ETUDE DE DEFINITION DES PROJETS DE RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR LA MAYENNE DANS LE MAINE-ET-LOIRE

Rapport de phase 3

Site de Chenillé-Changé

41747 | Octobre 2019 | JID

Etude financée par :

16 Boulevard de l'Ecce Homo
49100 ANGERS
France
Email : hydratec.angers@hydra.setec.fr
T : 02 41 57 98 79

Directeur d'affaire : CTB
Responsable d'affaire : JID
N°affaire :41747
Fichier :

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	08/04/2019	JID		81 + Annexes	
2	24/06/2019	JID		83 + Annexes	
3	30/09/2019	JID		83 + Annexes	
4	04/12/2019	JID		83 + Annexes	

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 10
1.1 Contexte Général de l'étude 10
1.2 Caractéristiques générales des sites d'étude déjà identifiées 11
1.3 Approche globale de la problématique de restauration de la continuité écologique sur l'ensemble des sites 12
1.4 Typologies d'aménagements envisageables par site 14
1.5 Objectifs de l'étude 15
1.6 Déroulement de l'étude 15
2 PREAMBULE A LA PHASE PROJET 16
2.1 Nature du présent document 16
2.2 Données d'entrée au projet 16
2.2.1 Données existantes fournies par le maitre d'ouvrage 16
2.2.2 Données collectées dans le cadre de l'étude 17
2.2.3 Reconnaissances de terrain 19
2.2.4 Rencontres et entretiens 19
2.3 Rappels concernant la situation du site de Chenillé-Changé et ses ouvrages hydrauliques 20
2.3.1 Situation géographique du site de Chenillé-Changé 20
2.3.2 Description synthétique du site de Chenillé-Changé 22
3 DESCRIPTION DU PROJET 25
3.1 Préambule 25
3.2 Consistance générale des travaux 25
3.3 Description générale des dispositifs de franchissement piscicoles envisagés 27
3.3.1 Passes à macrorugosités 27
3.3.2 Passes à anguilles 30
3.4 Critères généraux de conception du dispositif de franchissement piscicole 32
3.4.1 Hydrologie (rappel) 32
3.4.2 Loi Cotes/débits de projet en aval du site de Chenillé-Changé 34
3.4.3 Espèces cibles dimensionnantes 34
3.4.4 Positionnement des dispositifs de franchissement piscicole équipant le déversoir 39
3.4.5 Critères de dimensionnement hydraulique généraux 39
3.4.6 Critères piscicoles 41
3.5 Loi de dimensionnement du dispositif de franchissement piscicole et méthodologie pour l'estimation des impacts hydrauliques 42
3.5.1 Loi d'écoulement utilisée pour le dimensionnement de la passe à macrorugosités 42

3.5.2 Méthodologie de calcul des impacts hydrauliques 43
3.6 Principes de dimensionnement et de fonctionnement des dispositifs de franchissement piscicole 44
3.7 Dispositions constructives générales 51
3.7.1 Principe général de construction retenu pour la passe à macrorugosités 51
3.7.2 Travaux préparatoires 51
3.7.3 Travaux de démolition soignée 56
3.7.4 Travaux de construction de la passe à macrorugosités 58
3.7.5 Travaux de construction de la passe à anguilles 60
3.7.6 Travaux de finition 61
3.8 Moyens matériels et humains à mobiliser 62
3.9 Phasage des travaux 62
3.10 Représentation des aménagements 63
3.11 Modalités de mise en œuvre du projet 64
3.11.1 Dossier réglementaire préalable aux travaux 64
3.11.2 Maîtrise d'œuvre des travaux 64
3.12 Estimation financière des travaux 65
3.12.1 Méthodologie d'évaluation des coûts 65
3.12.2 Synthèse 66
3.12.3 Détail 66
3.12.4 Possibilités de financement des travaux 68
4 EVALUATION DES INCIDENCES DES MESURES DE RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE 70
4.1 Impacts des mesures sur la continuité piscicole 70
4.2 Impacts hydrauliques 70
4.3 Impacts des mesures sur le transit sédimentaire 73
4.4 Impacts des mesures sur le milieu 73
4.5 Impacts des mesures sur le paysage 73
4.6 Impacts des mesures sur les usages 74
5 MESURES CORRRECTIVES OU COMPENSATOIRES 75
6 PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'ENSEMBLE DES ACTIONS 76
6.1 Accords préalables 76
6.2 Informations des services 76
6.3 Communication avant travaux 76
6.4 Communication au cours des travaux 76
6.5 Limitation des nuisances du chantier 77
6.6 Ouvrages d'art et réseaux 77

6.7 Protection des biens et personnes 77
6.8 Respect du milieu 77
6.9 Propreté et remise en état des lieux 79
6.10 Surveillance des risques climatiques 79
7 MESURES DE CONTROLE, DE SURVEILLANCE, DE GESTION, ET D'ENTRETIEN 80
7.1 Préambule 80
7.2 Mesures de contrôle après travaux 80
7.3 Mesures de suivi biologique 80
7.4 Mesures liées à la surveillance des dispositifs de franchissement piscicoles 81
7.4.1 Visites de routines 81
7.4.2 Visites d'évaluation 81
7.4.3 Visites d'inspections détaillées 82
7.5 Mesures liées à la surveillance des ouvrages fixes (hors dispositifs de franchissement piscicoles) 83
7.6 Mesures liées à la surveillance des ouvrages mobiles 83
7.7 Mesures liées à la gestion des ouvrages mobiles 84
7.8 Actions d'entretien et de réparation 84
8 ANNEXES 85
8.1 Annexe 1 : Historique succinct du site de Chenillé-Changé 85
8.2 Annexe 2: Fiche de synthèse HYDRO – La Mayenne à Chambellay 86
8.3 Annexe 3 : Plans topographiques du site à l'état actuel 87
8.4 Annexe 4 : Plans de projet 88
8.5 Annexe 5 : Réponses des concessionnaires aux déclarations de Travaux 89
8.6 Annexe 6 : Rapport d'étude géotechnique de projet (G2) - SEMOFI 90

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Localisation des ouvrages de l'étude sur le cours de la Mayenne 12

Figure 2. Localisation du site de Chenillé-Changé à l'échelle du bassin versant de la Mayenne (Source : http://www.sagemayenne.fr/) 20

Figure 3. Localisation du site de Chenillé-Changé sur fond de plan IGN Scan 25 à l'échelle de la commune de Feneu (49) (Source : Géoportail) 21

Figure 4. Localisation du site de Chenillé-Changé sur fond de plan cadastral (Source : Géoportail) 21

Figure 5. Loi Cotes/Débits et répartition des eaux entre parties d'ouvrages en fonction du débit total de la Mayenne – Site de Chenillé-Changé 47

Figure 6. Accès au site de travaux en rive droite et stockage temporaire des matériaux 55

Figure 7. Localisation de l'ISDI la plus proche – Source : http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr 57

Figure 8. Localisation des stations de suivi hydrologique en temps réel sur le territoire Maine-Loire aval – Source http://www.vigicrues.gouv.fr/ 79

Tableau 1. Synthèse des réponses des concessionnaires de réseaux aux Déclarations de Travaux 17

Tableau 2. Description synthétique – Site de Chenillé-Changé 23

Tableau 3. Principales caractéristiques altimétriques et dimensionnelles des ouvrages sur le site de Chenillé-Changé 24

Tableau 4. Débits moyens mensuels, débits de références et débits classés estimés au droit du site de Chenillé-Changé sur la période 1965 - 2017 33

Tableau 5. Loi Cotes/Débits en situation de projet considérée en aval du site de Chenillé-Changé 34

Tableau 6. Description succincte des espèces visées par le classement du cours d'eau en liste 2 au titre du L214-17 du Code de l'Environnement 38

Tableau 7. Critères de dimensionnement hydraulique – Site de Chenillé-Changé 44

Tableau 8. Caractéristiques du dispositif de franchissement de type passe macrorugosités – Site de Chenillé-Changé 45

Tableau 9. Caractéristiques du dispositif de franchissement pour l'anguille – Site de Chenillé-Changé 46

Tableau 10. Lignes d'eau et répartition des eaux entre parties d'ouvrages en fonction du débit total de la Mayenne – Site de Chenillé-Changé 48

Tableau 11. Critères de fonctionnement hydrauliques et piscicoles de la passe macrorugosités – Site de Chenillé-Changé 50

Tableau 12. Calendrier proposé pour les travaux 63

Tableau 13. Synthèse des coûts estimatifs du projet 66

Tableau 14. Détail des couts estimatifs du projet 68

Tableau 15. Lignes d'eau et répartition des eaux en situation de projet pour les régimes ordinaires 71

Tableau 16. Impacts du projet sur la répartition des eaux et les niveaux d'eau en régime ordinaire 72

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Pour contribuer à la reconquête des milieux aquatiques et répondre à la réglementation en vigueur, le Département de Maine-et-Loire a sollicité l'Etablissement public Loire pour porter une étude préalable à la restauration de la continuité écologique de la Mayenne au droit des 8 ouvrages transversaux situés sur son cours (Domaine Public Fluvial) dans le département du Maine-et-Loire.

L'Etablissement public Loire a répondu favorablement à cette demande.

L'étude intervient en cohérence avec la politique de reconquête de la qualité de l'eau et des milieux menée à l'échelle du bassin versant, traduite à travers les documents de planification (SDAGE, SAGE) et opérationnels, ainsi que la réglementation récente en vigueur.

En effet, la Mayenne est classée depuis juillet 2012 en **liste 2** au titre de l'article **L214-17 du Code de l'Environnement** sur le secteur, ce qui signifie que les ouvrages transversaux qui s'y trouvent doivent faire l'objet d'actions permettant de rétablir efficacement la circulation des espèces migratrices (montaison et dévalaison) et le transit suffisant des sédiments.

La mise en conformité réglementaire des ouvrages passe également par la mise en œuvre de dispositifs et/ou modalités de gestion permettant le respect en tout temps du débit réservé sur le cours d'eau conformément à l'article **L214-18 du Code de l'Environnement**.

Le cours de la Mayenne apparaît sur ce secteur entièrement étagé par la succession des moulins au fil de l'eau qui le jalonnent.

Les seuils transversaux qui les composent relèvent artificiellement et significativement la ligne d'eau et ont très classiquement une influence jusqu'au moulin amont. En période d'étiage, la retenue normale d'un ouvrage fixe quasiment le niveau aval de l'ouvrage amont (pente de ligne d'eau quasi-nulle à bas débit entre deux ouvrages).

La succession des retenues sur le cours de la Mayenne permet à ce jour d'assurer le tirant d'eau nécessaire à un usage de navigation. La remise en question de cet usage n'est pas d'actualité. La restauration de la continuité écologique sur chaque site doit donc être envisagée à lignes d'eau amont/aval quasi-inchangées.

Il est à noter qu'une étude avait été portée par le Département en 2009 sur 4 des 8 sites de la présente étude.

La présente démarche est motivée par la volonté du Département d'étudier d'autres alternatives à celles précédemment proposées et d'étendre le programme d'aménagement à l'ensemble de ses ouvrages dans une logique d'action efficace et cohérente.

1.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES SITES D'ETUDE DEJA IDENTIFIEES

D'une façon générale, les ouvrages se présentent sous la forme de seuils transversaux d'orientation biaise par rapport au cours d'eau. Ils comportent systématiquement :

- **Une écluse** en rive droite à usage de navigation ;
- **Un à deux moulins** sur une ou chaque rive appartenant à des propriétaires privés (hormis le site de Montreuil-Juigné qui ne comporte plus de moulin) ;
- **Un pertuis de vidange** en extrémité amont ou aval des déversoirs, permettant notamment la réalisation d'écourues pour les opérations de contrôles et d'entretien des ouvrages par le Département.

Les hauteurs de chute sur chaque site sont modestes et varient entre **0.6 et 0.8 m** environ en régime ordinaire, hormis le site aval de Montreuil-Juigné qui a la particularité de présenter une hauteur de chute importante à l'étiage (**2 m environ**) et un marnage aval significatif en régime ordinaire. La ligne d'eau aval est quant à elle plus fortement dépendante du niveau de la Loire que du régime hydrologique de la Mayenne. La chute au droit de cet ouvrage peut alors être faible à quasi-nulle pour des régimes de moyennes à hautes eaux annuelles sur la Mayenne.

Du fait de l'étagement total du cours d'eau, et malgré l'orientation biaise des déversoirs, il peut être admis que le niveau en amont et aval de ces derniers est le même sur toute la largeur du cours d'eau et sur l'ensemble du bief, du moins pour les débits courants en dehors des crues où une pente de ligne d'eau non négligeable peut alors s'établir.

Les sites de Grez-Neuville, la Roussière et de Montreuil-Juigné ont la particularité de présenter des déversoirs secondaires alimentant des boires en dérivation du cours principal.

Sur les 8 ouvrages de l'étude, seuls les sites amont de Jaille-Yvon, Chenillé-Changé et Grez-Neuville ne sont pas équipés de dispositifs de type passes à ralentisseurs de fond.

Une étude de conception (PRO) en vue du rétablissement de la continuité piscicole a d'ores et déjà été réalisée sur ces mêmes sites en 2010 par le bureau d'études STUCKY.

La figure ci-après localise les différents ouvrages de la présente étude sur le cours de la Mayenne.

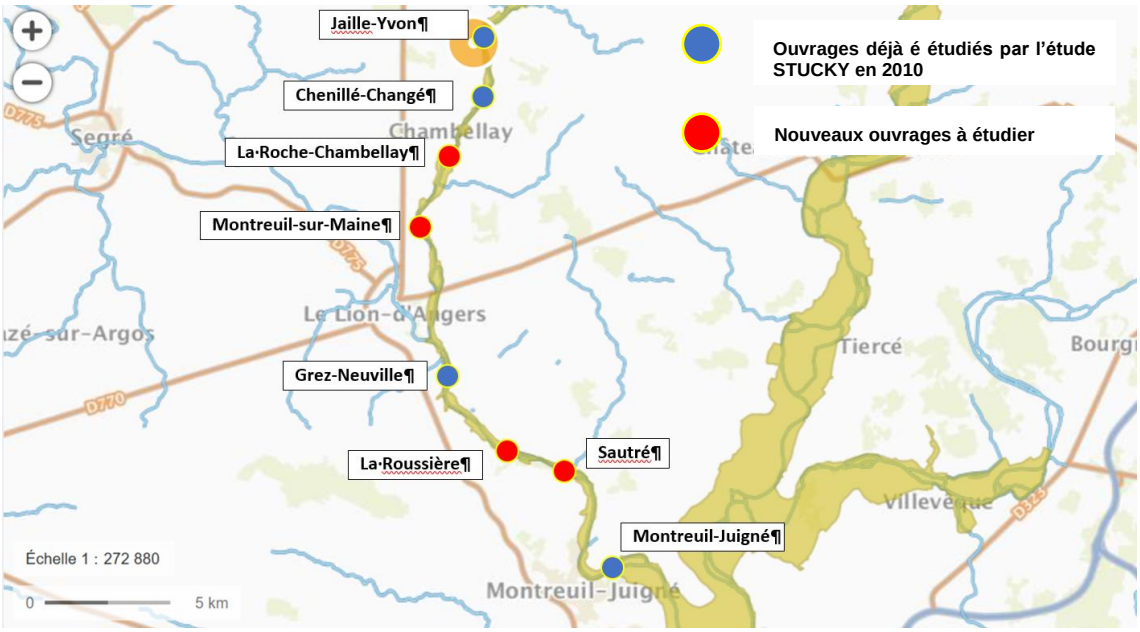


Figure 1. Localisation des ouvrages de l'étude sur le cours de la Mayenne

Il est à noter enfin que l'ensemble des sites se trouvent dans une zone à fort enjeu environnemental (sites NATURA 2000) et patrimonial (proximité de Monuments historiques inscrits des sites de Chenillé-Changé, Grez-Neuville, Sautret).

1.3 APPROCHE GLOBALE DE LA PROBLEMATIQUE DE RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE SUR L'ENSEMBLE DES SITES

Lorsqu'ils sont présents, les dispositifs de franchissement piscicoles équipant actuellement les seuils s'apparentent classiquement à des passes à ralentisseurs, faisant également office de passes à canoës. Ce type d'ouvrage est toutefois très sélectif et adapté uniquement à des espèces à fortes capacités de nage (grands salmonidés essentiellement). Des dispositifs ne sont donc pas suffisants pour assurer la circulation piscicole de façon satisfaisante pour les espèces visées par le classement en **liste 2** au titre de l'article **L214-17 du Code de l'Environnement**. Pour rappel, ces espèces sont récapitulées dans le tableau suivant.

Groupes d'espèces	Espèces amphihalines	Espèces holobiotiques
Espèces cibles au titre du L214-17 du Code de l'Environnement	anguille, grande alose, lamproie marine	brochet, vandoise, barbeau fluviatile, hotu

Il est à signaler que le site aval de Montreuil-Juigné comporte également une passe à pré-barrages dans la continuité aval d'une passe à ralentisseurs, qui ne peut toutefois être jugée pleinement fonctionnelle en régime de basses eaux (chutes interbassins trop importantes).

En l'absence de possibilités d'effacement ou d'arasement partiel envisageables (usage de navigation avéré et intangible sur le cours de la Mayenne), l'aménagement

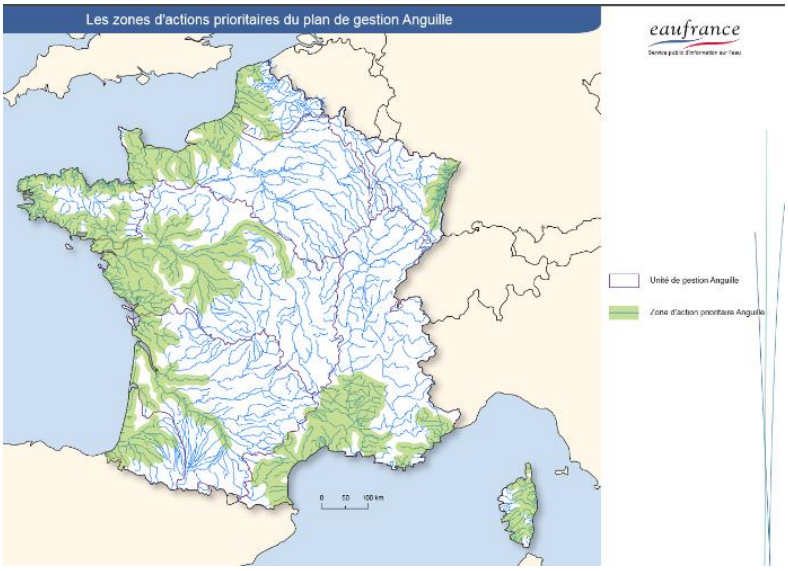
de nouveaux dispositifs de franchissements piscicoles, avec obligation de gestion et entretien à long terme, apparaît dès lors nécessaire sur chaque site.

Le choix et la conception de ces aménagements doit tenir compte notamment :

- **Du cortège d'espèces piscicoles déjà identifié**, et dont le franchissement des ouvrages apparaît nécessaire à l'accomplissement de leurs fonctions vitales ;
- **De l'envergure et de l'hydrologie du cours d'eau, de la configuration et du fonctionnement actuels des complexes hydrauliques :**
  - Connaissance des variations des lignes d'eau amont/aval ;
  - Connaissance de la distribution et de l'éloignement des voies d'eau conditionnant les sites d'attraits piscicoles potentiels;
- **Des contraintes et opportunités particulières propres à chaque site** pouvant conditionner le positionnement du ou des dispositifs et engager en cas de besoins la mise en œuvre d'aménagements d'accompagnements divers ;
- **Des possibilités de financement des opérations par le maître d'ouvrage des travaux, tenant compte notamment des possibilités d'accompagnement par les organismes publics.**

Concernant le premier point, le cortège d'espèce considéré par le classement en **liste 2** présente des capacités de nage bonnes à très bonnes (capacités de nages moyennes pour la vandoise) avec des besoins migratoires les plus forts concentrés sur la période hivernale (brochet, lamproie marine notamment) et surtout printanière (cyprinidés rhéophiles, grande alose, lamproie marine) ; hormis l'anguille dont les déplacements apparaissent plus étalés sur l'année et dont les capacités de nage en pleine eau sont plus limitées (capacités de reptation sur substrats humides et rugueux toutefois).

Il est à signaler que l'enjeu migratoire apparaît particulièrement important pour cette espèce (ouvrages inclus en Zone d'Action Prioritaire du plan de gestion anguille).



Concernant le second point, l'analyse de chaque site fait apparaître des voies d'eau et lieux d'attraits piscicoles potentiellement multiples et distants à l'échelle de chaque complexe hydraulique. Il peut alors s'établir une concurrence d'attrait piscicole au gré des variations hydrologiques saisonnières et des manœuvres d'ouvertures des ouvrages mobiles :

- **En période de basses eaux (période estivale à automnale généralement à plus faible enjeu migratoire):**

    - Site d'attrait constitué de façon très occasionnelle par le pertuis de vidange lorsqu'il est ouvert;
    - Site d'attrait en aval du ou des moulins en cas d'ouverture des ouvrages mobiles (sites de Chenillé-Changé et de La Roussière essentiellement) ;
    - Site d'attrait constitué par la pointe amont du déversoir principal lorsque les ouvrages mobiles sont fermés;
- **En période de moyennes eaux (période automnale et printanière à fort enjeu migratoire) :**
    - Site d'attrait partagé entre l'aval du ou des moulins, le pertuis de vidange et la pointe amont du déversoir principal en cas d'ouverture des ouvrages mobiles → **Concurrence d'attrait potentiellement maximale entre sites distants;**
    - Site d'attrait constitué par la pointe amont du déversoir principal lorsque les ouvrages mobiles sont fermés;
- **En période de hautes eaux annuelles (période hivernale à enjeu migratoire moyen à fort) :**
    - Site d'attrait plus généralement concentré en pointe amont du déversoir principal, que les ouvrages mobiles soient ouverts ou non (réduction de la part des flux dérivée par les ouvrages mobiles ouverts par rapport au débit de surverse sur le déversoir et par rapport au débit total du cours d'eau).

1.4 TYPOLOGIES D'AMENAGEMENTS ENVISAGEABLES PAR SITE

Compte tenu du cortège piscicole identifié, de l'envergure et de l'hydrologie du cours d'eau, des voies d'écoulements potentiellement multiples et distantes, et des hauteurs de chutes relativement modestes, les dispositifs de franchissements piscicoles à envisager doivent être multi-espèces, et laisser transiter des débits significatifs. Ainsi, il conviendra de privilégier des équipements de types passes à macrorugosités, passes à seuils déversants, ou rivières de contournement.

Le positionnement de ces aménagement est à privilégier lorsque c'est possible en pointe amont du déversoir principal et/ou secondaire :

- Zone(s) classiquement considérée(s) comme préférentielle(s) pour l'attractivité piscicole, les poissons ayant tendance à remonter le plus en amont possible en aval d'un obstacle ;
- Zone(s) plus facilement accessibles depuis la berge pour la construction et l'entretien ultérieur.

