moulin de Tison
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100


Moulin d'Anguitard
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7

Annexe 15 : Récapitulatif de la perte ou du gain d'habitats avant ou après arasement du Moulin du Clain en fonction des classes de hauteur d'eau.

	Greve zone 1		Greve zone 2		Greve zone 3		Greve zone 4	
	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2
Hors eau	0,0	0,0	5,9	190,0	13,0	343,2	24,1	642,1
0,06 à 0,0 cm	0,0	0,0	3,5	111,2	2,5	65,4	2,8	75,2
0,5 à 0,06 cm	3,1	121,4	18,2	581,8	10,1	265,9	15,8	421,3
0,96 à 0,5 cm	12,5	489,5	26,3	840,2	19,1	502,6	-1,8	-49,1
3 m à 0,96 cm	24,5	957,8	-42,5	-1355,6	-38,4	-1013,4	-36,6	-974,5
> 3 m	-40,1	-1568,7	-11,5	-367,6	-6,2	-163,6	-4,3	-115,1

	Greve zone 5		Greve zone 6		TOTAL
	%	m2	%	m2	m2
Hors eau	1,3	47,5	0,0	0,0	1222,7
0,06 à 0,0 cm	0,4	13,5	0,0	0,0	265,3
0,5 à 0,06 cm	15,9	596,7	0,9	23,0	2010,1
0,96 à 0,5 cm	19,6	733,2	34,9	886,4	3402,7
3 m à 0,96 cm	-34,8	-1306,1	-35,8	-909,4	-4601,3
> 3 m	-2,3	-85,0	0,0	0,0	-2299,9

	Clan	
	%	m2
Hors eau	0,0	0,0
0,06 à 0,0 cm	0,0	0,0
0,5 à 0,06 cm	0,0	0,0
0,96 à 0,5 cm	0,7	53,0
3 m à 0,96 cm	81,6	6325,6
> 3 m	-82,3	-6378,6

	Essart	
	%	m2
Hors eau	0,1	3,3
0,06 à 0,0 cm	0,0	1,0
0,5 à 0,06 cm	0,5	28,1
0,96 à 0,5 cm	1,4	75,4
3 m à 0,96 cm	30,5	1624,2
> 3 m	-32,5	-1732,0

	Clain zone 1		Clain zone 2		Clain zone 3		Clain zone 4		TOTAL
	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	m2
Hors eau	1,7	26,8	0,0	0,0	0,6	6,7	0,0	0,0	33,6
0,06 à 0,0 cm	1,7	26,1	0,0	0,0	0,2	2,6	0,0	0,0	28,7
0,5 à 0,06 cm	18,0	280,7	2,7	31,3	15,3	182,3	9,9	66,9	561,2
0,96 à 0,5 cm	8,3	129,0	6,0	68,6	17,6	208,9	33,9	229,0	635,5
3 m à 0,96 cm	-22,1	-343,8	-8,6	-98,9	-33,7	-400,3	-43,8	-295,9	-1138,9
> 3 m	-7,6	-118,9	-0,1	-1,0	0,0	-0,3	0,0	0,0	-120,1

Annexe 16 : Tronçons inter-ouvrages

		Surface frayère potentielle à Alose (en m²)		Surface frayère potentielle à Alose (en %)		Surface frayère potentielle à Lamproie (en m²)		Surface frayère potentielle à Lamproie (en %)	
Numéro	NOM	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
01	Moulin de Bretaigne - Moulin des Bordes	0	0	0	0	0	0	0	0
02	Moulin des Bordes - Moulin du Bouchot-Marin	0	0	0	0	0	0	0	0
03	Moulin du Bouchot-Marin - Moulin de Doutardes	0	0	0	0	0	0	0	0
04	Moulin de Doutardes - Moulin de Souhé	0	0	0	0	142	142	0	0
05	Moulin de Souhé - Moulin de l'Archillac et Moulin des Coindres	578	578	13	12	0	2029	0	2
06	Moulin de l'Archillac et Moulin des Coindre - Usine de Domine	2882	2882	66	58	656	9317	2	11
07	Usine de Domine - Moulin de la Pierrière	897	1470	21	30	10506	24702	26	29
08	Moulin de la Pierrière - Moulin de la Jonchère					0	0	0	0
09	Moulin de la Jonchère - Moulin de la Grève					3721	6940	9	8
10	Moulin de la Grève - Moulin de Clan et Ecluselles					1424	1424	4	2
11	Moulin de Clan et Ecluselles - Moulin d'Anguitard					5309	8617	13	10
12	Moulin d'Anguitard - Moulin de l'Essart					1785	5263	4	6
13	Moulin de l'Essart - Moulin Apparent					2743	5209	7	6
14	Moulin Apparent - Moulin de Chasseigne					622	1308	2	2

15	Moulin de Chasseigne - Moulin de la Glacière					551	1652	1	2
16	Moulin de la Glacière - Moulin de Bajou					0	450	0	1
17	Moulin de Bajou - Moulin des Cours					0	2254	0	3
18	Moulin des Cours - Moulin de Saint-Benoit					562	1052	1	1
19	Moulin de Saint-Benoit - Filature de Ligugé					9320	11554	23	13
20	Filature de Ligugé - Usine de Papault					0	0	0	0
21	Usine de Papault - Moulin du Clain					0	0	0	0
22	Moulin du Clain - Moulin de Lizelier					752	1757	2	2
23	Moulin de Lizelier - Moulin de Port et Moulin de Port-Laverré					261	261	1	0
24	Moulin de Port et Moulin de Port-Laverré - Moulin de Danlot					0	0	0	0
25	Moulin de Danlot - Deversoire de Vivonne					0	0	0	0
26	Deversoire de Vivonne - Seuil de Bois Coutant					1335	1597	3	2
27	Seuil de Bois Coutant - Moulin de Recloux					181	181	0	0
28	Moulin de Recloux - Château de Cercigny					0	247	0	0
29	Château de Cercigny - Moulin des Rets					0	0	0	0
30	Moulin des Rets - Confluence avec la Dive de Couhé					200	585	0	1
	TOTAL	4357	4930	100	100	40070	86539	100	100