Compte tenu par ailleurs du fort enjeu migratoire pour l'anguille, il convient d'envisager la mise œuvre de dispositifs de franchissements spécifiques à cette espèce, dont le positionnement est à privilégier sur la rive opposée au dispositif de franchissement multi-espèces.

1.5 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les objectifs de l'étude sont de proposer, définir et comparer des solutions techniques permettant de rétablir la continuité écologique au niveau des 8 sites tout en tenant compte du patrimoine naturel, architectural et paysager et des usages actuels et/ou projetés associés.

L'étude doit apporter tous les éléments permettant de guider la réflexion du Département de Maine-et-Loire sur le choix des aménagements et modalités de gestion les plus appropriées pour répondre aux objectifs visés, et de mettre en œuvre les travaux retenus sur chaque site.

Il convient alors :

- De recueillir les éléments qui permettront d'analyser l'état des lieux, les enjeux, ainsi que les impacts des ouvrages sur le fonctionnement du cours d'eau avant de pouvoir concevoir les travaux nécessaires à la restauration de la continuité écologique du cours d'eau ;
- D'établir les scénarios d'interventions possibles et d'analyser leurs incidences ;
- D'assister le maître d'ouvrage dans la définition des besoins de reconnaissances et études géotechniques ;
- De définir et de chiffrer précisément la solution retenue au stade PROjet ;
- De réaliser les dossiers réglementaires préalables aux travaux.

1.6 DEROULEMENT DE L'ETUDE

Conformément au cahier des charges, le déroulement proposé pour l'étude est le suivant:

- **Phase 1 - Acquisition de données techniques de base et élaboration des scénarios (TRANCHE FERME) ;**

- **Phase 2 - Rédaction d'une note pour la réalisation d'étude géotechnique (TRANCHE FERME) ;**

- **Phase 3 – Projets**
  - Ouvrages de Sautret, La Roussière, Montreuil-sur-Maine et Roche-Chambellay **(TRANCHE FERME) ;**
  - Ouvrages de Montreuil-Juigné, Grez-Neuville, Chenillé-Chargé et Jaille-Yvon **(TRANCHES OPTIONNELLES)**.

- **Dossiers réglementaires (TRANCHE FERME).**

2 PREAMBULE A LA PHASE PROJET

2.1 NATURE DU PRESENT DOCUMENT

Le présent document constitue la synthèse du programme de travaux élaboré au stade PROjet sur le site de **Chenillé-Changé.**

Il présente :

- La définition technique et la mise en œuvre du projet sur la base des principes d'intervention retenus par le maître d'ouvrage, en concertation avec le Département de Maine-et-Loire et les membres du comité de pilotage de l'étude ;
- Les plans de conceptions détaillés des aménagements ;
- Le chiffrage estimatif détaillé des aménagements ;
- Les modalités de gestion et entretien des dispositifs à prévoir à long terme ;
- Les impacts des aménagements sur le fonctionnement des complexes hydrauliques ;
- Les prescriptions relatives à l'ensemble des actions.

2.2 DONNEES D'ENTREE AU PROJET

2.2.1 Données existantes fournies par le maitre d'ouvrage

Dans le cadre de l'étude, l'Etablissement public Loire a mis à disposition de Setec Hydratec les données suivantes :

- Relevés topographiques des ouvrages réalisés en 1997 par la DDE ;
- Relevés topographiques des écluses réalisés par le cabinet FIT Conseil en 1994 pour le compte du Conseil Général du Maine-et-Loire ;
- Relevés de lignes d'eau réalisés par l'EP Loire en amont et en aval immédiat de chaque site les 16/02/2017, 10/03/2017, 16/03/2017, 17/03/2017, 05/09/2017, 08/09/2017.
- Relevé quotidien des niveaux d'eau aux échelles amont et aval des écluses sur la période 2014-2016 ;
- Données et documents de l'étude réalisée en 2010 par le bureau d'étude STUCKY ;
- Documents d'archives divers recueillis par l'EP Loire ;
- Comptes-rendus des entretiens individuels réalisés par l'Etablissement public Loire avec les propriétaires de moulins ;
- Données cadastrales des parcelles riveraines des sites réunies par l'Etablissement public Loire ;
- Rapports d'inspection détaillée de l'état des installations - Conseil Départemental de Maine-et-Loire, 2012 ;
- Données cartographiques : Orthophotoplans et Scan25 IGN.

2.2.2 Données collectées dans le cadre de l'étude

a) Données sur les réseaux

Dans le cadre de l'étude, Setec Hydratec a procédé à des Déclaration de Travaux en date du **30 janvier 2018** pour recueillir des informations sur les réseaux existants au droit de chaque site d'étude.

Les réponses des concessionnaires sont données en annexe du présent document et sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Concessionnaire	Type de réseau	Sensible / Non sensible	Susceptible d'être concerné par les travaux
ENEDIS	Electricité	Sensible	Non
SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ENERGIES DE MAINE ET LOIRE	Electricité	Sensible	Non
ORANGE - M1 PAYS DE LOIRE	Téléphone	Non sensible	Non
Mairie de la Jaille-Yvon	Assainissement	Non sensible	Non
SAUR GRAND OUEST	Eau et assainissement	Non sensible	Non

Tableau 1. Synthèse des réponses des concessionnaires de réseaux aux Déclarations de Travaux

b) Données hydrologiques

Les données hydrologiques ont été collectées sur la banque HYDRO au droit des stations hydrométriques de Chambellay sur la Mayenne (station M3630910) et de Segré sur l'Oudon (station M3551810).

c) Données bibliographiques diverses

Les données bibliographiques suivantes ont été exploitées dans le cadre de l'étude :

- Etat des lieux SAGE Mayenne – Décembre 2012 ;
- Document d'Objectifs Natura 2000 des Basses Vallées Angevines - ADASEA du Maine-et-Loire – Janvier 2004 ;
- Règlement départemental du Domaine Public Fluvial et du chemin de service et de randonnée de la Mayenne –Département du Maine-et-Loire ;
- Sondages géotechniques effectués en 1966 préalablement à la construction du pont de Montreuil-Juigné – Source : Infoterre ;
- Mortalité cumulée des saumons et des anguilles dans les turbines du bassin Loire Bretagne, ONEMA – Février 2015 ;
- Profils en travers du lit mineur de la Mayenne en amont proche de chaque déversoir – Source : Etablissement public Loire - Relevés FIT Conseils 2004.

d) Relevés topographiques réalisés dans le cadre de l'étude

Dans le cadre de l'étude, une campagne de relevés topographiques a été réalisée en **octobre 2017** par le cabinet de géomètres experts **HYDROTOPO** en période de basses eaux.

L'objectif de cette campagne était de compléter les plans topographiques existants de **1997** (plans généraux - DDE) et **2014** (plans des écluses - FIT Conseil) par des données manquantes et utiles à l'étude, concernant notamment :

- Les ouvrages mobiles des moulins (vannes usinières) ;
- Les passes à ralentisseurs de fond ;
- La bathymétrie du fond du lit au niveau des emprises pressenties pour les aménagements ;
- La topographie des berges et des rives lorsque des dispositifs de franchissements de type rivière de contournement devaient être étudiés.

e) Mesures de lignes d'eau réalisées dans le cadre de l'étude

Dans le cadre de l'étude, des relevés de lignes d'eau en amont et en aval immédiat des ouvrages ont été réalisés :

- **Par l'Etablissement public Loire :**
  - **16/02/2017 :** QJ à Chambellay : 24.6 m3/s (proche régime médian) ;
  - **10/03/2017 :** QJ à Chambellay : 76.8 m3/s (hautes eaux annuelles - Proche double module) ;
  - **16/03/2017 :** QJ à Chambellay : 40.6 m3/s (régime moyen – proche module interannuel) ;
  - **17/03/2017 :** QJ à Chambellay : 37.9 m3/s (régime moyen – proche module interannuel) ;
  - **05/09/2017** : QJ à Chambellay : 5.1 m3/s (étiage – proche QMNA2) ;
  - **08/09/2017** : QJ à Chambellay : 5.4 m3/s (étiage – proche QMNA2) ;
- **Au cours de la campagne topographique :**
  - **09-10-11-12/10/2017 :** QJ à Chambellay ≈ 5.6 m3/s (étiage – proche QMNA2) ;
  - **17/10/2017 :** QJ à Chambellay : 5.4 m3/s (étiage – proche QMNA2) ;

Les mesures de lignes d'eaux ont été réalisées pour des situations hydrologiques constatées recouvrant des régimes courants classiquement observés en année moyenne (basses, moyennes et hautes eaux annuelles hors période de crue).

Ces informations sont venues compléter la base de donnée des niveaux d'eaux mesurés par le personnel du Département en charge des maisons éclusières sur la période 2014-2016, recouvrant également des situations hydrologiques constatées ainsi que des situations de crues de faible ampleur (janvier 2015, février 2016 par exemple).

f) Données géotechniques

Préalablement à la mission de conception des aménagements piscicoles au stade PROjet par Setec Hydratec, une mission géotechnique a été confiée par l'Etablissement public Loire à la société SEMOFI.

La prestation a porté sur l'ensemble des **8 sites d'études**, et s'est déroulée sur le **dernier trimestre 2018 et le premier trimestre 2019.**

Les objectifs de cette étude étaient de caractériser précisément le terrain naturel et le génie civil au droit des zones devant supporter les aménagements nouveaux, en vue de préciser l'ensemble des données géotechniques utiles à la conception du projet.

La prestation comprenait les missions géotechniques **G1** et **G2-Pro**, définies par l'Union Syndicale Géotechnique conformément à la norme **NF P 94-500 de novembre 2013,** ainsi qu'un programme de reconnaissances et d'analyses en laboratoire.

Les livrables propres à cette prestation sont donnés en annexe du présent rapport.

2.2.3 Reconnaissances de terrain

Dans le cadre de l'étude, des reconnaissances de terrain ont été réalisées par **Jean-Loïc DOUARD** le **20/10/2017** et les **14 et 15/11/2017** en période de basses eaux.

Elles ont consisté à parcourir l'ensemble des sites et recueillir des éléments d'observation et de connaissance sur la configuration des lieux en vue :

- D'appréhender de manière exhaustive l'ensemble des contraintes et enjeux et les opportunités d'interventions ;
- D'aboutir à une description précise et actualisée du milieu en vue d'apprécier finement les impacts induits par les travaux qui seront proposés.

2.2.4 Rencontres et entretiens

Un certain nombre de personnes ou d'organismes ont été rencontrés et/ou contactés par Setec Hydratec dans le cadre de l'étude :

- **Maître d'ouvrage – EP Loire :**
  - David MAFFRE ;
- **Propriétaire des ouvrages – Département du Maine-et-Loire :**
  - Gwennael CORDIER;
  - Kristell ALLEE;
- **Propriétaires de moulins :**
  - Mr AUVRIGNON – Propriétaire du moulin de la Roussière (rencontre individuelle) ;
  - Mr BOUIN – Propriétaire du moulin rive droite de Chenillé-Changé (rencontre individuelle) ;
- **Partenaires techniques – Agence Française pour la Biodiversité (AFB) :**
  - Olivier MORILLON ;
  - Régis CHUPIN ;
- **Partenaires techniques - Unité Départementale de l'architecture et du patrimoine du Maine-et-Loire (UDAP 49) :**
  - Eric BOYET;
  - France RENAUD ;
- **Partenaires techniques – SAGE Mayenne :**
  - Astrid PICHODO.

L'Etablissement public Loire a également précédé à des rencontres avec des propriétaires de moulin à deux stades différents de l'étude :

- Présentation du projet d'étude ;
- Présentation des scénarios pour recueil de l'avis des propriétaires.

Sur le site de Chenillé-Changé, un contact a été pris avec le propriétaire pour aborder la question des travaux.

2.3 RAPPELS CONCERNANT LA SITUATION DU SITE DE CHENILLE-CHANGE ET SES OUVRAGES HYDRAULIQUES

2.3.1 Situation géographique du site de Chenillé-Changé

Pour rappel, les cartes pages suivantes situent la zone de projet à l'échelle du bassin versant de la Mayenne, de la commune de Chenillé-Changé (49) et sur le plan cadastral.

Figure 2. Localisation du site de Chenillé-Changé à l'échelle du bassin versant de la Mayenne (Source : http://www.sagemayenne.fr/)

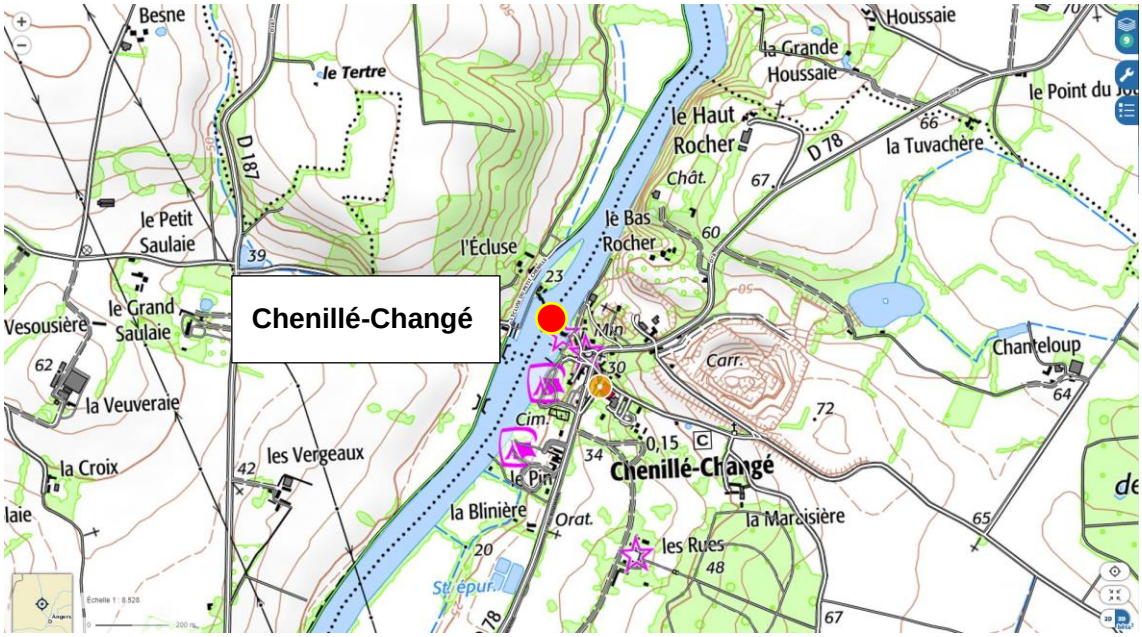


Figure 3. Localisation du site de Chenillé-Changé sur fond de plan IGN Scan 25 à l'échelle de la commune de Chenillé-Changé (49) (Source : Géoportail)

Figure 4. Localisation du site de Chenillé-Changé sur fond de plan cadastral (Source : Géoportail)

La zone de projet se situe directement dans le lit de la Mayenne (domaine non cadastré) faisant partie du Domaine Public Fluvial (DPF), aux extrémités du déversoir principal :

- Passe à macrorugosités à proximité immédiate du pertuis de vidange en rive gauche du déversoir ;
- Passe à anguilles jouxtant le bajoyer en rive droite du déversoir.

L'accès à la rive gauche du projet est permis par la D78, la rue du Bourg et par cheminement sur la parcelle n°A0481 en bordure de la Mayenne.

L'accès à la rive droite est quant à lui permis par le chemin de l'écluse du petit Chenillé, puis par cheminement sur la digue (parcelle n°B0682 – DPF) après passage de l'écluse, et enfin via la propriété privée du moulin en rive droite (parcelles n°B1067 et B1068).

2.3.2 Description synthétique du site de Chenillé-Changé

Le tableau et les photographies ci-après donnent une description synthétique et visuelle des ouvrages constituant le complexe hydraulique de Chenillé-Changé.

Codes ROE	Ecluse : ROE 44463 Déversoir: ROE 2232
Commune	Chenillé-Changé
Ouvrages	1 déversoir - Seuil épais à parement incliné avec carapace maçonnée, poutre béton et recharge d'enrochements en pied - Orientation : pointe amont rive droite 1 moulin en rive droite (le petit Chenillé) avec 1 vanne usinière 1 pertuis de vidange en rive gauche – Vanne levante avec crémaillère et cric métallique 1 moulin en rive gauche (Moulin Bouin) avec 2 prises d'eau – 1 roue à aubes et 1 turbine Francis produisant de l'hydroélectricité 1 vanne de décharge en contournement rive gauche du moulin rive gauche 1 écluse en rive droite
Propriétaires	Déversoir/Pertuis : Département de Maine-et-Loire Moulin rive gauche : Propriétaire privé Moulin rive droite : Propriétaire privé
Usages directs	Navigation sur la Mayenne Moulin rive droite : agrément lié au passage d'eau dans le moulin Moulin rive gauche : minoterie, hydroélectricité, valorisation du patrimoine
Etat des ouvrages après inspection détaillée et réalisation des travaux aux écourues de 2015	Indice d'Etat **IE2 :** désordres non structurels significatifs **Travaux à prévoir sur pertuis :** RAS **Travaux à prévoir sur déversoir :** RAS

Vue du déversoir	Vue du moulin en rive gauche
Vue de la vanne de décharge en contournement rive gauche	**Vue de la vanne usinière du moulin en rive droite**
Vues en écourues	

Tableau 2. Description synthétique – Site de Chenillé-Changé

Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques altimétriques et dimensionnelles des ouvrages sur le site.

Ouvrage	Code	Caractéristiques	Chenillé-Changé
Déversoir principal	**Seuil**	Cote moyenne crête (m NGF)	20.66
		Longueur déversante (m)	93.45
		Largeur en crête (m)	0.99
		Largeur en base (m)	7.63
		Cote moyenne fond amont (m NGF)	19.07
		Cote moyenne fond aval (m NGF)	18.66
Pertuis de vidange(s)	**Pertuis**	Cote radier (m NGF)	18.34
		Largeur (m)	5.06
		Longueur (m)	5.48
		Cote fond amont (m NGF)	18.39
		Cote fond aval (m NGF)	17.65

	Code	OH 1	OH 2	OH 3	OH 4
Vanne(s) moulin(s)	Position	Vanne en contournement du moulin rive gauche	Vanne gauche moulin rive gauche (alimentation turbine Francis)	Vanne droite moulin rive gauche (alimentation roue)	Vanne moulin rive droite
	Cote radier m NGF	19.89	19.18	19.02	20
	Largeur m	1.19	3.2	1.7	1.25
	Hauteur m	0.68	2.26		2.14
	Configuration observée sur le terrain (et supposée usuelle)	Fermée (surverse permanente)	Ouverte (alimentation turbine Francis)	Entrouverte (alimentation roue)	Entrouverte (1 planche / 2 manquante)

Tableau 3. Principales caractéristiques altimétriques et dimensionnelles des ouvrages sur le site de Chenillé-Changé

La cote minimale de navigation sur le bief de Chenillé-Changé correspond à la cote moyenne de déversoir soit **20.66 m NGF.**

3 DESCRIPTION DU PROJET

3.1 PREAMBULE

Le présent document constitue l'approfondissement de la solution étudiée au stade des Etudes Préliminaires (EP) au stade projet (PRO) au sens de la loi MOP du 12 juillet 1985, ayant pour objet :

- *« De préciser par des plans, coupes et élévations, les formes des différents éléments de la construction, la nature et les caractéristiques des matériaux et les conditions de leur mise en œuvre ;*
- *De déterminer l'implantation, et l'encombrement de tous les éléments de structure et de tous les équipements techniques ;*
- *De préciser les tracés des alimentations et évacuations de tous les fluides ;*
- *D'établir un coût prévisionnel des travaux décomposés par corps d'état, sur la base d'un avant-métré ;*
- *De permettre au maître de l'ouvrage, au regard de cette évaluation, d'arrêter le coût prévisionnel de la réalisation de l'ouvrage et, par ailleurs, d'estimer les coûts de son exploitation ;*
- *De déterminer le délai global de réalisation de l'ouvrage ».*

Le dossier de projet précise donc l'ensemble des éléments ayant pu être abordés de façon plus sommaire au stade EP notamment du point de vue :

- Des modalités constructives et de réalisation des travaux ;
- Du chiffrage estimatif des travaux ;
- Des modalités de gestion et entretien des dispositifs à prévoir à long terme ;
- Des prescriptions relatives à l'ensemble des actions.

3.2 CONSISTANCE GENERALE DES TRAVAUX

Le scénario d'aménagement retenu par le Département de Maine-et-Loire sur le site de Chenillé-Changé consiste en la mise en œuvre :

- **D'une passe à macrorugosités jouxtant le pertuis de vidange en rive gauche du déversoir ;**
- **D'un dispositif à anguilles jouxtant le bajoyer en rive droite du déversoir.**

Le programme d'intervention prévoit les aménagements et dispositions suivantes :

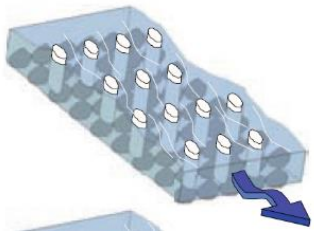
- **Travaux préparatoires :**
  - Installation de chantier ;
  - Ouverture de l'écluse de Chenillé-Changé et du pertuis de vidange de la Roche-Chambellay (période d'écourues par exemple) ;
  - Création d'une piste d'accès en berge et dans le lit en rive gauche en aval du déversoir:
    - Batardeaux en remblai (type brut de minage 0-400 mm) construits à l'avancement depuis la berge jusqu'au déversoir puis en contrebas et le long du déversoir jusqu'à l'extrémité rive droite du déversoir ;

- Mise en place d'un batardeau de ceinture en amont de la zone à aménager en rive gauche ;
- Pompage des eaux dans l'emprise ceinturée si nécessaire (à poursuivre en fonction des besoins pendant la durée des travaux) ;
- Réalisation d'une pêche de sauvegarde dans l'emprise ceinturée par les batardeaux;
- Piquetage des aménagements ;

- **Mise en œuvre de la passe à macrorugosités :**
  - Démolition partielle et soignée du déversoir existant dans l'emprise de l'aménagement et évacuation des matériaux ;
  - Amont/aval déversoir actuel :
    - Terrassement en remblai de l'assise du radier général et de la protection de pourtour de l'aménagement en enrochements maçonnés par l'emploi de matériaux granulaires de type CP45-125 compactés par couches, après déroulement d'un géotextile synthétique non tissé sur le fond actuel ;
    - Mise en œuvre d'enrochements maçonnés recouvrant les talus de raccordement de la plateforme en remblai de l'aménagement, après déroulement d'un géotextile synthétique non tissé sur les talus ;
  - Emprise déversoir actuel :
    - Mise en œuvre du radier de l'aménagement par apport de gros béton au contact de l'emprise démolie du seuil ;
  - Emprise totale du radier :
    - Pose des blocs de type « menhirs » formant les macrorugosités et blocage en base par l'emploi de gros béton sur 0.3 m d'épaisseur;
    - Pose d'enrochements secondaires maçonnés (calibre 200/300 mm) formant le coursier rugueux sur 0.30 m d'épaisseur ;
      - Espacement entre les blocs : 0.05-0.1 m ;
      - Hauteur de rugosité au-dessus du béton de liaison entre les blocs : 0.1 m ;
  - Construction des murs d'encadrements latéraux en béton armé coffré, fondés directement sur le radier général de l'aménagement ;
  - Mise en place d'un système pare-embâcles en amont de l'aménagement formé d'un alignement de pieux de châtaigniers (diamètre minimum ≈ 0.2 m) régulièrement espacés (entraxe ≈ 1.4 m) ;
- **Mise en œuvre de la passe à anguilles :**
  - Démolition partielle et soignée du seuil dans l'emprise de l'aménagement ;
  - Mise en œuvre du fond de forme de l'aménagement par apport de gros béton au contact de l'emprise démolie du seuil ;
  - Construction d'un radier et de murs latéraux d'encadrements en béton armé se prolongeant dans le plan d'eau amont jusqu'en limite amont de la maçonnerie du déversoir ;
  - Scellement de dalles bétons à plots sur le radier constitué;
- **Finition des travaux :**
  - Retrait des pistes d'accès ;
  - Nettoyage et évacuation des déchets de toutes natures vers une filière de traitement/stockage/valorisation appropriée ;
  - Remise en état des terrains empruntés : décompactage des sols, engazonnement, réempierrement des chemins …
  - Mise en eau des aménagements par fermeture progressive de l'écluse et du pertuis de vidange de la retenue aval.

3.3 DESCRIPTION GENERALE DES DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT PISCICOLES ENVISAGES

3.3.1 Passes à macrorugosités



Les passes à macrorugosités, encore appelées passes à enrochements régulièrement répartis, constituent des dispositifs de franchissements piscicoles où l'énergie est dissipée par des singularités formées de blocs isolés plus ou moins régulièrement répartis sur un coursier rugueux.

Ce type de dispositif permet de reproduire grossièrement les caractéristiques d'un cours d'eau naturel à forte pente.

Il peut être installé sur tout ou partie de la largeur d'un l'obstacle ou en rive.

L'objectif de l'aménagement est d'obtenir un écoulement pseudo-uniforme dans tout le dispositif sans apparition de singularités hydrauliques marquées susceptibles de constituer des points de blocage à la remontée du poisson.

La ligne d'eau est globalement parallèle au coursier et chaque bloc génère un sillage qui doit pouvoir constituer une zone de repos pour le poisson.

Les espacements entre blocs sont généralement voisins et sont déterminés en fonction de la pente du coursier, du débit dimensionnant et des capacités de franchissement des espèces piscicoles.

Ce type d'équipement est peu sélectif et donc susceptible de convenir à un large panel d'espèces piscicoles dès lors que le débit unitaire (quelques centaines de l/s/m) et la pente longitudinale (de **2% à 5%)** restent limités.

Le plus petites espèces y trouvent des conditions de franchissement facilitées au plus proche du coursier, où la rugosité de fond généralement mise en œuvre diminue fortement les vitesses d'écoulements.

Les passes à macrorugosités n'acceptent que de faibles variations de niveau d'eau amont, ce qui les destine généralement aux ouvrages à marnage amont faible (grande longueur déversante assurant un effet tampon sur la ligne d'eau et/ou barrages régulant leur plan d'eau amont).

Ce type de dispositif peut toutefois accepter des variations de lignes d'eau amont plus importantes à condition d'y prévoir un dévers latéral permettant d'obtenir, pour un niveau d'eau donné, des conditions de passage acceptables sur au moins une partie de la largeur de l'ouvrage.

Du fait de leur faible pente et de la nécessité pour les poissons de franchir l'aménagement de façon quasi-continue en nage active, la longueur des passes à macrorugosités doit être nécessairement limitée.

Elles ne sont donc adaptées qu'à des chutes faibles à modestes. Au-delà de **1.5 m** de chute, l'aménagement d'un obstacle par ce type de dispositif reste possible mail il convient alors de prévoir un bassin de repos entre 2 parties de rampes ou d'envisager la conception d'un dispositif de franchissement mixte (passe macrorugosités + passe à seuils déversants ou prébarrages par exemple).

Avantages	Inconvénients
Dispositif de franchissement toutes espèces Bon potentiel d'intégration architecturale et paysagère en site urbain et naturel Bonne attractivité ne nécessitant pas ou peu d'adjonction de débit complémentaire	Dispositifs adaptés à des hauteurs de chutes faibles à modérées Emprise importante des dispositifs Dispositifs sensibles aux embâcles nécessitant la mise en place de protections amont (drome flottante par exemple) ainsi qu'une surveillance régulière Dispositifs pouvant être contraints par la disponibilité de blocs de qualité et de dimension souhaitées en cas de recours à des enrochements naturels

Les passes à macrorugosités peuvent adopter des formes relativement variées et un caractère plus ou moins « rustique » en fonction des matériaux et des dispositions constructives envisagées :

- **Exemple 1 : Passe à macrorugosités rustique formée par l'agencement de blocs d'enrochements naturels ancrés sur un radier souple formé d'une recharge de pierres-cailloux reposant sur une couche filtre alluvionnaire, et encadrée par des murs en enrochements libres ou maçonnés.** Cette forme d'aménagement permet une intégration paysagère optimale et s'avère la plus adaptée lorsque l'ouvrage est situé au sein du lit et recoupe partiellement l'extrémité d'un seuil à proximité d'une berge. Il ne peut être envisagé toutefois lorsqu'un devers latéral est prévu.

Passe à macrorugosités sur la Vienne – blocs, coursier et murs d'encadrement en enrochements naturels non maçonnés	

Passe à macrorugosités sur le Clain – blocs, coursier et murs d'encadrement en enrochements naturels non maçonnés	

- **Exemple 2 : Passe à macrorugosités formée par l'agencement de blocs d'enrochements naturels, reposant sur un radier béton et ancrés au sein d'un coursier rugueux maçonné formé par l'agencement de pierres liaisonnées entre-elles et avec le radier sous-jacent, et encadrée par des murs en enrochements maçonnés ou en béton.** Cette forme d'aménagement assure une bonne intégration paysagère, et une plus grande solidité de l'ouvrage que l'exemple 1, et s'avère adaptée lorsque l'aménagement est situé complètement en berge (contournement du seuil), ou lorsqu'il est totalement intégré à un ouvrage existant, formant avec lui un ensemble structurel cohérent et stable.

Passe à macrorugosités sur la Charente – blocs, coursier et murs d'encadrement en enrochements naturels maçonnés	

- **Exemple 3 : Passe à macrorugosités de même type que précédemment mais où les blocs d'enrochements sont remplacés par des menhirs en béton préfabriqués ou coulés sur place.** Cette forme d'aménagement permet de pallier à un éventuel déficit de blocs naturels de bonne qualité à proximité et de réduire les coûts de travaux mais au détriment de l'intégration paysagère de l'aménagement. L'habillage des murs d'encadrement (parements de pierres par exemple) peut toutefois être envisagé pour pallier à cet effet.

Passe à macrorugosités sur la Sarthe – Blocs en béton préfabriqués, murs d'encadrement en béton	

3.3.2 Passes à anguilles

L'anguille se caractérise lors de sa remontée en eau douce par une évolution physiologique importante passant progressivement du stade larvaire au stade adulte.

Elle débute sa remontée du cours d'eau par une migration passive (portée par les marées) pour faire place à une migration active (nage) avec une capacité de nage qui augmente progressivement avec la taille.

La capacité de nage reste cependant faible à modérée, ce que la jeune anguille compense par des capacités de reptation sur des substrats rugueux et humides qu'elle peut utiliser pour éviter des zones trop rapides ou les obstacles de faible hauteur.

Les anguilles ont la possibilité d'emprunter des dispositifs de type passes à bassins ou passes rustiques à macrorugosités notamment lorsque celles-ci présentent un dévers latéral, réservant toujours une zone de moindre profondeur propice à la reptation.

Des dispositifs dédiés peuvent être proposés toutefois pour faciliter plus encore la progression de cette espèce, notamment pour les plus jeunes stades au vu de leurs capacités de nage très limitées.

Les passes spécifiques à civelles et anguillettes sont composées de deux parties :

- **La rampe de montée**, dont la partie inférieure est immergée dans le plan d'eau aval. Cette rampe est garnie d'un substrat propre à faciliter la progression des poissons et il est maintenu en eau soit gravitairement depuis le plan d'eau amont soit par pompage dans le plan d'eau amont ;
- **La partie amont**, présentant une zone de transition sans discontinuités physiques et mises en vitesses excessives pour faciliter l'introduction des anguilles dans le plan d'eau amont.

Les revêtements utilisés pour les rampes à anguilles sont généralement des substrats de type brosses (assemblage de filaments en matière synthétique montés en touffes sur un support en PVC) ou plots (dalles fabriquées en béton ou en polyuréthane présentant un alignement de plots écartés de **15 à 25 mm**).

Les brosses à anguilles sont adaptées aux très jeune stades biologiques (civelles).

Les plots apparaissent plus adaptés à des anguillettes et anguilles.

Le tirant d'eau au sein du dispositif doit être très faible (idéalement 1 à 2 cm).

Le bon fonctionnement de ce type d'aménagement est donc très sensible aux fluctuations du plan d'eau amont.

Pour pallier à ce problème, un pendage latéral de l'aménagement peut être proposé de façon à toujours réserver une zone de très faible tirant d'eau au sein de celui-ci et ainsi assurer sa pleine fonctionnalité malgré les variations hydrologiques saisonnières et les fluctuations du plan d'eau amont.

Dans le cas présent, le réseau de suivi des populations d'anguilles met en évidence la présence d'individus de taille moyenne sur le cours de la Mayenne.

Au droit du site de Montreuil-Juigné par exemple, les classes de taille des individus péchés au cours des campagnes de suivi de **2013 et 2016** se répartissent de la façon suivante :

- Classe de taille **15-30 cm : 25% ;**
- Classe de taille **30-45 cm : 50% ;**
- Classe de taille **> 45 cm : 25%.**

Sur le cours aval de la Mayenne, les anguilles semblent donc présenter une taille dominante comprise entre **30 et 45 cm.**

Le site de Chenillé étant situé sur la Mayenne en amont de Montreuil-Juigné, les équipements de type « plots » sont donc à privilégier en complément des dispositifs multi-espèces.

3.4 CRITERES GENERAUX DE CONCEPTION DU DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE

3.4.1 Hydrologie (rappel)

Les débits moyens mensuels, débits de références et débits classés au droit du site de Chenillé-Changé ont été estimés par homothétie de bassin versant depuis la station hydrométrique sur la Mayenne à Chambellay sur la période totale d'acquisition à cette station (1965-2017).

L'analyse de ces données met en évidence une forte variabilité annuelle des débits caractéristique d'un régime pluvio-océanique.

Les débits les plus importants s'observent de décembre à mars inclus, avec une pointe marquée en janvier (débit moyen mensuel de **87.3 m^3/s**).

Les débits baissent ensuite rapidement à partir du mois d'avril jusqu'aux basses eaux d'été et d'automne, qui sont bien marquées sur une période allant de mai à octobre, avec un minimum observé pour le mois de septembre (débit moyen mensuel de **8.1 m^3/s**).

Il est ainsi observé un rapport de **1 à 11** entre le débit du mois le plus sec (septembre) et celui du mois le plus humide (janvier), ce qui traduit un régime hydrologique particulièrement contrasté.

Le module interannuel, soit **38.8 m^3/s,** est atteint ou dépassé **30%** du temps environ en moyenne.

Le débit plancher réglementaire de 1/10ième du module, soit **3.9 m^3/s**, n'est quand à lui pas atteint ou dépassé **6%** du temps environ.

Le QMNA5 (3.3 m^3/s), débit d'étiage de référence correspondant au débit mensuel minimum ayant une chance sur cinq d'être observé tous les ans, est proche du débit minimum réservé (DMR) et n'est pas atteint ou dépassé 4% du temps environ.

Les débits moyens mensuels, débits de références et débits classés estimés au droit du site de Chenillé-Changé sont synthétisés dans le tableau page suivante.

	Site		Chenillé-Changé
	Régime hydrologique	**Fréquences de non dépassement %**	**Débit m³/s**
Débits classés m3/s	DC 90%	90%	97.6
	DC 80%	80%	57.7
	DC 70%	70%	38.0
	DC 60%	60%	26.8
	DC 50%	50%	19.0
	DC 40%	40%	13.7
	DC 30%	30%	9.8
	DC 20%	20%	7.1
	DC 10%	10%	5.0
	DC 5%	5%	3.7
Débits de référence m3/s	**QMNA5**	4%	**3.3**
	DMR	6%	**3.9**
	Q Médian	50%	**19.0**
	Module	70%	**38.8**
	Double module	85%	**77.7**
Débits moyens mensuels m3/s	Janv.	87%	87.3
	Fév.	87%	86.7
	Mars	82%	64.1
	Avr.	73%	43.5
	Mai	63%	29.7
	Juin	47%	17.3
	Juil.	32%	10.8
	Août	23%	7.9
	Sept.	24%	8.1
	Oct.	49%	18.4
	Nov.	65%	32.6
	Déc.	81%	62.0

Tableau 4. Débits moyens mensuels, débits de références et débits classés estimés au droit du site de Chenillé-Changé sur la période 1965 - 2017

3.4.2 Loi Cotes/débits de projet en aval du site de Chenillé-Changé

Les niveaux d'eau de projet considérés en aval du site de Chenillé-Changé correspondent aux lignes d'eau calculées en situation de projet en amont immédiat du site de la Roche-Chambellay comme reporté dans le tableau suivant.

Régime hydrologique	Débit total Mayenne m3/s	Z eau aval m NGF
QMNA5	3.3	19.87
DMR	3.9	19.88
Médian	18.9	19.98
Module	38.8	20.07
Double module	77.7	20.21

Tableau 5. Loi Cotes/Débits en situation de projet considérée en aval du site de Chenillé-Changé

3.4.3 Espèces cibles dimensionnantes

Les espèces cibles dimensionnantes au titre du classement du cours d'eau en liste 2 (L214-17 du Code de l'Environnement) sont listées et décrites brièvement dans le tableau page suivante.

Espèce	Photographie	Principales caractéristiques	Principales périodes de reproduction/migration
Grande Alose *Alosa alosa*		Espèce amphibiotique (2 milieux de vies : eaux douces continentales – eaux de mer) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau de fosses poursuivies en aval par des radiers présentant un fond constitué de galets et de graviers Taille des individus en migration ≈ 45 - 70 cm Vitesse de pointe ≈ 3.5 à 5.0 m/s Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.15 m Absence d'aptitude au saut pour le franchissement d'obstacles	Montaison : printemps/début été Dévalaison : fin d'été/automne
Lamproie marine *Petromyzon marinus*		Espèce amphibiotique (2 milieux de vies : eaux douces continentales – eaux de mer) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau de faciès d'écoulement de type « plat courants » avec fond constitué de galets et de graviers assez meubles et bien oxygénés Taille des individus en migration ≈ 60 - 90 cm Vitesse de pointe ≈ 3 à 4.5 m/s Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.10 m Absence d'aptitude au saut pour le franchissement d'obstacles Capacité de franchissement d'obstacles par succession de nages rapides et accroches au substrat avec sa bouche-ventouse	Montaison : hiver/printemps Dévalaison : fin d'été/automne

Brochet *Esox Lucius*		Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau des annexes hydrauliques et prairies inondables – Ponte d'œufs collants sur plantes herbacés ennoyées Déplacements de reproduction pouvant atteindre ≈ 20 km Taille des individus en migration ≈ 50 cm à plus de 100 cm Vitesse de pointe ≈ 3.5 à 5 m/s Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.15 m Absence d'aptitude au saut pour le franchissement d'obstacles	Migration de reproduction : hiver/ début printemps
Barbeau fluviatile *Barbus barbus*		Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau de faciès d'écoulement de type « plat courants » avec fond constitué de graviers assez meubles et bien oxygénés Déplacements de reproduction pouvant atteindre plusieurs km Taille des individus en migration ≈ 25 – 80 cm Vitesse de pointe ≈ 2.5 à 4 m/s	Migration de reproduction : printemps/début d'été

Hotu *Chondrostoma nasus*		Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau des bancs de graviers et cailloux assez meubles et bien oxygénés Déplacements de reproduction pouvant atteindre plusieurs km Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.10 m Absence de réelles aptitudes au saut pour le franchissement d'obstacles Peu de motivations et/ou d'aptitudes à franchir des barrières physiques (phénomènes d'accumulation en aval des obstacles)	Migration de reproduction : printemps
Vandoise *Leuciscus leuciscus*		Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales) Reproduction privilégiée au niveau des bancs de graviers et cailloux assez meubles et bien oxygénés Déplacements de reproduction pouvant atteindre plusieurs km Taille des individus en migration ≈ 15 – 35 cm Vitesse de pointe ≈ 2 à 3.5 m/s Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.05 m Absence d'aptitudes au saut pour le franchissement d'obstacles Peu de motivations et/ou d'aptitudes à franchir des barrières physiques, préférence parfois à la reproduction en aval des seuils	Migration de reproduction : fin de printemps

Anguille européenne *Anguilla anguilla*		Espèce amphibiotique (2 milieux de vie : eaux douces continentales – eaux de mer) et thalassotoque (migration de reproduction en mer) Faibles capacités de nage (0.3-0.5 m/s pour les civelles à 1-1.5 m/s pour les anguillettes et anguilles jaunes) Capacités de franchissement par reptation en eau et ponctuellement hors d'eau sur substrats rugueux et humides (reptation pour tirant d'eau < 0.02m) Absence d'aptitudes au saut pour le franchissement d'obstacles	Montaison : toute l'année potentiellement Dévalaison : automne/hiver principalement

Tableau 6. Description succincte des espèces visées par le classement du cours d'eau en liste 2 au titre du L214-17 du Code de l'Environnement

3.4.4 Positionnement des dispositifs de franchissement piscicole équipant le déversoir

D'une façon générale, le positionnement des dispositifs de franchissement piscicole est à privilégier, lorsque cela est possible, en pointe amont du déversoir principal si ce dernier présente une orientation biaise par rapport au cours d'eau :

- Zone(s) classiquement considérée(s) comme préférentielle(s) pour l'attractivité piscicole, les poissons ayant tendance à remonter le plus en amont possible en aval d'un obstacle ;
- Zone de moindre hauteur parfois à l'échelle d'un complexe hydraulique ;
- Zone(s) plus facilement accessible(s) depuis une la berge concernée pour la construction et l'entretien ultérieur.

Lorsque cette disposition n'est pas envisageable, il convient de positionner le dispositif à proximité immédiate d'un ou plusieurs ouvrages permettant de soutenir son attractivité en concurrençant efficacement les débits dérivés par les autres parties d'ouvrages.

Dans le cas présent, le positionnement du dispositif de franchissement principal est proposé en pointe aval rive gauche du déversoir, à proximité immédiate du pertuis de vidange.

Son positionnement ne correspond pas à celui qui serait logiquement privilégié sur le site (pointe amont en rive droite du déversoir). Cette implantation n'a pas été retenue en raison de l'opposition du propriétaire du moulin en rive droite.

L'attractivité du dispositif de franchissement piscicole multi-espèces peut toutefois être jugée recevable au vu :

- Des débits dérivés relativement soutenus par le dispositif de franchissement au regard de l'hydrologie du cours d'eau ;
- De la possibilité d'un soutien d'attrait par l'ouverture partielle à totale du pertuis de vidange situé à proximité immédiate ;
- Des débits continuellement dérivés par le moulin en rive gauche, du fait de l'exploitation à ce niveau de la force motrice de l'eau (moulin en activité) ;
- Des faibles débits dérivés par le moulin en rive droite (1 seule vanne laissée habituellement entrouverte, voie d'eau d'agrément uniquement).

Le dispositif de franchissement dédié à l'anguille est quant à lui installé sur la rive opposée au dispositif de franchissement multi-espèces, c'est à dire en rive droite du déversoir.

3.4.5 Critères de dimensionnement hydraulique généraux

a) Gamme de bon fonctionnement du dispositif de franchissement piscicole équipant le déversoir

D'une façon générale, compte tenu des déplacements potentiels des espèces piscicoles sur l'ensemble de l'année, il convient de s'assurer que les dispositifs de franchissement restent fonctionnels pour une large gamme de débits.

Dans le cas présent, la plage hydrologique minimale de bon fonctionnement proposée couvre les situations d'étiage (Débit Minimum Réservé - DMR) jusqu'aux hautes eaux annuelles (double module), soit environ 79% du temps selon la courbe des débits classés.

Le fonctionnement en mode « dégradé » des équipements peut être toléré en dehors de cette gamme, considérant les moindres besoins migratoires en période d'étiage sévère d'une part, et les possibilités de passage directes au droit des déversoirs en situations de crues d'autre part.

b) Régime hydrologique dimensionnant

Le régime hydrologique dimensionnant est le régime pour lequel les conditions hydrologiques et hydrauliques à l'échelle du site sont les plus pénalisantes pour la plage hydrologique de bon fonctionnement visée.

Il correspond classiquement au débit minimal de la gamme pour laquelle :

- Le niveau amont est à la cote de retenue normale ;
- Le niveau aval est le plus bas, et donc la hauteur de chute maximale.

Il convient parfois de dimensionner de façon sécuritaire pour le débit minimal lorsque la hauteur de chute maximale est observée pour un débit supérieur de façon à ce que les critères hydrauliques et piscicoles soient respectés sur l'ensemble de la plage hydrologique de bon fonctionnement.

Dans le cas présent, le dimensionnement est réalisé pour une situation hydrologique de très basses eaux, correspondant à la moitié du DMR sur la Mayenne (1/20ième du module interannuel), en considérant un alignement du niveau de retenue sur la crête moyenne du déversoir.

c) Débit dimensionnant et modalités de restitution du débit minimum réservé

A l'échelle d'un complexe hydraulique, le débit dimensionnant du dispositif de franchissement piscicole doit être suffisamment important pour concurrencer les débits dérivés par les autres parties d'ouvrages, et constituer un point d'attrait piscicole préférentiel à la sortie hydraulique (entrée piscicole) de l'aménagement.

Il doit donc être adapté à l'hydrologie du cours d'eau (au moins 5 à 10% du module interannuel pour ce même régime hydrologique) mais également à la configuration du site, notamment lorsque ce dernier présente des points d'attraits multiples et distants (un moulin sur chaque rive de part et d'autre d'un seuil par exemple, seuil en biais sur le cours d'eau avec pointe amont située sur la rive opposée à un moulin dérivant un débit conséquent, moulin en dérivation du cours principal et bras d'écoulements multiples…).

Pour des cours d'eau de taille modeste, il peut être envisagé d'allouer à un équipement de franchissement piscicole la totalité du débit minimum réservé, soit le 1/10ième du module interannuel au minimum, voire plus en fonction des usages du site.

Cette disposition s'avère difficilement envisageable sur des cours d'eau importants en raison des coûts prohibitifs induits par de tels équipements.

Dans une logique d'économie et d'efficience des travaux (notion de gain écologique rapporté aux coûts des opérations), il apparaît dans ce cas préférable de partager le débit minimum réservé entre le dispositif de franchissement piscicole et un aménagement à proximité immédiate, pouvant prendre la forme d'un simple canal de dérivation ou d'un ouvrage mobile existant.

Dans le cas présent, il est proposé d'allouer au dispositif de franchissement la moitié du DMR (1/20ième du module interannuel), pour un niveau de retenue amont correspondant à la crête du déversoir.

Au DMR (double du débit dimensionnant), le débit du cours d'eau s'écoule donc par le dispositif de franchissement mais également par simple surverse sur l'ensemble du déversoir (0.04 m de surverse au DMR).

3.4.6 Critères piscicoles

Les critères hydrauliques et piscicoles synthétisés ci-après sont extraits des ouvrages de références suivants :

- *Guide Passe à poissons - Expertise et conception des ouvrages de franchissement, Larinier et al., 1994 ;*
- *Guide technique pour la conception des passes naturelles, GHAAPPE, 2006 ;*
- *Guide technique - Informations sur la Continuité Ecologique (ICE) – Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, principes et méthodes, ONEMA, 2014.*

a) Passes à macrorugosités

Pour les espèces cibles en présence, les critères dimensionnels, hydrauliques et piscicoles admissibles pour le dimensionnement des passes à macrorugosités sont listés ci-après :

- Tirant d'eau minimal : **0.4 m**
    - Espèce limitante : alose ;
- Vitesse d'écoulement maximale dans les jets : **1.5 m/s**
    - Espèces limitantes : vandoise, anguille ;
- Pente longitudinale : **4-5% maximum**
    - Espèces limitantes : vandoise, anguille ;
- Pente transversale inférieure ou du même ordre de grandeur que la pente longitudinale ;
- Diamètre des blocs : **0.3-0.6 m ;**
- Concentration des blocs : **11 à 16% ;**
- Hauteur utile des blocs : **0.5-0.8 m.**

Dans le cas présent, le dimensionnement a veillé à ce que :

- Les hauteurs d'eau soient supérieures à **0.4 m** sur une largeur significative des aménagements (**40%** minimum pour la gamme hydrologique de bon fonctionnement). Cette disposition peut être obtenue en considérant une hauteur minimale au droit du côté le plus profond de **0.6 m**, considérant par ailleurs un dévers latéral de **5%** ;
- Les vitesses d'écoulements soient inférieures à **1.5 m/s** sur une largeur significative des aménagements (**40%** minimum pour la gamme hydrologique de bon fonctionnement).

La pente longitudinale retenue est de **5%**, ce qui est légèrement supérieur à la valeur maximale préconisée pour les petites espèces holobiotiques **(4%).**

La forte concentration des blocs proposée **(16%),** la disposition opposée des faces les plus planes des blocs à l'écoulement, la mise en place d'un dévers latéral et d'un coursier rugueux permettent toutefois de compenser cet effet par la limitation des vitesses d'écoulements maximales sur une largeur significative des aménagements.

La hauteur utile de blocs est de **0.75 m** et adaptée aux variations de niveau d'eau amont pour la plage hydrologique de bon fonctionnement visée, de façon à ce qu'il subsiste pour

le régime de hautes eaux dimensionnant une largeur significative des aménagements où les écoulements demeurent totalement contenus entre les blocs.

La pente transversale constitue dès lors une variable d'ajustement pour le dimensionnement afin de dériver le débit souhaité à la cote de retenue normale, en considérant par ailleurs les hauteurs d'eau minimales et maximales fixées aux extrémités de l'aménagement (**0.02 et 0.6 m** respectivement).

Dans le cas présent, la pente transversale est de **5.7%** ce qui est du même ordre de grandeur que la pente longitudinale **(5%)** de l'aménagement.

b) Passes à anguilles

Pour le cas particulier de l'anguille, le dimensionnement de la rampe à plots a veillé à ce que :

- Le pendage longitudinal soit de **27%** ;
- Le pendage transversal soit de **25%** ;
- La cote inférieure de l'aménagement en partie amont de la rampe soit calée à **0.02 m** sous la cote moyenne de déversoir ;
- La cote supérieure de l'aménagement en partie amont de la rampe soit calée sur le niveau d'eau atteint pour le **centile 90** (**DC90** atteint ou dépassé **10%** du temps en année moyenne) ;
- La cote supérieure de l'aménagement en partie aval de la rampe soit calée à **0.02 m** sous la cote moyenne de déversoir aval ;
- L'aménagement soit prolongé dans le plan d'eau en amont de la crête de seuil par une contre pente jusqu'en limite de parement maçonné amont de façon à faciliter l'introduction de l'espèce dans la retenue et éviter tout effet d'emportement vers l'aval, du fait de l'accélération des écoulements à l'approche de la crête du déversoir.

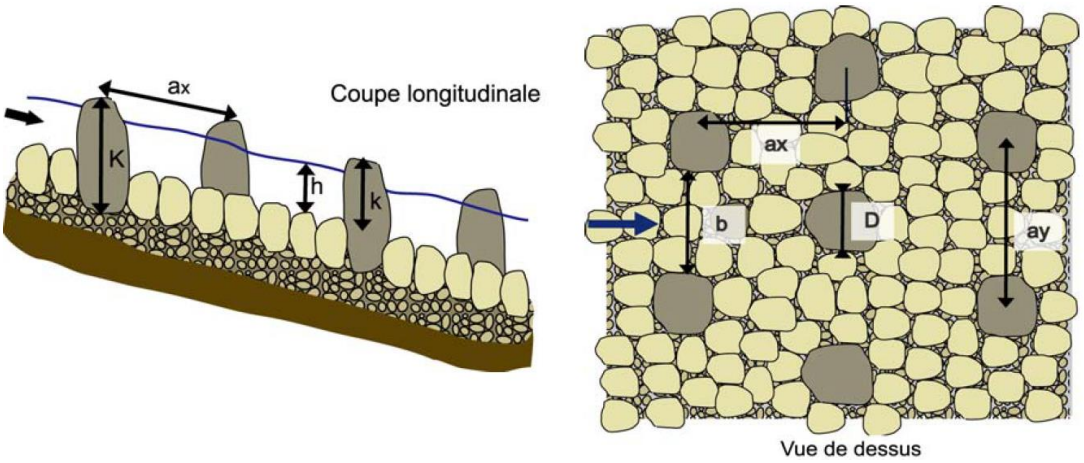
L'espacement des plots formant les rugosités de la rampe de franchissement est quant à lui choisi en fonction de la taille dominante des populations d'anguilles sur le secteur, sachant par ailleurs que l'équipement doit offrir au moins **2 à 3** points de contacts pour une progression facilitée de l'espèce.

Dans le cas présent, et compte tenu d'une classe de taille dominante de l''anguille comprise entre **15 et 45 cm** sur le secteur, l'espacement préconisé des plots est de **1.5 à 2 cm.**

3.5 LOI DE DIMENSIONNEMENT DU DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE ET METHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DES IMPACTS HYDRAULIQUES

3.5.1 Loi d'écoulement utilisée pour le dimensionnement de la passe à macrorugosités

La loi d'écoulement utilisée pour le dimensionnement hydraulique de la passe à macrorugosités est donnée dans le ***Guide technique pour la conception des passes naturelles, GHAAPPE, 2006.***



Pour un écoulement totalement contenu entre les enrochements (h/k < 1.1), et des blocs de **0.4 m** de diamètre, les formules de débits dérivés unitaires (débit par mètre de largeur) sont les suivantes :

- **Considérant des faces planes opposées à l'écoulement :**

$$q = 1.75.h^{1.084}.I^{0.56}.C^{-0.456}$$

- **Considérant des faces arrondies opposées à l'écoulement**

$$q = 3.077.h^{1.45}.I^{0.557}.C^{-0.456}$$

$$C = \frac{D^2}{a_x.a_y}$$

Avec Q : débit unitaire en m3/s/m, I : pente longitudinale de l'aménagement en %, h : hauteur d'eau en m, C : concentration des blocs en %, D : Largeur face à l'écoulement des blocs en m, ax : espacement longitudinal entre blocs, d'axe à axe en m, ay : espacement latéral entre blocs, d'axe à axe en m.

Lorsque l'écoulement dépasse les enrochements **(h/k > 1.1)**, la forme des blocs n'a plus beaucoup d'influence, une seule relation a donc été établie pour appréhender le comportement des ouvrages pour les forts débits

$$q = 8.58.h^{2.396}.I^{0.466}.C^{-0.230}$$

3.5.2 Méthodologie de calcul des impacts hydrauliques

Le calcul des impacts hydrauliques à l'échelle du complexe hydraulique nécessite d'intégrer les aménagements nouveaux au modèle d'écoulement initial et de calculer les lignes d'eau et débits dérivés par partie d'ouvrage pour l'ensemble des débits d'intérêts (à minima DMR, QMNA5, module, double module).

Ces derniers dépendent à la fois du niveau d'eau amont et du niveau aval, et donc du débit total du cours d'eau. Ils ne peuvent donc être prédéterminés à l'avance en fonction de l'unique charge hydraulique amont compte tenu du régime d'écoulement potentiellement noyé par l'aval.

Le calcul des débits dérivés par l'aménagement et des variables hydrauliques au sein de ce dernier doit alors être réalisé de façon itérative pour chaque niveau d'eau aval selon le processus suivant :

- Débit total du cours d'eau et niveau d'eau associé en aval immédiat du déversoir ;
- Attribution d'une valeur initiale du débit dérivé par le dispositif de franchissement piscicole ;
- Calcul itératif :
    - Calcul d'aval en amont de la ligne d'eau au sein du dispositif de franchissement piscicole;
    - Calcul des débits dérivés par les autres parties d'ouvrages pour le niveau d'eau amont correspondant (formulation en régime noyé ou dénoyé en fonction du niveau d'eau aval) ;
    - Calcul de la somme des débits dérivés par le dispositif de franchissement piscicole et les autres parties d'ouvrages et comparaison au débit total correspondant au niveau d'eau aval ;
    - Arrêt du calcul en cas de correspondance des débits sinon augmentation ou diminution progressive du débit dérivé par l'aménagement et nouvelle itération des calculs jusqu'à ce que la somme des débits dérivés par parties d'ouvrages corresponde au débit total correspondant au niveau d'eau aval.

3.6 PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT ET DE FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE

a) Critères de dimensionnement hydraulique

Le tableau ci-après récapitule les principaux critères de dimensionnement hydraulique considérés pour la conception du dispositif de franchissement piscicole.

Positionnement du dispositif	Rive gauche du déversoir
Fraction du Débit Minimum Réservé (DMR) alloué à la Retenue Normale (RN) %	50%
Débit dérivé à la RN (m3/s)	1.94
Cote RN amont (m NGF)	20.66
Cote RN aval (m NGF)	19.85
Chute à la RN (m)	0.81

Tableau 7. Critères de dimensionnement hydraulique – Site de Chenillé-Changé

b) Caractéristiques du dispositif de franchissement de type passe macrorugosités

Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques dimensionnelles considérées pour la conception de la passe à macrorugosités.

Pendage longitudinal (%)	5%
Pendage latéral (%)	5.7%
Orientation dévers	Côté le plus profond placé en rive gauche pour concurrencer efficacement les débits potentiellement dérivés par le pertuis
Longueur utile (m)	16.2
Largeur (m)	10.10
Cote inférieure coursier amont (m NGF) – Sommet de rugosité (+0.10 m / radier béton)	20.06
Cote supérieure coursier amont (m NGF) – Sommet de rugosité (+0.10 m / radier béton)	20.64
Cote inférieure coursier aval (m NGF) – Sommet de rugosité (+0.10 m / radier béton)	19.25
Cote supérieure coursier aval (m NGF) – Sommet de rugosité (+0.10 m / radier béton)	19.83
Diamètre des blocs (m)	0.4
Hauteur utile des blocs (m)	0.75
Concentration des blocs %	16
Espacement longitudinal des blocs (m)	1
Espacement latéral des blocs (m)	1
Forme et disposition de blocs	Blocs bétons anguleux Face plane la plus grande opposée à l'écoulement

Tableau 8. Caractéristiques du dispositif de franchissement de type passe macrorugosités – Site de Chenillé-Changé

c) Caractéristiques du dispositif de franchissement pour l'anguille

Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques dimensionnelles considérées pour la conception du dispositif de franchissement pour l'anguille.

Niveau d'eau amont – DC90 (m NGF)	21.33
Cote crête déversoir = cote retenue normale (m NGF)	20.66
Hauteur d'eau minimale à la cote de retenue normale (m)	0.02
Pendage latéral (%)	25%
Pendage longitudinal (%)	27%
Largeur (m)	2.76
Longueur utile rampe (m)	5.56
Cote supérieure amont (m NGF)	21.33
Cote inférieure amont (m NGF)	20.64
Cote supérieure aval (m NGF)	19.83
Cote inférieure aval (m NGF)	19.14

Tableau 9. Caractéristiques du dispositif de franchissement pour l'anguille – Site de Chenillé-Changé

d) Fonctionnement à l'échelle du complexe hydraulique

La figure ci-après reporte les courbes de niveaux qui s'établissent de part et d'autre du déversoir en situation aménagée pour la gamme de débit dimensionnante (DMR → Double module).

Il est fait l'hypothèse que les ouvrages mobiles sont dans la même configuration que dans la situation actuelle.

En régime de basses eaux dimensionnant (DMR – étiage sévère), la passe à macrorugosités dérive près des deux tiers du débit de la Mayenne, le reste étant surversé sur l'ensemble du déversoir et dérivé par les vannages sur chaque rive (OH 1 et 4 uniquement).

En régime médian, la passe à macrorugosités dérive **≈ 3.5 m³/s**, soit **18%** du débit total de la Mayenne.

Au module, la passe à macrorugosités dérive **≈ 5.3 m³/s,** soit **14%** du débit total de la Mayenne.

Au double module (régime hivernal), la passe à macrorugosités dérive **10.2 m³/s,** soit **≈ 13%** du débit total de la Mayenne. La hauteur de chute maximale est observée pour ce régime, bien que peu différente de celle observée pour les autres situations.

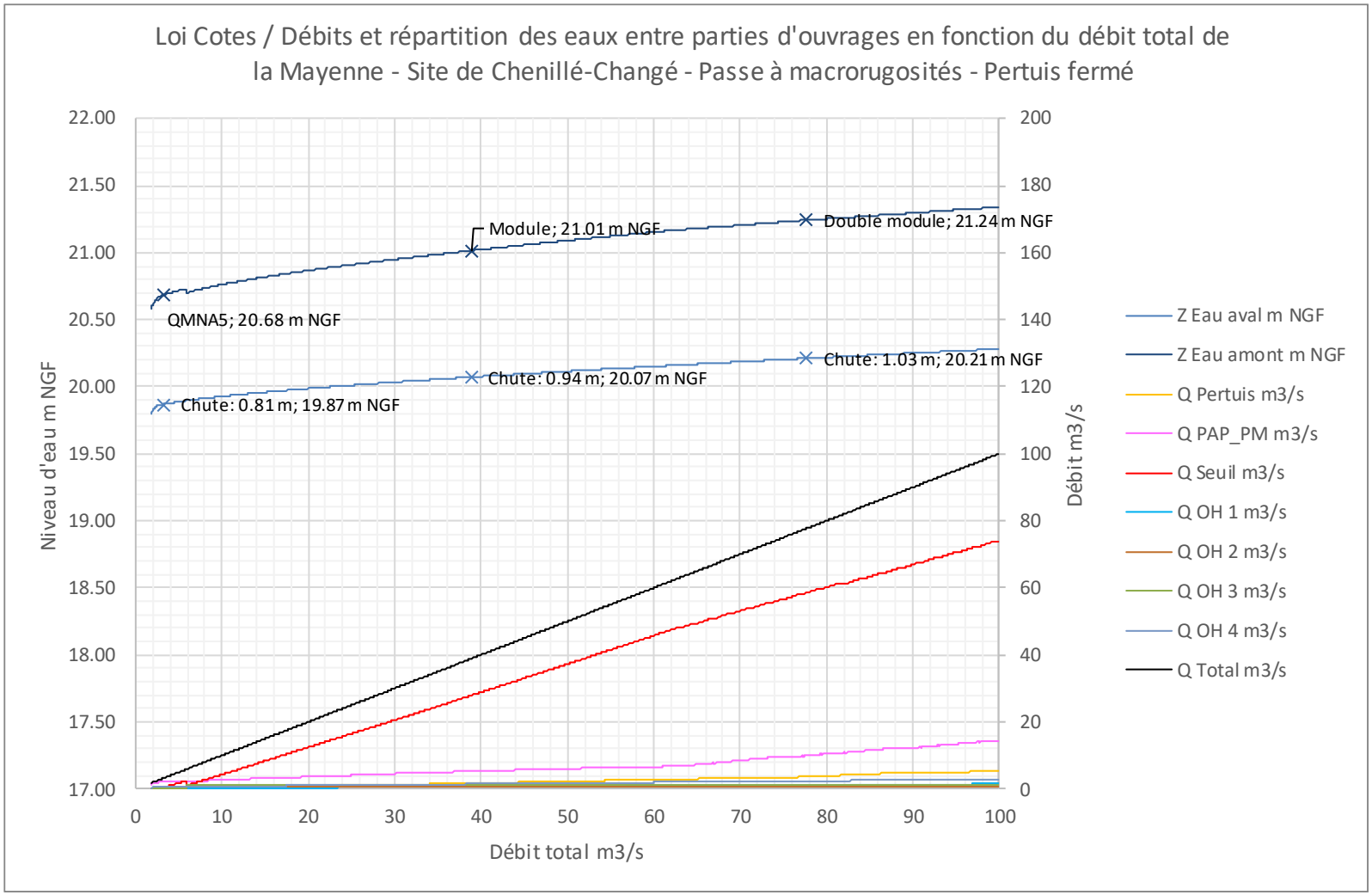


Figure 5. Loi Cotes/Débits et répartition des eaux entre parties d'ouvrages en fonction du débit total de la Mayenne – Site de Chenillé-Changé

Le tableau page suivante reporte les lignes d'eau et débits dérivés par partie d'ouvrage en situation aménagée pour les principaux débits de références d'intérêts.

Régime hydrologique	QMNA5	DMR	Médian	Module	Double module
Répartition des débits entre les parties d'ouvrages					
Q Total m^3/s	**3.29**	**3.88**	**18.89**	**38.83**	**77.66**
Q PAP PM m^3/s	**2.09**	**2.17**	**3.46**	**5.30**	**10.19**
Q Seuil m^3/s	**0.53**	**0.97**	**11.55**	**27.84**	**58.42**
Q Pertuis m^3/s	**0.03**	**0.06**	**0.71**	**1.70**	**3.57**
Q OH 1 m^3/s	**0.09**	**0.10**	**0.34**	**0.66**	**1.22**
Q OH 2 m^3/s	**0.00**	**0.00**	**0.87**	**0.87**	**0.87**
Q OH 3 m^3/s	**0.00**	**0.00**	**0.98**	**0.98**	**0.98**
Q OH 4 m^3/s	**0.55**	**0.58**	**0.97**	**1.48**	**2.40**
Répartition des débits entre les parties d'ouvrages (somme des débits correspondant à ≈ 100% du débit total aux arrondis près pour chaque élément d'ouvrage)					
Q PAP PM %	64%	56%	18%	14%	13%
Q Seuil %	16%	25%	61%	72%	75%
Q Pertuis %	1%	2%	4%	4%	5%
Q OH 1 %	3%	3%	2%	2%	2%
Q OH 2 %	0%	0%	5%	2%	1%
Q OH 3 %	0%	0%	5%	3%	1%
Q OH 4 %	17%	15%	5%	4%	3%

Tableau 10. Lignes d'eau et répartition des eaux entre parties d'ouvrages en fonction du débit total de la Mayenne – Site de Chenillé-Changé

Pour rappel, le tableau ci-dessous précise les codes attachés aux différents ouvrages cités.

Code	OH 1	OH 2	OH 3	OH 4
Position	Vanne en contournement du moulin rive gauche	Vanne gauche moulin rive gauche (alimentation turbine Francis)	Vanne droite moulin rive gauche (alimentation roue)	Vanne moulin rive droite

e) Fonctionnalité hydraulique et piscicole du dispositif de franchissement piscicole

Le tableau page suivante synthétise les principaux critères d'appréciations de la fonctionnalité hydraulique et piscicole de la passe à macrorugosités en l'absence d'une gestion régulée du pertuis de vidange.

Les critères de fonctionnalités retenus par espèces ou groupe d'espèce considéré sont les suivants :

- Grande alose, lamproie marine : vitesse maximale entre les jets **< 2 m/s**, hauteur d'eau minimum : **0.4 m** ;
- Brochet, barbeau, hotu : vitesse maximale entre les jets **< 2 m/s**, hauteur d'eau minimum : **0.3 m** ;
- Vandoise : vitesse maximale entre les jets **< 1.5 m/s**, hauteur d'eau minimum : **0.2 m.**

Compte tenu du pendage latéral donné à l'aménagement, les variables hydrauliques sont calculées par tranche d'ouvrage, correspondant pour chacune à 1/10ième de la largeur totale de la passe.

La fonctionnalité du dispositif est alors jugée selon les critères d'appréciation suivants :

- Très bon : plus de 60% de la largeur de la passe est pleinement fonctionnelle pour l'espèce ou le groupe d'espèce considéré ;
- Bon : la passe est pleinement fonctionnelle pour l'espèce ou le groupe d'espèce considéré sur plus de 40% de sa largeur et jusqu'à 60% ;
- Passable : la passe est pleinement fonctionnelle pour l'espèce ou le groupe d'espèce considéré sur plus de 10% de sa largeur et jusqu'à 40% ;
- Mauvais : la passe est pleinement fonctionnelle pour l'espèce ou le groupe d'espèce considéré sur moins de 10% de sa largeur.

D'une façon générale, la passe à macrorugosités présente une bonne à très bonne fonctionnalité pour toutes espèces visées et sur l'ensemble de la gamme de bon fonctionnement visée, dans l'hypothèse d'un positionnement des faces les plus planes des blocs perpendiculairement à la direction principale de l'écoulement.

Régime hydrologique	QMNA5	DMR	Médian	Module	Double module
Répartition des débits entre les parties d'ouvrages					
Q Total m³/s	**3.29**	**3.88**	**18.89**	**38.83**	**77.66**
Q PAP PM m³/s	**2.09**	**2.17**	**3.46**	**5.30**	**10.19**
Q PAP PM %	64%	56%	18%	14%	13%
Niveaux d'eau en amont et en aval					
Z amont m NGF	20.68	20.70	20.86	21.01	21.24
Z aval m NGF	19.87	19.88	19.98	20.07	20.21
Chute totale m	0.81	0.82	0.88	0.94	1.03
Fonctionnalité piscicole					
Hauteur d'eau maximale m	0.59	0.61	0.77	0.93	1.15
Hauteur d'eau minimale m	0.07	0.09	0.25	0.40	0.63
Hauteur d'eau moyenne m	0.33	0.35	0.51	0.66	0.89
Faces planes					
Vitesse maximale dans les jets, maximale sur la section m/s	1.38	1.39	1.48	1.50	1.50
Vitesse maximale dans les jets, minimale sur la section m/s	0.78	0.82	1.09	1.24	1.40
Vitesse maximale dans les jets, moyenne sur la section m/s	1.08	1.10	1.28	1.37	1.45
% Très bon fonctionnement - GA, LP V<2 m/s - H>0.4 m - P<450 W/m3	**40%**	**40%**	**70%**	**80%**	**40%**
% Très bon fonctionnement - BRO, BAR, HOT V<2 m/s - H>0.3 m P<450 W/m3	**60%**	**60%**	**90%**	**80%**	**40%**
% Très bon fonctionnement - VAN V<1.5 m/s - H>0.2 m	**70%**	**80%**	**100%**	**80%**	**40%**
Faces arrondies					
Vitesse maximale dans les jets, maximale sur la section m/s	1.74	1.75	1.89	1.92	1.92
Vitesse maximale dans les jets, minimale sur la section m/s	0.89	0.94	1.31	1.54	1.77
Vitesse maximale dans les jets, moyenne sur la section m/s	1.31	1.34	1.60	1.73	1.85
% Très bon fonctionnement - GA, LP V<2 m/s - H>0.4 m - P<450 W/m3	**40%**	**40%**	**60%**	**60%**	**20%**
% Très bon fonctionnement - BRO, BAR, HOT V<2 m/s - H>0.3 m P<450 W/m3	**60%**	**60%**	**80%**	**60%**	**20%**
% Très bon fonctionnement - VAN V<1.5 m/s - H>0.2 m	**30%**	**30%**	**30%**	**0%**	**0%**

Tableau 11. Critères de fonctionnement hydrauliques et piscicoles de la passe macrorugosités – Site de Chenillé-Changé

3.7 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GENERALES

3.7.1 Principe général de construction retenu pour la passe à macrorugosités

Le principe général de construction privilégié à ce jour par Setec Hydratec consiste à faire reposer les murs d'encadrement sur le radier général de l'aménagement, dont l'assise sera elle-même formée par un remblai de matériaux granulaires compactés en dehors de l'emprise du déversoir, et par le corps de maçonnerie existant et partiellement découvert dans l'emprise même de ce dernier.

En dehors du seuil, le raccordement du radier général de l'aménagement au fond environnant sera assuré par le terrassement en talus de la plateforme de remblai.

Ces derniers seront protégés en partie superficielle par un parement d'enrochements maçonnés avec bêche d'ancrage en pied.

Afin d'éviter l'exercice de sous-pressions dans le corps de remblai, potentiellement néfastes à la tenue des parements d'enrochements, des drains transversaux seront mis en place sous le radier de part en part de l'aménagement.

Le choix de ce principe constructif permet notamment:

- D'éviter le recours à des rideaux de palplanches métalliques, et de permettre donc une meilleure intégration paysagère de l'aménagement ;
- D'éviter la mise en œuvre délicate de semelles de fondations profondes sous les murs d'encadrements.

Il implique toutefois :

- La mise en œuvre d'écourues prolongées des biefs amont et aval sur la période d'intervention, et l'interruption temporaire donc de la navigation fluviale à cette période) ;
- La mise en œuvre de pistes d'accès depuis la rive et de batardeaux de ceinture conséquents :
    - Dispositions non nécessaires par exemple en cas de recours à des rideaux de palplanches : intervention en barge pour un niveau de retenue amont et aval normal, rideaux de pieux assurant un rôle d'écran étanche et de soutènement provisoire et définitif…

La mission géotechnique de conception (G2-PRO) assurée par SEMOFI a permis de confirmer la faisabilité technique de ce principe constructif comme développé en annexe du présent document.

3.7.2 Travaux préparatoires

a) Généralités

D'une façon générale, les travaux préparatoires consistent en la mise en œuvre :

- **D'accès, pistes, aires de stockage et bases de vies provisoires** dans l'environnement proche des travaux ;
    - Mise en place d'une piste d'accès provisoire dans le lit reliant la rive gauche du cours d'eau au déversoir, en aval de la zone à aménager en rive gauche, éventuellement traversée de buses en cas d'écoulement à assurer par le pertuis ;

    - Prolongement de la piste d'accès en contrebas du déversoir jusqu'à son extrémité en rive droite ;
- **D'aménagements et dispositions permettant la mise hors d'eau de l'emprise de travaux :**
    - Abaissement progressif de la retenue amont par ouverture de l'écluse en rive droite ;
    - Abaissement progressif de la retenue aval par ouverture du pertuis de vidange du site de la Roche-Chambellay ;
    - Mise en place d'un batardeau de ceinture de la zone à aménager en rive gauche en amont du déversoir, éventuellement traversé de buses en cas d'écoulement à assurer par le pertuis ;
    - Vidange de la zone ceinturée par pompage ;
- **D'un piquetage des aménagements.**

b) Aménagement des accès

Préambule

Il est rappelé que les dispositions décrites ci-après sont celles proposées par Setec Hydratec en phase Projet.

Celle-ci peuvent encore évoluer en fonction des éventuelles adaptations proposées par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre voire l'entreprise de travaux à l'issue de leur consultation.

A noter que le calendrier général d'exécution des travaux à l'échelle des 8 sites sur la Mayenne pourra orienter le choix des modalités d'accès, en particulier en fonction de la réalisation concomitante ou non d'une passe à anguille avec le dispositif de franchissement multi-espèces sur un même site.

Aménagement des accès et aires de stockage

La zone de projet se situe directement dans le lit de la Mayenne (domaine non cadastré) faisant partie du Domaine Public Fluvial (DPF), aux extrémités du déversoir principal :

- Passe à macrorugosités à proximité immédiate du pertuis de vidange en rive gauche du déversoir ;
- Passe à anguilles jouxtant le bajoyer en rive droite du déversoir.

L'accès à la rive gauche du projet est permis par la D78, la rue du Bourg et par cheminement sur la parcelle n°A0481 en bordure de la Mayenne.

A noter qu'une alternative pourrait également consister à accéder par la voirie menant directement au port fluvial en aval rive gauche du moulin.

Les opérations nécessiteront donc une convention de passage temporaire pour la durée des travaux.

Dans le cas présent, l'aménagement de pistes d'accès terrestres en remblai n'apparaît pas nécessaire compte tenu de la période d'intervention visée, et de la voirie existante en rive gauche jusqu'en bordure de la Mayenne.

Le stockage temporaire des matériaux (matériaux de déblais, fournitures diverses…) pourra se faire directement sur le terrain naturel en rive à proximité des aménagements (emplacement exact à définir en phase EXE en concertation avec le Département et le propriétaire de la parcelle privée en rive gauche).

Il est précisé enfin que l'entreprise de travaux aura à sa charge la réalisation d'un état des lieux (constat d'huissier) des portions de terrain utilisées comme accès au site et stockage temporaire des matériaux avant et après travaux.

L'entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'œuvre les mesures qu'il envisage de prendre pour respecter l'ensemble des contraintes d'environnement précisées dans le CCTP.

Aménagement d'une piste d'accès en rive gauche en aval du déversoir

L'accès à la zone de travaux en rive gauche sera assuré par une piste d'accès provisoire en remblais de type brut de minage de carrière (calibre **0-400 mm**) aménagée depuis la rive gauche en aval du moulin jusqu'au déversoir.

La piste présentera une largeur en crête de l'ordre de **5 m** pour permettre une évolution facilitée des engins de travaux et sera établie à la cote de retenue aval augmentée de **0.5 m** soit **20.35 m NGF**.

Les talus amont et aval présenteront un fruit minimal de **2/1 – H/V.**

Compte tenu de la cote de fond observée à ce niveau (**≈ 18.54 m NGF),** la hauteur du remblai sera de l'ordre de **1.8 m,** pour une section transversale de l'ordre de **16 m².**

Compte tenu de la longueur de la piste (≈ 50 m), le volume de matériaux nécessaire estimé pour la construction de la piste en rive gauche (matériaux compactés hors foisonnement) est estimé à **≈ 800 m3**.

La piste d'accès sera réalisée à l'avancement en poussant à la pelle mécanique les matériaux mouillés déjà en place et en ajoutant progressivement les matériaux apportés au niveau de la cavité ainsi crée avant remplissage par les eaux d'infiltration.

Les matériaux seront ensuite compactés par le cheminement progressif des pelles mécaniques depuis la crête.

La piste ne sera pas renforcée sur les talus par des enrochements de façon à ce que l'aménagement puisse s'effacer de lui-même et sans difficultés en cas de crue de grande ampleur, et qu'il ne constitue aucunement un obstacle aux écoulements.

En cas d'impossibilité d'ouvrir l'écluse en rive droite, la piste devra être traversée par des buses de grandes dimensions (diamètre 1 m minimum) accolées sur le fond afin de permettre les écoulements de la Sarthe au travers et en direction du pertuis de vidange.

Aménagement d'une piste d'accès en contrebas du déversoir

L'accès à l'extrémité rive droite du déversoir pour l'aménagement de la passe à anguilles sera assuré par une piste d'accès provisoire en remblais de type brut de minage de carrière (calibre **0-400 mm**) aménagée dans le prolongement de la piste accédant au déversoir depuis la rive gauche.

La piste présentera une largeur en crête de l'ordre de **4 m** pour permettre une évolution facilitée des engins de travaux et sera établie à la cote de retenue aval, soit **19.85 m NGF** (plus faible durée d'intervention ne justifiant pas nécessairement de prévoir une revanche par rapport à la cote de seuil aval).

Les talus amont et aval présenteront un fruit minimal de **3/2 – H/V.**

Compte tenu de la cote de fond observée à ce niveau (**≈ 18.35 m NGF),** la hauteur du remblai sera de l'ordre de **1.5 m,** pour une section transversale de l'ordre de **9 m².**

Compte tenu de la longueur de la piste (≈ 85 m), le volume de matériaux nécessaire estimé pour la construction de la piste en contrebas du seuil (matériaux compactés hors foisonnement) est estimé à **≈ 800 m3**.

Les dispositions constructives pour la mise en œuvre de la piste reprennent celles déjà évoquées pour la piste en rive gauche.

c) Mise hors d'eau de l'emprise des travaux

Dans le cas présent, la solution préconisée pour la mise hors d'eau de la zone de travaux consiste à :

- Abaisser la retenue amont par ouverture de l'écluse de Chenillé-Changé ;
- Abaisser la retenue aval par ouverture du pertuis de la Roche-Chambellay ;
- Mettre en œuvre une piste d'accès reliant la rive gauche au déversoir en aval du pertuis de vidange (voir supra) ;
- Mettre en œuvre un batardeau de ceinture en remblais en amont de la zone à aménager en rive gauche ;
- Vider les eaux d'exfiltration de nappe et d'infiltration au travers du batardeau autant que de besoin.

Cette opération sera menée sur une durée de l'ordre de **2 à 3 semaines minimum** au commencement des travaux. Le pompage de la zone ceinturée pourra être plus ou moins continu et s'étendre sur l'ensemble de la durée des travaux en fonction de l'importance des venues d'eau.

L'étalement de la durée d'abaissement :

- Evite l'élévation temporaire et significative du débit sur le cours de la Mayenne en aval ;
- Permet un équilibrage progressif de la nappe d'accompagnement avec le cours d'eau et évite les phénomènes de déstabilisation des berges par exfiltration ;
- Permet à la grande majorité des espèces piscicoles de s'adapter à l'abaissement du niveau d'eau et de se déplacer des zones de faibles profondeurs pouvant être exondées vers des zones plus profondes.

Le batardeau de ceinture amont pourra être construit à partir de matériaux argileux de type **A2 ou A3 (**classification **GTR),** soit des matériaux relativement étanches constitués par plus de **35%** de matériaux fins inférieurs à **80 µm**.

Le recours à ce type de matériaux permet d'atteindre classiquement une perméabilité de l'ordre de **10^{-6} à 10^{-7} m/s.**

Sa cote d'arase supérieure s'élèvera à **0.5 m** au-dessus de la cote du déversoir, soit **21.16 m NGF.**

Sa largeur en crête pourra être relativement mince (de l'ordre du mètre) et les fruits de talus relativement raides **(1/1 – H/V)** compte tenu de la bonne cohésion des matériaux employés.

Le volume de matériaux nécessaire estimé pour la construction des batardeaux de ceinture amont et aval (matériaux compactés hors foisonnement) est estimé à **≈ 500 m3**.

Concernant le dispositif à anguilles en rive gauche, le caractère surélevé de ce dernier (encastrement superficiel dans le déversoir) et la faible volumétrie de l'aménagement, amènent considérer une intervention relativement simple, rapide, et non sensible aux niveaux d'eau amont et aval en période de basses eaux. Le recours à des batardeaux de ceinture n'apparaît donc pas strictement nécessaire.

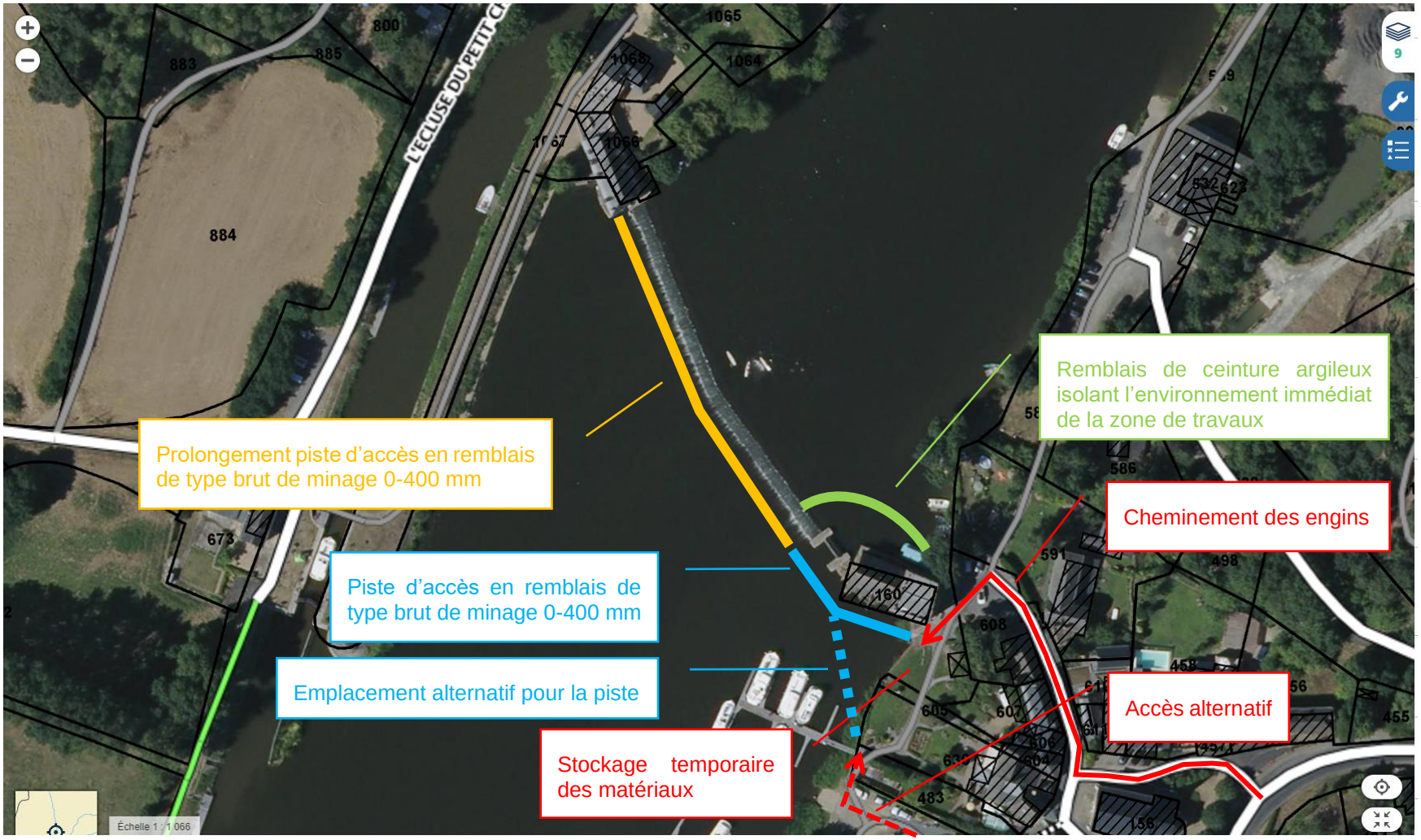


Figure 6. Accès au site de travaux en rive droite et stockage temporaire des matériaux

d) Pêche de sauvegarde

Malgré l'abaissement progressif de la retenue aval, l'emprisonnement d'espèces piscicoles au droit de la zone ceinturée par les batardeaux ne peut être totalement évité.

Une pêche de sauvegarde est alors préconisée. Celle-ci devra être organisée par un organisme ou entreprise assermentée par la DDT du Maine-et-Loire.

e) Implantation et piquetage des aménagements et réseaux

L'entreprise de travaux sera chargée de l'implantation et du piquetage planimétrique et altimétrique de l'ensemble des aménagements à créer.

Elle réalisera les levés topographiques complémentaires qu'elle jugera utile pour le bon déroulement des travaux.

Le système de référence à utiliser est le système de Nivellement Général de la France (NGF) IGN 69 en altimétrie, et le Lambert 93 CC47 en planimétrie.

Pour l'ensemble des opérations de piquetage, l'entreprise de travaux se rattachera aux bornes mises en places et repérées par ses soins, dans ce système de référence.

La matérialisation sur le terrain des points de définition des aménagements sera repérée en plan et en altimétrie par rapport à ces repères par l'entreprise de travaux et en présence du Maître d'œuvre.

Par ailleurs, il sera procédé, dans le même temps et sous la seule responsabilité de l'entreprise, au piquetage des ouvrages souterrains ou enterrés, tels que les canalisations ou câbles situés au droit ou au voisinage des ouvrages à exécuter.

Il est précisé qu'une Déclaration de Travaux a été réalisée sur le site de projet par Setec Hydratec en date du **10 décembre 2018**. **A l'issue du délai de réponse aux DT, les données transmises par les gestionnaires ne font pas état de la présence de réseaux dans l'emprise des travaux.**

Dans tous les cas de figure, l'entreprise de travaux devra réaliser les DICT préalablement au piquetage des réseaux.

3.7.3 Travaux de démolition soignée

Les travaux de démolition soignée concernent les emprises des dispositifs de franchissements piscicoles venant s'encastrer dans le déversoir.

Compte tenu des hauteurs à araser, de la sensibilité de l'ouvrage actuel et du souhait de conserver le génie civil environnant existant, il apparaît préférable de procéder à une démolition progressive et soignée par sciage des maçonneries depuis la crête.

La démolition par arrachement avec le godet d'une pelle hydraulique ou ayant recours au brise-roche hydraulique est proscrite de façon à éviter toute dégradation d'ampleur au-delà de la zone à démolir et toute vibration potentiellement néfaste à la stabilité de la structure sous-jacente.

La technique de sciage peut s'effectuer par couches successives de **0.4 à 0.5 m** d'épaisseur maximum dans le sens vertical en suivant des bandes parallèles, les maçonneries situées entre les traits de scie étant effacées dans un second temps au marteau burineur ou marteau-piqueur.

Concernant la passe à macrorugosités, la section d'ouverture réservera une épaisseur de **0.60 m** sous la cote supérieure de rugosité de fond la rampe, de façon à prévoir dans un second temps la réalisation de bas en haut :

- D'un radier en gros béton liée au corps de maçonnerie existant et mis à découvert, ayant vocation à maintenir en base les enrochements devant former les macrorugosités (épaisseur de radier de **0.3 m**) ;
- D'un coursier rugueux formés de blocs liaisonnés entre eux et au radier sous-jacent au gros béton (épaisseur de rugosité de **0.3 m**).

Concernant la passe à anguilles, la section d'ouverture réservera une épaisseur de **0.30 m** sous la cote supérieure de rugosité de la rampe, de façon à prévoir dans un second temps la réalisation d'un radier en béton armé lié au corps de maçonnerie existant et mis à découvert.

Les sondages géotechniques ont mis en évidence sous la carapace de moellons maçonnés du seuil, une composition interne caractérisée par des graves alluvionnaires liaisonnées au mortier (graves-ciment).

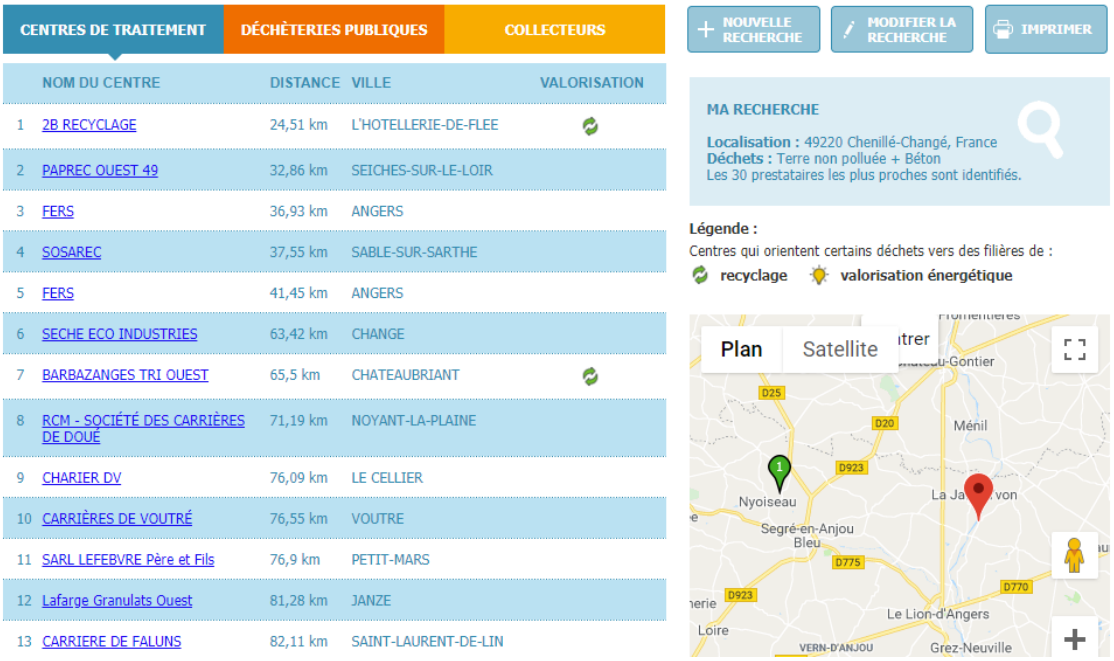
Il est donc tout à fait envisageable de prévoir un régalage des matériaux de démolition sur le fond du lit en aval du déversoir.

Les matériaux en béton armés, lorsqu'ils sont présents (poutre de pied aval par exemple), seront au préalable concassés et dépourvus des éventuelles armatures métalliques. Ces dernières seront évacuées vers une filière de valorisation/traitement/stockage adaptée.

En l'absence de pollution significative, ces derniers, s'ils ne sont pas réemployés sur site, pourront être évacués en ISDI (installations de stockage de déchets inertes).

A titre d'information, l'ISDND la plus proche est donnée sur la carte suivante (source: http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr).

Ainsi l'installation la plus proche est située sur la commune de l'Hôtellerie de Flée à près de 24 km à l'ouest de Chenillé-Changé, ce qui représente tout de même une distance significative.



CENTRES DE TRAITEMENT | DÉCHÈTERIES PUBLIQUES | COLLECTEURS

NOUVELLE RECHERCHE | MODIFIER LA RECHERCHE | IMPRIMER

	NOM DU CENTRE	DISTANCE	VILLE	VALORISATION
1	2B RECYCLAGE	24,51 km	L'HOTELLERIE-DE-FLEE	
2	PAPREC OUEST 49	32,86 km	SEICHES-SUR-LE-LOIR	
3	FERS	36,93 km	ANGERS	
4	SOSAREC	37,55 km	SABLE-SUR-SARTHE	
5	FERS	41,45 km	ANGERS	
6	SECHE ECO INDUSTRIES	63,42 km	CHANGE	
7	BARBAZANGES TRI OUEST	65,5 km	CHATEAUBRIANT	
8	RCM - SOCIÉTÉ DES CARRIÈRES DE DOUÉ	71,19 km	NOYANT-LA-PLAINE	
9	CHARIER DV	76,09 km	LE CELLIER	
10	CARRIÈRES DE VOUTRÉ	76,55 km	VOUTRE	
11	SARL LEFEBVRE Père et Fils	76,9 km	PETIT-MARS	
12	Lafarge Granulats Ouest	81,28 km	JANZE	
13	CARRIERE DE FALUNS	82,11 km	SAINT-LAURENT-DE-LIN	

MA RECHERCHE

Localisation : 49220 Chenillé-Changé, France
Déchets : Terre non polluée + Béton
Les 30 prestataires les plus proches sont identifiés.

Légende :
Centres qui orientent certains déchets vers des filières de :
recyclage | valorisation énergétique

Figure 7. Localisation de l'ISDI la plus proche – Source : http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr

3.7.4 Travaux de construction de la passe à macrorugosités

a) Travaux de terrassement

Comme évoqué précédemment, le principe général de construction retenu conduira à faire reposer le radier général de l'aménagement sur un remblai de matériaux granulaires compactés en dehors du déversoir, se raccordant en talus au fond environnant.

L'espace situé entre le fond actuel, le radier général de l'aménagement et les parements d'enrochements devant recouvrir les talus, sera donc remblayé par l'emploi de matériaux granulaires de type **CP45-125**, mis en place par couches successives compactées.

Les matériaux seront mis en œuvre après déroulement d'un géotextile synthétique non-tissé (densité > 250 g/m²) déroulé sur le fond actuel.

Les fruits des talus de raccordement seront limités à **3/2** (Horizontal / Vertical).

b) Travaux de construction

3.7.4.b.1 Construction des murs d'encadrement en béton armé coffré

Les limites latérales de la passe à macrorugosités seront formées de murs d'encadrement en béton armé de **0.5 m** d'épaisseur. Sur les parties émergentes et jusqu'à **0.5 m** sous la surface de l'eau, l'épaisseur de mur en béton armé sera limitée à **0.3 m**. Les murs seront à ce niveau recouverts sur les côtés et la partie supérieure par des parements de pierres naturelles liaisonnées au mortier de **0.1 m** d'épaisseur. Les pierres devront être d'origine locale, de nature et d'apparence semblables à celles existantes du génie civil environnant (bajoyer du pertuis de vidange).

Ainsi, l'entreprise soumettra en phase **EXE** les fiches d'agrément relatives aux matériaux de recouvrement des murs qui seront réellement employés pour **VISA** du maître d'œuvre, après consultation du maître d'ouvrage et de la **DRAC**.

Ces murs seront fondés directement sur le radier général de la rampe, reposant lui-même :

- Sur un fond de forme remblayé par apport de matériaux granulaires compactés par couches en amont du déversoir ;
- Sur l'assise du corps de maçonnerie restant après démolition soignée et partielle dans l'emprise du déversoir existant.

Sur la partie amont de la passe à macrorugosités et jusqu'en limite de crête du déversoir, la cote d'arase supérieure des murs sera calée sur le sommet du bloc le plus haut situé sur la rangée amont, soit **21.39 m NGF** (+0.15 m / Z eau au double module).

Sur la partie aval de la passe à macrorugosités, en aval de la crête du déversoir donc, la cote d'arase supérieure sera décroissante pour aboutir en aval de l'aménagement à la cote du sommet du bloc le plus haut situé sur la rangée aval, soit **20.58 m NGF** (+0.27 m / Z eau au double module).

Ces choix altimétriques permettront ainsi d'isoler totalement les écoulements de la passe sur l'ensemble de la gamme hydrologique de bon fonctionnement visée, et même légèrement au-delà. En régime de crue, l'ouvrage sera en revanche totalement noyé.

3.7.4.b.2 Protection du pourtour de l'aménagement en enrochements maçonnés

La plateforme de remblai en dehors de l'emprise du déversoir devant supporter les aménagements nouveaux se prolongera en talus jusqu'au fond environnant (fruit de 3/2 – H/V).

Ces derniers seront recouverts d'un parement de protection en enrochements maçonnés de **0.5 m** d'épaisseur, employant des blocs de type **LMA 40-200,** et se prolongeant en pied par un bêche d'ancrage de **0.5 m** d'épaisseur sur **1 m** de long.

Les enrochements seront posés sur un géotextile synthétique non-tissé (densité > **250 g/m²)** préalablement déroulé sur les talus et en fond de bêche d'ancrage.

3.7.4.b.3 Mise en œuvre de drains en dehors de l'emprise du seuil

Afin d'éviter l'exercice de sous-pressions dans le corps de remblai en dehors du seuil, potentiellement néfastes à la tenue des parements d'enrochements, des drains transversaux seront mis en place sous le radier général de l'aménagement, qu'ils traverseront de part en part pour situer leur exutoire au contact de la retenue (traversée des parements d'enrochements à prévoir).

Dans le cas préconisé, il est préconisé la mise en œuvre des **3 drains PVC** de type Rehau (diam. 160 mm) espacés longitudinalement de **3 m** en amont du déversoir.

3.7.4.b.4 Mise en œuvre du radier de la passe à macrorugosités

Le radier de la passe à macrorugosités sera constitué :

- En partie inférieure par une couche de béton non armé de **0.3 m** d'épaisseur dans laquelle seront enchâssés les « menhirs » ou blocs formant les macrorugosités et « l'armement » du radier. Ce dernier constituera sur ses bordures l'assise des murs d'encadrement en maçonnerie ou béton armé ;
- En partie supérieure par un coursier rugueux de **0.3 m** d'épaisseur formé de petits blocs liaisonnés au béton entre eux et à la partie inférieure du radier.

Le radier de l'aménagement présentera :

- Un pendage transversal de **5.7 %,** le côté le plus profond étant situé en rive gauche ;
- Un pendage longitudinal nul en entrée et en sortie hydraulique de l'aménagement sur une longueur de **1 m** respectivement ;
- Un pendage longitudinal de **5%** sur une longueur utile de **16.20 m** (hors zones de raccordement amont et aval précitées.

Les « menhirs » prendront la forme de blocs d'enrochements naturels taillés.

Ils devront être anguleux et présenter au moins une face plane dominante et de largeur proche du diamètre nominal des blocs (**0.4 m**). Ils présenteront une hauteur totale de **1.25 m** et seront enchâssés dans le radier sur une hauteur de **0.5 m** de façon à réserver une hauteur utile de **0.75 m** au-dessus la cote supérieure de rugosité.

Les menhirs seront disposés conformément aux plans de conception selon la trame définie, en veillant à disposer les faces les plus planes perpendiculairement aux murs d'encadrement.

Exemple de rugosité de fond sur une asse à macrorugosités (Malhaute sur l'Orb)

La partie supérieure du radier sera formée par l'agencement de petits blocs de calibre **200-300 mm** liaisonnés au béton. Leur appareillage veillera à laisser un espacement et des creux suffisants entre les pierres (**0.05-0.10 m** environ en plan et **0.10 m** en hauteur) pour permettre une réduction importante des vitesses sur le fond et une progression facilitée des espèces de faibles capacités de nage (anguille notamment).

A ce stade, il apparaît judicieux de réaliser un point d'arrêt en phase chantier après la mise en œuvre d'une planche « test » sur une petite

surface pour validation du maître d'œuvre avant la poursuite de l'opération sur l'ensemble du radier.

Il est rappelé que les cotes de radier précisées sur les plans de conception correspondent à la limite supérieure de rugosité (cote supérieure de 0.1 m à la limite supérieure de béton de liaison des blocs).

c) Equipements divers

3.7.4.c.1 Protection de la prise d'eau amont

La protection de la prise d'eau amont de l'aménagement apparaît indispensable en vue d'éviter l'accumulation de corps flottants et garantir son bon fonctionnement hydraulique et piscicole en tout temps.

Dans le cas présent, il est proposé de recourir à un double alignement de pieux de châtaignier fichés sur le fond sur au moins le tiers de leur hauteur.

Ces derniers présenteront un diamètre d'au moins **0.2 m** et un entre axe de **1.4 m.**

Après enfoncement à l'aide d'un matériel adapté (enfonce-pieux par exemple), la limite supérieure des pieux sera recepée à la cote amont des murs d'encadrement, soit **21.39 m NGF.**

Compte tenu de la cote de fond du lit à l'emplacement de la protection **(≈ 17.4 m NGF),** les pieux devront présenter une hauteur totale d'au moins **6 m** environ (dont **≈ 2 m** fiché dans le fond du lit).

Les rangées de pieux seront disposés conformément aux plans de conception de façon à former une pointe amont dans l'axe médian de la passe, afin que les éventuels corps flottants apportés par le courant soient naturellement reportés de chaque côté de la passe (pertuis de vidange ou déversoir).

Les pieux pourront être maintenus entre eux par deux lames de bois de faibles hauteur (**0.10 m** maximum) calées au-dessus du niveau de retenue normal (**20.66 m NGF**) et séparées verticalement de **0.4 m.**

Compte tenu du caractère relativement imposant du dispositif, le Département de Maine-et-Loire pourra finalement opter pour une protection de plus faible envergure de type drome flottante.

3.7.4.c.2 Contrôle des niveaux d'eau

Le contrôle des niveaux d'eau sur la Mayenne de part et d'autre de l'ouvrage est déjà permis par une lecture directe sur des échelles limnimétriques fixées de part et d'autre de l'écluse située en rive droite. Il n'y donc pas nécessité d'en mettre en place de nouvelles.

Il apparaît judicieux toutefois de faire inscrire la cote moyenne de déversoir (cote de navigation) en m NGF.

3.7.5 Travaux de construction de la passe à anguilles

3.7.5.a.1 Construction des murs d'encadrement en béton armé coffré

Les limites latérales de la passe à anguilles seront formées de murs d'encadrement en béton armé d'une épaisseur de **0.2 m** et seront recouverts de parements de pierres naturelles de 5 cm d'épaisseur liaisonnées au mortier. Comme pour la passe à macrorugosités, les pierres devront être d'origine locale, de nature et d'apparence semblables à celles existantes du bâti environnant (moulin en rive droite).

Ainsi, l'entreprise soumettra en phase **EXE** les fiches d'agrément relatives aux matériaux de recouvrement des murs qui seront réellement employés pour **VISA** du maître d'œuvre, après consultation du maître d'ouvrage et de la **DRAC**.

Ces murs seront fondés directement sur le radier général de la rampe, reposant lui-même sur l'assise du corps de maçonnerie restant après démolition soignée et partielle dans l'emprise du déversoir existant.

Sur la partie amont de la passe à anguilles et jusqu'en limite de crête du déversoir, la cote d'arase supérieure des murs sera calée sur la cote de retenue atteinte pour le **centile 90** (**DC90** atteint ou dépassé **10%** du temps en année moyenne), soit **21.33 m NGF**.

Sur la partie aval de la passe à macrorugosités, en aval de la crête du déversoir donc, la cote d'arase supérieure sera décroissante en suivant la pente de la rampe **(27%)** pour aboutir en limite aval de l'aménagement à une cote de **20.12 m NGF.**

Ces choix altimétriques permettront ainsi d'isoler totalement les écoulements de la passe sur l'ensemble de la gamme hydrologique de bon fonctionnement visée. En régime de crue, l'ouvrage sera en revanche totalement noyé.

3.7.5.a.2 Mise en œuvre du radier de la passe à anguilles

Le radier de la passe à anguilles sera constitué :

- En amont de la crête de déversoir, par un radier en béton armé de **0.3 m** d'épaisseur plongeant en contrepente dans la retenue selon un fruit de **2/1** (Horizontal/vertical) jusqu'en limite de maçonnerie du déversoir actuel ;
- En aval de la crête de déversoir par un radier en béton armé de **0.3 m** d'épaisseur incliné vers l'aval à **27%** sur une longueur de **5.56 m** et surmonté d'un revêtement rugueux adapté à l'anguille ;
- En aval du parement incliné, par le prolongeant du radier amont à pente nulle jusqu'à l'atteinte du parement du déversoir actuel.

Le radier de l'aménagement présentera sur toute sa longueur un pendage transversal de **25 %,** le côté le plus profond étant situé en rive droite.

Le radier de l'aménagement sera calé sur la cote basse transversale de l'aménagement, diminué de l'épaisseur de la dalle à plots (y compris épaisseur de rugosité).

Le remplissage de l'espace situé entre le radier et le revêtement rugueux sera assuré par l'emploi de gros béton.

Ce dernier sera constitué de dalles à plots préfabriquées en béton présentant un espacement minimal entre plots de **15 mm.**

Les plans d'EXE des dalles à plots seront réalisés par l'entreprise de travaux et soumis à l'agrément du maître d'ouvrage et **VISA** du maître d'œuvre en phase **EXE**.

Il est précisé que les cotes de rampe précisées sur les plans de conception correspondent à la limite supérieure de rugosité des dalles à plots.

3.7.6 Travaux de finition

a) Retrait des pistes d'accès

Les pistes d'accès seront démontées en fin de chantier et les matériaux évacués vers une filière de traitement/stockage/valorisation appropriée.

Pour rappel, le projet ne prévoit pas la mise en place de pistes d'accès terrestres compte tenu de la période d'intervention envisagée (fin de période estivale).

Si la mise en œuvre d'une telle piste venait toutefois à se justifier (décalage des travaux en période humide, faible portance et résistance des sols au passage répété des engins…), l'entreprise apportera une attention particulière au retrait des éventuels résidus de géotextile qui auraient pu être déchirés et ancrés au sol sous-jacent.

b) Evacuation des déchets

Les déchets et matériaux excédentaires (déblais, matériaux de piste…) seront évacués vers une filière de stockage/traitement/valorisation appropriée.

c) Remise en état des terrains

Les terrains empruntés pour la réalisation des travaux seront remis en état en fin d'opération.

Concernant les terrains en herbe situés sous les éventuelles pistes d'accès terrestres, et les aires de stockage temporaire des matériaux, les sols seront décompactés et réengazonnés par un mélange grainier adapté.

Concernant plus particulièrement les chemins existants empruntés, un réempierrement pourra être effectué si ces derniers venaient à être détériorés.

d) Mise en eau des aménagements

La mise en eau de l'aménagement pourra être effectuée une fois les travaux finalisés, les accès retirés et les terrains remis en état.

Celle-ci pourra se faire par fermeture progressive de l'écluse en rive droite du pertuis de vidange du site de la Roche-Chambellay puis de Chenillé-Changé.

3.8 MOYENS MATERIELS ET HUMAINS A MOBILISER

Les différents travaux à réaliser nécessitent principalement l'intervention de pelles mécaniques et d'un camion benne pour les opérations de terrassement, d'un matériel adapté à la mise en œuvre des opérations de démolition soignée (scies à béton, marteau-burineur, marteau-piqueur…), d'un matériel de pompage adapté à la vidange des eaux comprises dans les enceintes batardées et les eaux d'infiltrations sur les zones de travaux, d'un camion malaxeur et d'une pompe à béton, et de personnels qualifiés pour la mise en œuvre des enrochements et la réalisation d'ouvrages en béton.

3.9 PHASAGE DES TRAVAUX

La période la plus propice pour la conduite des travaux se situe à cheval sur la fin de période estivale et le début de période automnale (travaux de terrassement et de maçonnerie en période de basses eaux).

Les interventions en fin de période estivale permettent en effet :

- D'éviter les périodes de fraie des poissons;
- De limiter fortement le départ des fines vers l'aval, préjudiciable pour le milieu aquatique ;

- De faciliter les opérations de mise à sec et l'intervention des engins dans le cours d'eau.

Les saisons hivernales et printanières sont à éviter au regard des risques de crues, des conditions d'humidité pouvant contraindre les opérations de terrassement, des risques de basses températures pouvant contraindre les travaux de génie civil.

La saison estivale est également à éviter en raison de l'importance du tourisme fluvial sur le secteur.

Ainsi, il apparaît nécessaire de limiter la réalisation des travaux à une durée de 3 mois maximum, idéalement sur les mois de septembre à novembre maximum.

Le tableau ci-après propose un calendrier pour la conduite des travaux.

Ce dernier pourra être précisé par semaine par les entreprises de travaux au moment de la remise de leur offre (phase ACT), et dans tous les cas par l'entreprise retenue par la collectivité en phase EXE/VISA.

Décomposition des taches	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Période de préparation de l'entreprise de travaux						
PPSPS, prise en compte des préconisations du CSPS, Etudes d'exécutions et VISA du maître d'œuvre, commande des fournitures…						
Travaux préparatoires						
Abaissement des retenues amont et aval et mise en œuvre des pistes d'accès et batardeaux						
Travaux de démolition et de terrassement						
Travaux de construction						
Travaux de finition						

Tableau 12. Calendrier proposé pour les travaux

NB : il est rappelé que le calendrier d'exécution proposé par Setec Hydratec en phase Projet fait l'hypothèse d'une réalisation concomitante de la passe à anguilles avec le dispositif de franchissement multi-espèces.

Le calendrier pourra évoluer dans le cas où le maître d'ouvrage souhaiterait dissocier leur réalisation (mise en œuvre des passes à anguilles sur les 8 sites sur une même année d'écourues par exemple, indépendamment de la réalisation des passes multi-espèces).

3.10 REPRESENTATION DES AMENAGEMENTS

Les plans des aménagements (vues en plan et coupes) sont donnés en annexe du présent document (vue en plan et coupes de détail sur document au format A0).

3.11 MODALITES DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET

3.11.1 Dossier réglementaire préalable aux travaux

Le projet d'aménagement constitue une modification notable mais non substantielle du site, impliquant la mise en œuvre d'une procédure de régularisation administrative avec prise d'arrêté complémentaire soumis à l'avis du CODERST (**Article R214-18 CE**).

Au regard de la nature des travaux envisagés, le contenu du ou des dossiers réglementaires devra se rapprocher de celui d'un dossier de déclaration, devant alors contenir les pièces suivantes :

- Le nom et l'adresse du demandeur ;
- L'emplacement sur lequel l'installation, l'ouvrage, les travaux ou l'activité doivent être réalisés ;
- La nature, la consistance, le volume et l'objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dans lesquelles ils doivent être rangés ;
- Un document d'incidence indiquant;
    - Les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes, du projet sur la ressource en eau ;
    - S'il y a lieu, les mesures correctives ou compensatoires envisagées ;
    - Les moyens de surveillance prévus et , si l'opération présente un danger, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ;
    - Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension du projet ;
    - Les éléments indiquant la compatibilité du plan d'intervention avec les documents de planification de la politique de l'eau ;

Compte tenu de la présence du site au sein de la zone NATURA 2000 FR5200630 « Basses vallées angevines, aval de la rivière Mayenne et prairies de la Baumette », une notice d'incidence NATURA 2000 sera nécessaire en accompagnement du dossier réglementaire.

Il est à noter d'ores et déjà que le projet ne changera pas les conditions environnementales du site compte tenu de l'absence de modification notable des lignes d'eau.

Des préconisations environnementales particulières pourront toutefois s'avérer nécessaires en phase travaux du fait notamment des mises hors d'eau temporaires et d'éventuels déboisements/défrichements nécessaires sur les emprises de travaux et les accès.

Cette phase d'étude sera réalisée par Setec Hydratec, dans le cadre de la présente prestation commanditée par l'Etablissement public Loire.

Dans le cadre de la présente démarche, Setec Hydratec réalisera une proposition de dossier réglementaire qui pourra par la suite être complétée par le maitre d'ouvrages des travaux si des études complémentaires s'avéraient nécessaires (zones humides, etc.).

3.11.2 Maîtrise d'œuvre des travaux

Une mission de maîtrise d'œuvre de travaux apparaît nécessaire pour la conduite de l'ensemble de l'opération compte tenu des besoins d'ingénierie et des exigences de précision et de pérennité des aménagements, et de résultats à long terme.

La prestation comprend dès lors les phases suivantes :

- **ACT :** Assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation du contrat de travaux ;
- **EXE-VISA**: Etudes d'exécution : examen de la conformité au projet et le visa de celles qui ont été faites par l'entrepreneur ;
- **DET :** Direction de l'exécution du contrat de travaux ;
- **AOR :** Assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement ;

Cette phase d'étude devra être réalisée par un prestataire disposant de compétences en génie civil des ouvrages hydrauliques, génie fluvial et écologique.

3.12 ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX

3.12.1 Méthodologie d'évaluation des coûts

L'analyse des coûts des aménagements recouvre :

- Les frais généraux, liés à l'installation de chantier, aux travaux préparatoires, à la remise en état du site en fin de travaux et au repli de chantier ;
- Les coûts de réalisation ;
- Les coûts de gestion et entretien annuels.

Les travaux ont été décomposés par postes, auxquels ont été appliqués des coûts unitaires ou forfaitaires sécuritaires.

Le projet d'aménagement a fait alors l'objet d'une évaluation financière globale moyenne à partir des avant-métrés établis et l'application de coûts moyens et sécuritaires observés pour ce type de travaux.

Les estimations ont été réalisées à partir :

- Du retour d'expérience de Setec Hydratec sur le chiffrage de solutions d'aménagements équivalentes ;
- D'une base de donnée exhaustive et récente de devis d'entreprises relatifs à des travaux sur cours d'eau ;
- Des données statistiques de l'AFB concernant le coût des passes à poissons.

3.12.2 Synthèse

La synthèse des coûts estimatifs du projet d'aménagement est présentée dans le tableau ci-après.

Coûts de travaux HT (€)	PRO – Site de Chenillé-Changé
Prix généraux	89 000
Dispositif de franchissement multi-espèces – Passe à macrorugosités	138 000
Passe à anguilles	23 000
Divers et imprévus (5% total travaux)	13 000
Maîtrise d'œuvre (8% total travaux)	20 000
TOTAL € HT	**283 000**
Coûts de gestion et entretien annuels € HT	≈ 3000

Tableau 13. Synthèse des coûts estimatifs du projet

3.12.3 Détail

Le détail des coûts estimatifs relatifs aux travaux de restauration de la continuité écologique sur le site de Chenillé-Changé est présenté dans les tableaux ci-après.

Chenillé-Changé - PRO				
Définition	**Unités**	**Quantités**	**Prix unitaires**	**S/total**
Prix généraux				
Installation et repli de chantier	ft	1.0	25000.0	25 000 €
Débroussaillage	m²	0.0	1.5	- €
Abattage, déssouchage - Hypothèse 0.5 arbre/ml	U	0.0	80.0	- €
Mise en place d'un ponton provisoire sur écluse	ft	0.0	20000.0	- €
Piste d'accès terrestre - Mise en œuvre et repli en fin de chantier	ml	0.0	60.0	- €
Pistes d'accès en rivière	T	3392.0	15.0	50 880 €
Batardeaux de ceinture et épuisement des eaux	ft	1.0	8000.0	8 000 €
Etudes d'éxécution, constats d'huissiers, implantation, DOE	ft	1.0	5000.0	5 000 €
Pêche de sauvegarde	ft	0.0	1500.0	- €
Sous-total prix généraux				**88 880 €**
Sous-total arrondi				**89 000 €**

Passe à macrorugosités				
Terrassements et enrochements				
Démolition soignée du seuil existant et évacuation	m3	77.9	150.0	11 680 €
Déblais et évacuation	m3	0.0	15.0	- €
Remblais compacté	m3	220.9	40.0	8 837 €
Enrochements maçonnés	m3	113.8	120.0	13 654 €
Enrochements principaux de la passe à macrorugosités (h=1,25 m DN=0,4 m)	u	162.0	130.0	21 060 €
Enrochements secondaires maçonnés de la passe à macrorugosités (calibre 200/300 mm)	T	76.8	120.0	9 212 €
Sous total terrassements et enrochements				**64 443 €**
Sous-total arrondi				**65 000 €**
Genie civil				
Gros béton de blocage pour radier	m3	50.4	200.0	10 073 €
Béton pour murs d'encadrement	m3	23.1	250.0	5 784 €
Coffrage des murs d'encadrement en béton armé	m²	135.0	65.0	8 775 €
Armatures HA pour murs d'encadrement en béton armé	kg	2700.0	3.0	8 100 €
Scellements aux ouvrages existants (densité ≈ 1/m²)	u	105.0	50.0	5 250 €
Lanières drainantes	ml	33.3	20.0	666 €
Parements de pierres	m²	106.1	300.0	31 839 €
Sous total génie civil				**70 488 €**
Sous-total arrondi				**70 000 €**
Equipements				
Pare-embacle	u	1.0	3000.0	3 000 €
Sous total équipements				**3 000 €**
Sous-total arrondi				**3 000 €**
Total Passe à macrorugosités € HT				**138 000 €**

Passe à anguilles				
Terrassements et enrochements				
Démolition soignée du seuil existant et évacuation	m3	12.4	150.0	1 860 €
Sous total terrassements et enrochements				**1 860 €**
Sous-total arrondi				**2 000 €**
Genie civil				
Béton pour le radier et les murs d'encadrement	m3	12.3	250.0	3 063 €
Coffrage des murs d'encadrement en béton armé	m²	37.6	65.0	2 444 €
Armatures HA pour radier et murs d'encadrement en béton armé	kg	1047.9	3.0	3 144 €
Scellements aux ouvrages existants (densité ≈ 1/m²)	u	35.0	50.0	1 750 €
Béton de remplissage pour la formation du coursier incliné	m3	7.0	200.0	1 403 €
Parements de pierres	m²	16.9	300.0	5 083 €
Sous total génie civil				**16 887 €**
Sous-total arrondi				**17 000 €**
Equipements				
Dalles à plots	m²	17.2	220.0	3 775 €
Sous total équipements				**3 775 €**
Sous-total arrondi				**4 000 €**

Total Passe anguilles € HT	**23 000 €**

Divers et imprévus	
Divers et imprévus - 5 % du prix des travaux	12 500 €
Sous-total arrondi	**13 000 €**

Maîtrise d'œuvre	
Maîtrise d'œuvre de travaux - 8 % du prix des travaux	20 000 €
Sous-total arrondi	**20 000 €**

TOTAL € HT	**283 000 €**

Tableau 14. Détail des couts estimatifs du projet

3.12.4 Possibilités de financement des travaux

Les possibilités de financement des travaux envisagés reposent essentiellement sur les aides de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne dans le cadre de son **11ième programme adopté en octobre 2018**, en vigueur pour la période **2019-2024.**

D'autres possibilités de financement par les collectivités pourront également être envisagées dans la limite d'un plafond d'aides publiques maximal de **80%.**

Les taux d'aide de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne sont présentés dans le tableau suivant.

Opération aidée par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne	Taux d'aide éligible
Travaux d'effacement ou d'arasement d'obstacles à l'écoulement	**Taux maximal: 70%**
Travaux d'équipement, de contournement ou de gestion d'obstacles à l'écoulement	**Taux prioritaire: 50%**

Tableau 22. Interventions financières de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne pour les opérations de restauration de la continuité écologique dans le cadre de son 11ième programme (2019-2024)

Compte tenu du classement du cours d'eau en liste 2 au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement et du type de solution retenu (équipement), le projet est éligible à un taux d'aide de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne de **50% (taux prioritaire).**

4 EVALUATION DES INCIDENCES DES MESURES DE RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE

4.1 IMPACTS DES MESURES SUR LA CONTINUITE PISCICOLE

L'efficacité des mesures sur la continuité piscicole a déjà été analysée précédemment à travers l'analyse de la fonctionnalité des équipements.

En synthèse, à l'échelle du complexe hydraulique, la continuité piscicole est assurée la majeure partie de l'année pour l'ensemble des espèces cibles.

Il est utile de rappeler que l'efficacité de franchissement des équipements reste subordonnée à leur obligation d'entretien et de gestion à long terme.

4.2 IMPACTS HYDRAULIQUES

Les tableaux pages suivantes reportent les lignes d'eau et débits dérivés par partie d'ouvrage en situation aménagée et en cas de gestion non régulée du pertuis de vidange pour les débits classés et les débits de références d'intérêts, ainsi que les impacts induits par rapport à la situation actuelle en configuration usuelle (pertuis de vidange fermé).

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- **Concernant l'évolution des niveaux d'eau :**
  - La configuration de projet se traduit par une légère diminution des niveaux d'eaux amont (-0.01 à -0.02 m), qui n'est pas significative. Le niveau d'eau amont reste dans tous les cas supérieur à la cote de retenue normale pour les régimes hydrologiques ordinaires ;
  - Compte tenu de la diminution des niveaux d'eau sur la retenue aval du même ordre de grandeur qu'à l'amont, la hauteur de chute se trouve quasi-inchangée ;
  - La hauteur de chute au droit du déversoir tend à augmenter avec l'élévation du débit du cours d'eau. Elle s'établit par exemple au double module à **1.03 m contre 0.81 m** au DMR ;
- **Concernant la répartition des eaux :**
  - La configuration de projet se traduit par une moindre surverse au droit des différentes parties d'ouvrages au profit de l'alimentation du dispositif de franchissement piscicole.

Pour les situations de crue les impacts des aménagements et modalités de gestion sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement sont négligeables.

	Régime hydrologique	Fréquences de non dépassement %	Q Total m3/s	Q PAP PM m3/s	Q Seuil m3/s	Q Pertuis m3/s	Q OH 1 m3/s	Q OH 2 m3/s	Q OH 3 m3/s	Q OH 4 m3/s	Q PAP PM %	Q Seuil %	Q Pertuis %	Q OH 1 %	Q OH 2 %	Q OH 3 %	Q OH 4 %	Z amont m NGF	Z aval m NGF	Chute m
Débits classés	DC 90%	90%	97.58	14.06	72.37	5.16	1.47	0.87	0.98	2.85	14%	74%	5%	2%	1%	1%	3%	21.33	20.27	1.06
	DC 80%	80%	57.75	6.50	43.85	2.68	0.95	0.87	0.98	1.93	11%	76%	5%	2%	2%	2%	3%	21.14	20.14	1.00
	DC 70%	70%	38.03	5.20	27.22	1.66	0.64	0.87	0.98	1.45	14%	72%	4%	2%	2%	3%	4%	21.01	20.07	0.94
	DC 60%	60%	26.78	4.31	17.92	1.10	0.47	0.87	0.98	1.14	16%	67%	4%	2%	3%	4%	4%	20.92	20.02	0.90
	DC 50%	50%	19.02	3.46	11.66	0.71	0.34	0.87	0.98	0.98	18%	61%	4%	2%	5%	5%	5%	20.86	19.98	0.88
	DC 40%	40%	13.74	3.04	7.30	0.45	0.25	0.87	0.98	0.84	22%	53%	3%	2%	6%	7%	6%	20.81	19.95	0.85
	DC 30%	30%	9.81	2.63	4.15	0.25	0.18	0.87	0.98	0.73	27%	42%	3%	2%	9%	10%	7%	20.76	19.93	0.83
	DC 20%	20%	7.12	2.40	1.98	0.12	0.13	0.87	0.98	0.64	34%	28%	2%	2%	12%	14%	9%	20.72	19.91	0.81
	DC 10%	10%	4.98	2.32	1.79	0.11	0.12	0.00	0.00	0.63	47%	36%	2%	3%	0%	0%	13%	20.72	19.89	0.83
	DC 5%	5%	3.66	2.17	0.78	0.05	0.10	0.00	0.00	0.57	59%	21%	1%	3%	0%	0%	15%	20.69	19.87	0.82
Débits de référence	**QMNA5**	4%	**3.29**	2.09	0.52	0.03	0.09	0.00	0.00	0.55	64%	16%	1%	3%	0%	0%	17%	20.69	19.87	0.82
	DMR	6%	**3.88**	2.17	0.97	0.06	0.10	0.00	0.00	0.58	56%	25%	2%	3%	0%	0%	15%	20.70	19.88	0.82
	Q Médian	50%	**19.00**	3.46	11.64	0.71	0.34	0.87	0.98	0.98	18%	61%	4%	2%	5%	5%	5%	20.86	19.98	0.88
	Module	70%	**38.83**	5.30	27.85	1.70	0.66	0.87	0.98	1.48	14%	72%	4%	2%	2%	3%	4%	21.01	20.07	0.94
	Double module	85%	**77.66**	10.19	58.43	3.57	1.22	0.87	0.98	2.40	13%	75%	5%	2%	1%	1%	3%	21.24	20.21	1.03
	Déc.	81%	62.03	6.75	47.48	2.90	1.02	0.87	0.98	2.03	11%	77%	5%	2%	1%	2%	3%	21.17	20.16	1.01

Tableau 15. Lignes d'eau et répartition des eaux en situation de projet pour les régimes ordinaires

	Régime hydrologique	Fréquences de non dépassement %	Q Total m3/s	Δ Q PAP PM m3/s	Δ Q Seuil m3/s	Δ Q Pertuis m3/s	Δ Q OH 1 m3/s	Δ Q OH 2 m3/s	Δ Q OH 3 m3/s	Δ Q OH 4 m3/s	Δ Q PAP PM %	Δ Q Seuil %	Δ Q Pertuis %	Δ Q OH 1 %	Δ Q OH 2 %	Δ Q OH 3 %	Δ Q OH 4 %	Δ Z amont m NGF	Δ Z aval m NGF	Δ Chute m
Débits classés	DC 90%	90%	97.58	14.06	-13.43	-0.26	-0.06	0.00	0.00	-0.11	100%	-16%	-5%	-4%	0%	0%	-4%	-0.02	-0.01	-0.01
	DC 80%	80%	57.75	6.50	-6.41	-0.04	-0.01	0.00	0.00	-0.02	100%	-13%	-1%	-1%	0%	0%	-1%	0.00	-0.01	0.01
	DC 70%	70%	38.03	5.20	-5.05	-0.08	-0.03	0.00	0.00	-0.04	100%	-16%	-5%	-4%	0%	0%	-3%	-0.01	-0.01	0.00
	DC 60%	60%	26.78	4.31	-4.11	-0.10	-0.03	0.00	0.00	-0.06	100%	-19%	-8%	-6%	0%	0%	-5%	-0.02	-0.01	0.00
	DC 50%	50%	19.02	3.46	-3.30	-0.10	-0.03	0.00	0.00	-0.04	100%	-22%	-12%	-8%	0%	0%	-4%	-0.02	-0.01	0.00
	DC 40%	40%	13.74	3.04	-2.85	-0.10	-0.04	0.00	0.00	-0.05	100%	-28%	-19%	-12%	0%	0%	-6%	-0.02	-0.01	-0.01
	DC 30%	30%	9.81	2.63	-2.43	-0.10	-0.04	0.00	0.00	-0.06	100%	-37%	-29%	-17%	0%	0%	-8%	-0.03	-0.01	-0.01
	DC 20%	20%	7.12	2.40	-2.18	-0.10	-0.04	0.00	0.00	-0.08	100%	-52%	-46%	-25%	0%	0%	-11%	-0.03	-0.02	-0.01
	DC 10%	10%	4.98	2.32	-0.45	-0.01	-0.01	-0.87	-0.98	-0.01	100%	-20%	-10%	-4%	-100%	-100%	-1%	0.00	-0.02	0.01
	DC 5%	5%	3.66	2.17	-0.29	-0.01	-0.01	-0.87	-0.98	-0.01	100%	-27%	-17%	-5%	-100%	-100%	-2%	0.00	-0.02	0.02
Débits de référence	**QMNA5**	4%	**3.29**	2.09	-0.21	-0.01	0.00	-0.87	-0.98	-0.01	100%	-29%	-20%	-5%	-100%	-100%	-2%	0.00	-0.02	0.02
	DMR	6%	**3.88**	2.17	-0.30	-0.01	0.00	-0.87	-0.98	-0.01	100%	-23%	-13%	-4%	-100%	-100%	-1%	0.00	-0.02	0.02
	Q Médian	50%	**19.00**	3.46	-3.29	-0.10	-0.03	0.00	0.00	-0.04	100%	-22%	-12%	-9%	0%	0%	-4%	-0.02	-0.01	0.00
	Module	70%	**38.83**	5.30	-5.15	-0.08	-0.03	0.00	0.00	-0.04	100%	-16%	-5%	-4%	0%	0%	-3%	-0.01	-0.01	0.00
	Double module	85%	**77.66**	10.19	-9.95	-0.13	-0.04	0.00	0.00	-0.07	100%	-15%	-3%	-3%	0%	0%	-3%	-0.01	-0.01	0.00

Tableau 16. Impacts du projet sur la répartition des eaux et les niveaux d'eau en régime ordinaire

4.3 IMPACTS DES MESURES SUR LE TRANSIT SEDIMENTAIRE

Le projet n'est pas de nature à améliorer significativement le transport sédimentaire par rapport à la situation actuelle.

4.4 IMPACTS DES MESURES SUR LE MILIEU

A l'instar des autres aménagements proposés au droit des ouvrages transversaux sur la Mayenne dans le Maine-et-Loire, les aménagements projetés permettront d'améliorer significativement la continuité piscicole de la Mayenne au droit du site de Chenillé-Changé, à ce jour difficilement franchissable à la montaison, jusqu'à l'obstacle amont (site de la Jaille-Yvon à **2.6 km** en amont).

La conservation de la ligne d'eau au plus proche de la cote de retenue actuelle la majeure partie de l'année ne permettra pas de dégager de nouveaux linéaires d'écoulements libres et naturels pouvant être favorables à une meilleure expression des biocénoses aquatiques associées aux substrats grossiers, décolmatés et oxygénés (zones d'abri, de nourriture et de reproduction notamment), et à une reproduction notamment des espèces amphihalines cibles.

De façon plus particulière , des zones d'habitat et de reproduction favorables au brochet pourront toutefois être rendues accessibles dans l'actuelle retenue de Chenillé-Changé aux individus en provenance de l'aval.

Les conditions de mise en eau des annexes et les enjeux environnementaux associés ne sont quant à eux pas remis en cause.

4.5 IMPACTS DES MESURES SUR LE PAYSAGE

Pour rappel, le site de Chenillé-Changé se situe dans le périmètre de protection d'un immeuble et d'un site inscrit au titre des Monuments Historique.

Toute modification des édifices ou du paysage situé dans ce champ doit donc obtenir l'accord préalable de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF).

Les ouvrages de franchissement piscicoles constituent de nouveaux éléments du paysage et peuvent représenter une certaine curiosité architecturale.

Les dispositifs de franchissement piscicole seront totalement intégrés au déversoir et feront partie du patrimoine hydraulique du site.

Les ouvrages seront tout ou partie hors d'eau en fonction des variations hydrologiques saisonnières. Les murs d'encadrement latéraux et enrochements encastrés dans l'ouvrage seront visibles dans l'environnement proche de l'aménagement car dépassant des cotes de retenues amont et aval.

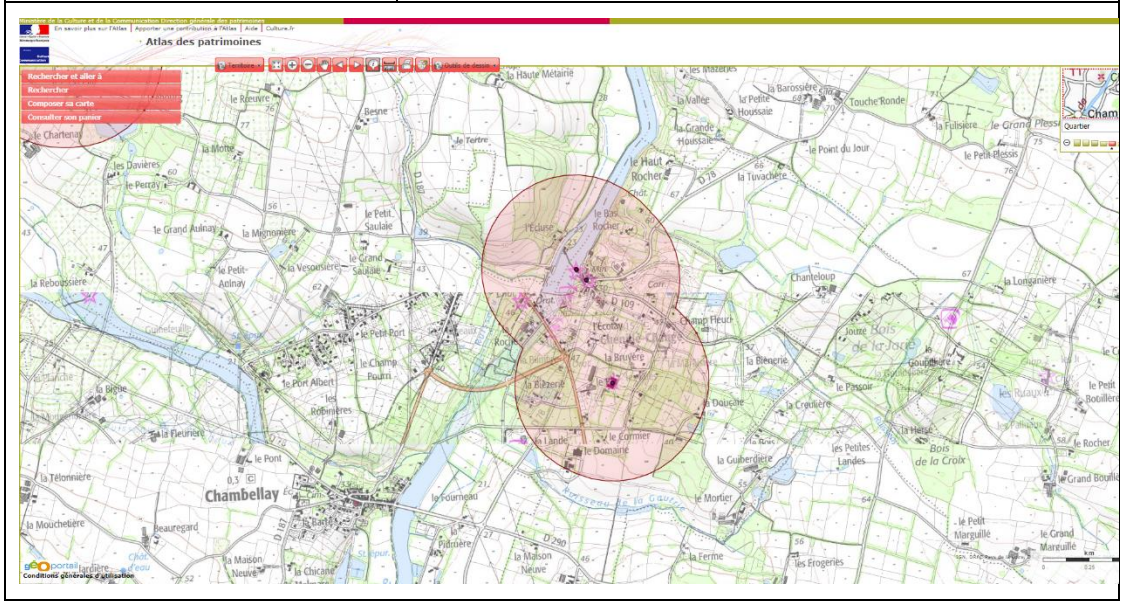
En situation de niveau de retenue minimal (niveau d'eau = cote d'arase supérieure du déversoir), les blocs de la rangée amont dépasseront de la crête de déversoir de **0.13 m** minimum (coté le plus profond) à **0.73 m** maximum (coté le moins profond).

Pour rappel, le projet intègre les préconisation faites par l'Unité Départementale de l'Architecture et du Patrimoine en comité de pilotage et lors de la rencontre avec l'EP Loire en date du 30 avril 2019, à savoir :

- Le recours à des blocs d'enrochements naturels pour former les macrorugosités de la rampe ;
- L'application sur les murs d'encadrement de la passe à macrorugosités et de la passe à anguilles de parements de pierres naturelles locales et de même nature et apparence que l'environnement bâti situé dans leur environnement immédiat (bajoyer du pertuis de vidange en rive gauche et moulin en rive droite).

Enfin, la conservation des lignes d'eau au plus proche de la cote de retenue normale ne sera pas de nature à modifier le paysage de plan d'eau en amont et en aval du déversoir actuel.

Chenillé-Changé	Château des Rues – Immeuble Inscrit le 1978/03/15
	Eglise Paroissiale – Immeuble Inscrit le 1996/05/15
	Le Moulin à eau "fortifié" de la Chaussée – Immeuble Inscrit le 2005/09/05



4.6 IMPACTS DES MESURES SUR LES USAGES

Le projet d'aménagement ne modifie pas les conditions de mise en eau de la retenue. Les usages actuels qui y sont liés ne seront donc pas impactés.

5 MESURES CORRRECTIVES OU COMPENSATOIRES

Dans le cas présent, la mise en place de dispositifs de franchissement piscicole constitue en elle-même une mesure correctrice à l'altération de la continuité écologique sur le site, de nature à apporter un gain écologique net et significatif.

Les incidences du projet étant par ailleurs limitées, aucune mesure spécifique, compensatoire ou d'accompagnement n'a été proposée.

6 PRESCRIPTIONS RELATIVES A L'ENSEMBLE DES ACTIONS

6.1 ACCORDS PREALABLES

Une convention entre le propriétaire de la parcelle privée en rive gauche et le Département de Maine-et-Loire devra être établie en vue de permettre la réalisation des travaux après accord des deux parties.

La surveillance ultérieure du dispositif de franchissement dédié à l'anguille par le Département de Maine-et-Loire pourra être réalisée par voie fluviale ou par voie terrestre, auquel cas une servitude avec le propriétaire du moulin de Chenillé-Changé en rive droite devra être instaurée.

6.2 INFORMATIONS DES SERVICES

Le service de police de l'eau ainsi que la brigade départementale de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) seront prévenus quinze jours à l'avance du commencement des travaux, et seront informés immédiatement en cas d'incident mettant en cause la protection du milieu aquatique.

6.3 COMMUNICATION AVANT TRAVAUX

Un panneau d'affichage précédant les travaux sera mis en place au droit de l'écluse et du chemin d'accès au moulin de Chenillé-Changé en rive droite de façon à avertir la population des travaux engagés par le Département de Maine-et-Loire.

Le panneau d'information précisera ainsi :

- La localisation des travaux ;
- Les opérations à effectuer ;
- Les dates d'intervention.

6.4 COMMUNICATION AU COURS DES TRAVAUX

Un panneau d'affichage précédant les travaux sera mis en place au droit de l'écluse et du chemin d'accès au moulin de Chenillé-Changé en rive droite de façon à avertir la population des travaux engagés par le Département de Maine-et-Loire.

Le panneau d'information précisera ainsi :

- L'interdiction d'accès du chantier au public ;
- L'objectif et la nature des travaux ;
- Le nom et l'adresse du maître d'ouvrage ;
- Les coordonnées du service ou de la personne responsable du suivi des travaux.

Le propriétaire des deux moulins de Chenillé-Changé et les riverains situés dans l'environnement proche des travaux seront avertis en avance de la date de démarrage des travaux et de leur durée.

6.5 LIMITATION DES NUISANCES DU CHANTIER

L'entreprise de travaux prendra les mesures nécessaires pour limiter les nuisances du chantier : poussière, bruit, encombrement des voies etc.… Elle assurera si nécessaire le nettoyage des salissures (terres, feuilles) déposées sur les voies d'accès, les zones ouvertes au public et dans les propriétés riveraines concernées par le chantier.

6.6 OUVRAGES D'ART ET RESEAUX

L'entreprise de travaux devra notamment bien s'assurer du repérage des réseaux aériens et souterrains existants. Toute dégradation d'ouvrage extérieur au chantier ou de réseau du fait de l'exécution du chantier sera à la charge de l'entrepreneur et devra être mentionnée par celui-ci dans le journal de chantier.

6.7 PROTECTION DES BIENS ET PERSONNES

L'entreprise prendra toutes les mesures et exercera la plus grande vigilance pour protéger les personnes et les biens pendant la durée des travaux.

L'entreprise est responsable de tous les accidents ou dommages, qui, par son fait ou sa négligence, pourraient arriver aux personnes ou aux biens. Les indemnités éventuelles à reverser aux propriétaires riverains pour dommages seront à la charge de l'entrepreneur, notamment pour les détériorations dues à l'évolution d'engins sur les parcelles d'accès à l'emprise des travaux.

Il est précisé que les voies d'accès au moulin en rive gauche sont relativement étroites ce qui engagera l'entreprise de travaux à une attention particulière vis-à-vis de la circulation des engins de chantier.

Tout dommage sur les biens et les personnes devra figurer dans le journal de chantier.

6.8 RESPECT DU MILIEU

Les mesures suivantes seront prises pour limiter l'impact des travaux sur le milieu :

- **Respect de la période d'intervention**

Les travaux seront effectués à l'étiage en fin de période estivale et début de période automnale, facilitant ainsi les opérations de mise à sec du site et évitant les périodes de hautes eaux et de fraie des poissons.

Le choix de cette période permet également d'éviter la période de reproduction de la faune fréquentant le site.

La mise hors d'eau de la zone de travaux sera également facilitée par l'organisation d'écourues (ouverture totale de l'écluse de Chenillé-Changé et du pertuis de vidange de la retenue aval) pendant toute la durée du chantier.

- **Travaux hors d'eau**

Les travaux seront réalisés hors d'eau, de façon à limiter le départ des fines dans le cours d'eau et limiter les risques de fuites et transfert de laitance de béton et/ou d'hydrocarbures vers le milieu naturel.

- **Limitation des risques de pollution**

Le rejet accidentel d'hydrocarbures dans l'eau est le principal accident potentiel.

Afin d'en limiter les impacts s'il se produit, le maître d'ouvrage élaborera au préalable un plan d'intervention qui comprendra les modalités de l'identification de l'accident pour les premières personnes intervenant sur les lieux, les consignes de sécurité à respecter, la liste des personnes et organismes à prévenir, et les moyens d'action à mettre en œuvre.

Les entreprises disposeront sur le chantier de barrages flottants pour retenir les hydrocarbures dans l'eau et d'une pompe pour les récupérer. Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra également être présente et facilement accessible sur le site.

Les terres souillées seront évacuées vers une filière d'élimination adaptée.

La neutralisation de la source de la pollution comprendra les étapes suivantes :

- Contenir et arrêter le déversement ;
- Empêcher la propagation du polluant sur le sol en mettant en place des barrages pour fixer le polluant avec de la terre, du sable et des produits absorbants ou gélifiants ;
- Neutraliser le produit avec l'aide de spécialistes, car l'emploi de certains produits est dangereux et le respect des consignes de sécurité est impératif.

En cas de pollution, le chef de chantier devra informer au plus tôt les services de l'AFB ou la gendarmerie la plus proche.

Il est préconisé l'emploi d'huiles végétales et biodégradables dans les circuits hydrauliques des engins de chantier pour limiter les risques de pollution des milieux naturels.

Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra être présente et facilement accessible sur la zone d'intervention.

Le remplissage de carburants des engins de chantiers se fera sur une zone étanche éloignée du cours d'eau.

Le stockage des huiles et hydrocarbures sera réalisé dans une cuve éloignée du cours d'eau pour limiter les risques de pollution accidentelle.

L'entretien, la réparation, le ravitaillement et le lavage des véhicules, engins ou matériel devra se faire sur des surfaces étanches permettant la récupération des liquides polluants.

Il est par ailleurs interdit de réaliser les vidanges et autres entretiens avec rejet dans les tranchées ou dans la rivière.

- **Gestion des déchets**

Tous les déchets de chantier et matériaux excédentaires seront évacués en ISDI comme développé précédemment.

Aucun matériel ou déchet de quelque nature que ce soit ne sera abandonné par l'entreprise sur l'emprise du chantier.

- **Limitation des risques de mortalité piscicole - Pêche de sauvegarde**

Une pêche de sauvegarde est préconisée dans l'enceinte batardée après vidange partielle de la zone par pompage et avant vidange complète.

D'une façon générale, l'entreprise sera tenue pour responsable de tout dommage sur l'environnement et devra donc en assumer les conséquences.

6.9 PROPRETE ET REMISE EN ETAT DES LIEUX

L'entreprise assurera le nettoyage quotidien nécessaire des salissures, terres et détritus apportés sur les voies d'accès, les zones ouvertes au public et dans les propriétés riveraines concernées par le chantier. L'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour les rétablissements provisoires d'accès privés et routiers lors de l'exécution du chantier. Toutes les dégradations des circulations dues aux engins travaillant sur le chantier seront remises en état aux frais de l'entrepreneur.

6.10 SURVEILLANCE DES RISQUES CLIMATIQUES

L'entreprise devra rester, pendant toute la durée du chantier, en contact avec le service d'annonce de crue et avec Météo-France, pour anticiper toute crue et toute pluviométrie exceptionnelle pouvant perturber fortement le chantier et créer une situation à risques.

Pour information, les suivis quotidiens des débits de la Mayenne au droit de la station de Chambellay, et des débits de l'Oudon au droit de la station de Segré sont accessibles sur le site Vigicrue.

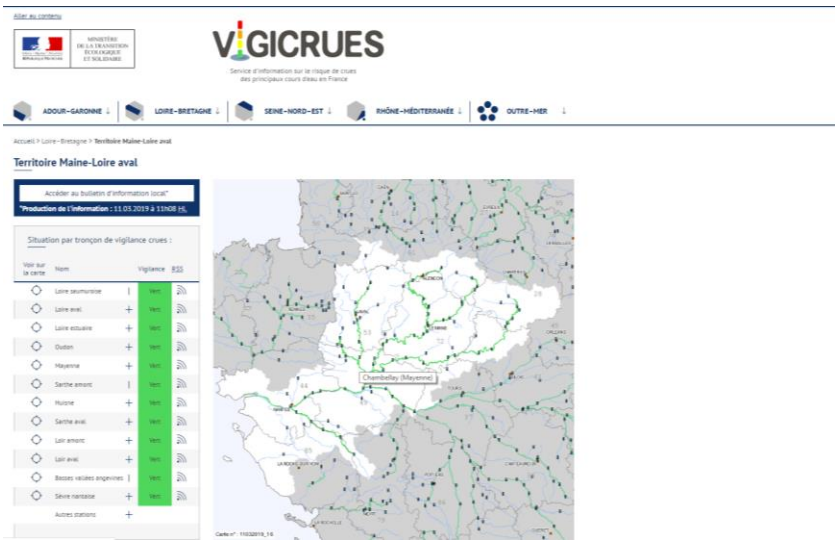


Figure 8. Localisation des stations de suivi hydrologique en temps réel sur le territoire Maine-Loire aval – Source http://www.vigicrues.gouv.fr/

7 MESURES DE CONTROLE, DE SURVEILLANCE, DE GESTION, ET D'ENTRETIEN

7.1 PREAMBULE

Le Département de Maine-et-Loire intervient spécifiquement en tant que propriétaire et gestionnaire du Domaine Public Fluvial et des ouvrages hydrauliques qui s'y trouvent (déversoirs transversaux et écluses, hors moulins privés en rive).

Il a donc en charge la gestion et l'entretien des dispositifs de franchissement piscicole devant les équiper.

7.2 MESURES DE CONTROLE APRES TRAVAUX

La mise en œuvre de suivis topographiques et l'élaboration de plans de récolement par l'entreprise de travaux permettra au maître d'œuvre de vérifier le respect des côtes et dimensions de projet tout au long de la construction de l'aménagement.

Il conviendrait également de mettre en œuvre après travaux :

- **Des mesures de débit au droit de l'entrée hydraulique du dispositif de franchissement multi-espèces** pour un niveau d'eau amont correspondant à la cote moyenne de déversoir **(20.66 m NGF) :**
  - Contrôle du débit dérivé par le dispositif de franchissement piscicole ;
- **Des mesures de niveaux d'eau et vitesses d'écoulement en différents points du dispositif de franchissement piscicole pour différents débits du cours d'eau.**

7.3 MESURES DE SUIVI BIOLOGIQUE

La conception du dispositif de franchissement piscicole a respecté les critères de conception admis pour ce type d'ouvrage, consignés notamment dans le *guide technique pour la conception des passes naturelles, GHAAPPE, 2006.*

Des échanges techniques avec la Direction Régionale de l'AFB ont également permis de statuer sur un grand nombre d'hypothèses de travail en vue de la conception du dispositif.

Il peut donc être réputé « à priori » efficace pour les espèces piscicoles en présence.

Ainsi, la mise en place d'un suivi biologique propre à l'aménagement n'apparaît pas strictement nécessaire, même s'il est vrai qu'il apporterait une plus-value indéniable sur le plan technique et scientifique (connaissance et comptabilisation précise des espèces empruntant l'aménagement…).

A noter également que la mise en œuvre d'un suivi biologique ne saurait trouver un réel intérêt à l'échelle d'un ouvrage isolé et qu'il serait préférable de porter des investigations à l'échelle de l'axe migratoire.

7.4 MESURES LIEES A LA SURVEILLANCE DES DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT PISCICOLES

Les modalités de surveillance des dispositifs de franchissement piscicoles consistent en la mise en œuvre d'inspections régulières devant aboutir à la définition d'éventuelles mesures d'entretien évitant afin que leur fonctionnalité ne soit pas altérée au fil du temps.

Ces inspections prendront la forme :

- **De visites de routines ;**
- **De visites d'évaluation ;**
- **De visites d'inspection détaillées.**

7.4.1 Visites de routines

Les visites de routines s'attachent à décrire uniquement l'état apparent des ouvrages et font appel uniquement à une observation visuelle et inopinée par tout agent qui, constatant une modification des ouvrages ou de leur environnement (déformations anormales du profil en long, présence d'une surcharge anormale sur le terre-plein, etc.), la signale au gestionnaire par une constatation datée, reportée par écrit et qui doit être classée dans le dossier d'ouvrage.

Cette surveillance ne nécessite pas systématiquement la rédaction d'un rapport.

Dans le cas présent, les visites de routines sont préconisées à une fréquence d'une fois par mois environ, ouvrage en eau :

- Simple constat visuel du bon fonctionnement de l'ouvrage ;
- Mise en œuvre si nécessaire d'opérations d'entretien courantes (retrait des corps flottants éventuels notamment).

7.4.2 Visites d'évaluation

La surveillance continue des ouvrages s'appuie sur les visites d'évaluation.

Les visites d'évaluation permettent d'évaluer l'état des ouvrages et de définir les actions à mettre en œuvre sur ces derniers pour les ramener à un état jugé satisfaisant pour le gestionnaire.

L'évaluation comprend l'évaluation de l'intégrité structurelle de l'ouvrage et l'évaluation de l'ensemble des éléments contribuant à la sécurité des usagers.

Ces visites sont visuelles, sans moyens lourds et de courte durée : le visiteur doit aller à l'essentiel. Le visiteur doit donc être compétent en matière de génie civil et être sensibilisé à la sécurité des usagers. Les visites pourront ainsi être réalisées par les agents du service gestionnaire moyennant une formation adaptée.

Cette visite comporte essentiellement un examen visuel de l'ouvrage et de son environnement. Si nécessaire, elle peut être complétée par le recours à des moyens d'usage courant tel que topographie, photographie ou mise en œuvre de matériels de mesure simples tels que fil à plomb, nivelles, fissuromètres, etc.

Dans le cas présent, les visites d'évaluation sont préconisées à une fréquence à minima d'une fois par an, ouvrage en eau.

En régime normal de surveillance continue, les visites d'évaluation sont périodiques. Néanmoins, les visites d'évaluation pourront être déclenchées après des évènements particuliers : tempêtes, chocs de bateau ou d'embâcles, crues etc.

Les visites d'évaluation n'ont pas vocation à se substituer aux visites techniques approfondies, qui nécessitent des moyens d'accès particuliers, un temps d'intervention important et un relevé détaillé des désordres.

7.4.3 Visites d'inspections détaillées

D'une manière générale, l'inspection détaillée est déclenchée :

- A occurrence régulière;
- A l'issue d'une visite d'évaluation ayant mis en avant des désordres anormaux ou une incertitude sur l'intégrité de l'ouvrage.

Elle est donc périodique, et permet en cela d'étudier l'évolution d'un ouvrage particulier au cours du temps (ouvrage sensible, fragile, endommagé ou stratégique), mais peut aussi revêtir un caractère exceptionnel lorsqu'il s'agit par exemple de définir un nouvel état de référence de l'ouvrage ou lorsque, à l'issue de la visite d'évaluation, des désordres graves ont été détectés.

L'inspection détaillée est effectuée par le gestionnaire de l'ouvrage accompagné par les spécialistes qu'il a désignés et sur le programme que ceux-ci lui ont préalablement proposé.

Un procès-verbal d'inspection détaillée est établi à la suite de ces opérations. Il pourrait par exemple comprendre les rubriques suivantes :

- Identification de l'ouvrage :
- Caractéristiques générales ;
- Vie de l'ouvrage ;
- Conditions de l'inspection ;
- Constatations ;
- Mesures, essais, reconnaissances effectuées ;
- Documents graphiques, photographiques ;
- Interprétation détaillée de toutes les observations effectuées ;
- Conclusions.

Les conclusions du procès-verbal peuvent conduire à la réalisation d'études en vue d'émettre un diagnostic sur l'état réel de l'ouvrage, d'évaluer les risques encourus si des défauts nouveaux ont été relevés puis, si nécessaire, d'établir un projet de confortement.

L'inspection détaillée peut déboucher sur une instrumentation de l'ouvrage permettant une surveillance continue, voire la mise en place de systèmes d'alarme.

Dans le cas présent, les visites d'évaluation sont préconisées à une fréquence à minima d'une fois tous les 3 ans, ouvrage à sec (par ouverture totale des ouvrages mobiles en basses eaux).

Concernant le dispositif de franchissement piscicole, l'examen détaillera :

- La géométrie de l'ouvrage, le relevé topographique sur des points et des profils définis, hors d'eau et dans l'eau :
    - Mise en évidence de tassements de l'ensemble ou d'une partie de l'infrastructure, déflexions importantes ... ;
- La mise en place de nouveaux profils correspondants à des désordres récents (mouvements de terrains ou de structure, fissures, affouillements, cavités, ...) ;
- Le relevé de désordres locaux agrémentés de schémas côtés, photos, indications de l'état des matériaux ;
- La présence de végétation ligneuse se développant au contact de la maçonnerie ;
- L'état des matériaux des infrastructures : usure, corrosion, fissures, pertes de blocs sur le radier ou d'éléments de maçonnerie, épaufrures du béton … ;

- Les circulations d'eau, le repérage et le relevé du phénomène et de ses actions, photos, schémas côtés, ...,
- L'environnement aux alentours de l'ouvrage, bathymétrie des fonds dans la zone d'influence de l'ouvrage, identification de courants (direction, vitesse, ...), mesures et contrôle de l'état de toutes les instrumentations particulières de l'ouvrage…

7.5 MESURES LIEES A LA SURVEILLANCE DES OUVRAGES FIXES (HORS DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT PISCICOLES)

En dehors des dispositifs de franchissement piscicoles, les autres ouvrages composant le complexe hydraulique (déversoir, pertuis de décharge …) doivent également faire l'objet d'une surveillance et d'un entretien fréquent des maçonneries qui les constituent pour :

- Eviter le développement de végétaux ligneux au sein des structures, susceptibles de dégrader fortement et rapidement celles-ci ;
- Retirer les embâcles et autres flottants, qui peuvent s'accumuler ;
- Surveiller les éventuelles dégradations des ouvrages sur leur parties habituellement découvertes (fissurage/déjointoiement/altération d'éléments…) et submergées (éventuels phénomènes d'affouillements en pied d'ouvrage, phénomènes de dégradation internes…) ;
- Surveiller les éventuels mouvements des maçonneries dans le temps (affaissements localisés, mouvement des bajoyers, basculement des parois…) pouvant pénaliser la gestion des organes mobiles et mettre en évidence d'éventuels phénomènes de dégradation internes.

Il est à noter que la surveillance des ouvrages fixes est d'ores et déjà réalisée par le Département de Maine-et-Loire à l'occasion des écourues réalisées tous les 3 ans sur le cours de la Mayenne en période d'étiage (traditionnellement en septembre/octobre).

7.6 MESURES LIEES A LA SURVEILLANCE DES OUVRAGES MOBILES

En dehors des dispositifs de franchissement piscicoles, les ouvrages mobiles composant le complexe hydraulique (clapet ou vannes de régulation associées au pertuis) devront également faire l'objet d'une surveillance régulière consistant :

- A contrôler l'état et la fonctionnalité des ouvrages mobiles :
  - Présence d'embâcles et autres flottants ;
  - Défauts de géométrie, désordres structurels, signes de vieillissement ;
  - Etat des dispositifs de manœuvres et manœuvrabilité des ouvrages ;
  - Etanchéité des dispositifs ;
- A contrôler l'état des général des maçonneries encadrant les ouvrages mobiles ;
  - Colmatage/encombrement/fuite des canalisations ;
  - Dégradations (fissurage/déjointoiement/altération de maçonnerie, corrosion des éléments métalliques…) ;
  - Mouvements de maçonneries (affaissements, basculements, affouillements localisés…) ;
- A veiller au respect des consignes de gestion.

Comme pour les ouvrages fixes, les parties mobiles sont régulièrement surveillées par le Département de Maine-et-Loire à l'occasion des écourues réalisées périodiquement sur le cours de la Mayenne.

7.7 MESURES LIEES A LA GESTION DES OUVRAGES MOBILES

Le projet a été conçu pour fonctionner de façon efficace pour des consignes de gestion des ouvrages mobiles inchangées par rapport à la situation actuelle (pertuis de vidange fermé hors périodes d'écourues).

Il est à noter toutefois que l'ouverture automatisée et régulée du pertuis de vidange pourrait d'une part apporter un soutien d'attrait complémentaire, et d'autre part limiter l'exhaussement du niveau amont avec l'élévation du débit du cours d'eau au bénéfice de la fonctionnalité du dispositif de franchissement pour les petites espèces notamment.

7.8 ACTIONS D'ENTRETIEN ET DE REPARATION

Les visites d'évaluation permettront de définir les actions à mettre en œuvre sur les ouvrages pour les ramener à un état jugé satisfaisant pour le gestionnaire.

L'évaluation comprend l'évaluation de l'intégrité structurelle de l'ouvrage et l'évaluation de l'ensemble des éléments contribuant à la sécurité des usagers.

Dans le même principe, il devra être défini des actions portant sur l'intégrité structurelle de l'ouvrage et des actions portant sur les éléments de sécurité.

8 ANNEXES

8.1 ANNEXE 1 : HISTORIQUE SUCCINCT DU SITE DE CHENILLE-CHANGE

Source : https://domaine-moulin.fr/Moulin.php

« Avant la Révolution, le moulin était équipé de trois paires de meules : deux pour le seigle, une pour le blé.

En 1551, le moulin est vendu à Damoyselle Jehanne de la Daugère.

De la fin du 18ème siècle à la fin du 19ème siècle, le moulin appartenait à un noble, écuyer, seigneur des Rues de Chenillé.

Au début du 20ème siècle, un incendie a ravagé une partie des bâtiments. Le propriétaire de l'époque, inspiré par un séjour en Italie, fait construire cette tour carrée qui lui donne son caractère original et unique dans la région.

Ce moulin, encore en état de fonctionnement, reste le seul à moudre son grain grâce à l'énergie hydraulique qu'il puise dans la rivière de la Mayenne.

Le rôle du moulin est d'écraser le blé pour séparer la farine des « issues », c'est-à-dire le gros son, le petit son et les remoulages.

Les moulins ont, en effet, bien failli appartenir au passé. Leur extinction est due essentiellement à l'industrialisation de cette activité et à une diminution de la consommation du pain.

Depuis février 2007, le Moulin de Chenillé-Changé possède une activité supplémentaire. En complément de la production de farine et de ses visites, le moulin de Chenillé-Changé produit de l'électricité. »

Le site du moulin Bouin peut être visité une grande partie de l'année au cours de visites guidées individuelles ou collectives et à l'occasion des Journées du Patrimoine.

Les clichés ci-dessus illustrent les évolutions architecturales du site. L'ancien bras de décharge contournant le moulin en rive gauche, à ce jour recouvert, y est notamment visible.

8.2 ANNEXE 2: FICHE DE SYNTHESE HYDRO – LA MAYENNE A CHAMBELLAY

8.3 ANNEXE 3 : PLANS TOPOGRAPHIQUES DU SITE A L'ETAT ACTUEL

8.4 ANNEXE 4 : PLANS DE PROJET

8.5 ANNEXE 5 : REPONSES DES CONCESSIONNAIRES AUX DECLARATIONS DE TRAVAUX

8.6 ANNEXE 6 : RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2) - SEMOFI