ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Rapport

Retour d'expériences sur les passes en enrochements régulièrement répartis en Mayenne

LE BIHAN M., ARAGO M.A., LEROYER O., COULLIER D.

Janvier 2016

Synthèse pour l’action opérationnelle

Il existe une diversité importante de dispositifs qui sont de nature à améliorer le franchissement piscicole des ouvrages. Ces dispositifs se divisent en deux grandes catégories, les passes dites "techniques" retenues dans la majorité des aménagements lors de ces dernières décennies (ex : passes à bassins, passes à ralentisseurs…) et les passes dites "naturelles" utilisées de manière plus ponctuelle. Dans l’objectif d'atteinte du bon état des eaux en 2015 fixé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000, de nombreuses structures ont commencé à s'intéresser aux passes naturelles qui permettent de faciliter le passage d'un plus grand nombre d'espèces piscicoles tout en permettant une réduction possible de la hauteur de chute des ouvrages existants. En Mayenne, une vingtaine de passes naturelles de type passes en enrochements régulièrement répartis ont été réalisées au cours de ces 5 dernières années. C'est ce constat qui a mené l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques à réaliser une étude sur ce type d'aménagement à l'échelle du département de la Mayenne.

A ce titre, ce rapport a pour objectif de réaliser un retour d'expériences sur les passes en enrochements régulièrement répartis en Mayenne et d'engager une réflexion sur les préconisations techniques permettant de renforcer la connaissance sur ce type d'aménagements. Il a vocation à servir de base à l’élaboration de nouvelles passes en enrochements régulièrement répartis. Il pourra faire l'objet d'une actualisation dans les années à venir.

Contact des auteurs

Tél : 02.23.45.06.06

Mail : mikael.le_bihan@onema.fr

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Remerciements

De nombreuses personnes ont contribué à l'accomplissement de cette étude et nous tenons à les remercier pour l'aide apportée.

Notre première attention se porte aux agents du Service Départemental de la Mayenne pour leur participation au test de la méthodologie sur le terrain et les nombreux échanges techniques sur cette thématique. Nous remercions également les présidents des syndicats de l'Ernée, de l'Erve, de la Jouanne et du Vicoin ainsi que les techniciens rivières Xavier Seigneuret, Nicolas Boileau, Yoahnn Lucas et Benoît Saudrais pour leur participation active à cette étude.

Nous tenons également à remercier Florent Pierron (Délégation Interrégionale Nord-Est de l'ONEMA) qui nous a confié le fruit de son travail initié sur cette thématique.

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Sommaire

Introduction 1
A. Synthèse bibliographique sur les passes en enrochements régulièrement répartis 2
I. Définition 2
II. Objectifs 2
III. Caractéristiques techniques 3
IV. Critères de dimensionnement 3
V. Méthodes d'évaluation 4
B. Passes en enrochements étudiés 5
I. Description des passes en enrochements 5
II. Description des espèces cibles par ouvrages 6
C. Méthode d'évaluation de la franchissabilité piscicole des passes en enrochements 7
I. Contexte 7
II. Phase terrain 7
D. Analyse des résultats 8
I. Caractéristiques principales des passes en enrochements 8
II. Caractéristiques secondaires des passes en enrochements 9
III. Evaluation ICE des ouvrages par catégories d'espèces 12
IV. Analyse des vitesses d'écoulement sur l'ouvrage 13
V. Simulation des ouvrages en hautes eaux 13
VI. Linéaire d'écoulements libres regagnés 14
VII. Analyse des coûts des passes en enrochements 15
VIII. Conciliation des usages 16
E. Préconisations techniques 17
F. Conclusion 19

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Liste des Figures

Figure 1 : Configurations des passes en enrochements 3
Figure 2 : Localisation des rampes en enrochements régulièrement répartis étudiés en Mayenne 5
Figure 3 : Matérialisation des transects d'étude sur une passe en enrochements 8
Figure 4 : Schéma d'une passe en enrochements vue du dessus et en coupe longitudinale 8
Figure 5 : Hauteurs utiles moyennes des blocs (en mètres) par ouvrage 10
Figure 6 : Largeurs moyennes face à l'écoulement des blocs (en mètre) par ouvrage 10
Figure 7 : Largeurs de passage moyennes entre les blocs (en mètres) par ouvrage 11
Figure 8 : Hauteur d'eau moyenne (en mètres) par ouvrage 11
Figure 9 : Répartition et localisation des vitesses supérieures à 1m.s^{-1} par ouvrage 13
Figure 10 : Comparaison entre le débit maximal entonné et la valeur guide 14
Figure 11 : Linéaire d'écoulements libres regagnés pour les 13 passes en enrochements étudiés 14
Figure 12 : Coût total des 13 passes en enrochements régulièrement répartis 15
Figure 13 : Coût total des 13 passes en enrochements régulièrement répartis par mètre de hauteur de chute 15
Figure 14 : Répartition du coût total par poste pour 10 des 13 passes en enrochements étudiés 16

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Catégories de passes en enrochements en fonction de l'agencement des blocs 2
Tableau 2 : Avantages et inconvénients des passes naturelles 2
Tableau 3 : Franchissabilité des enrochements régulièrement répartis pour les différents groupes d'espèces pour une concentration de 13% (en gras la valeur du paramètre limitant) 4
Tableau 4 : Synthèse des principales méthodes d'évaluation des passes en enrochements 4
Tableau 5 : Estimation du nombre de passes en enrochements sur le territoire de la Dir2 (en 2015) 5
Tableau 6 : Cours d'eau sur lesquels se situent les passes en enrochements 6
Tableau 7 : Espèces piscicoles présentes sur les cours d'eau étudiés 7
Tableau 8 : Caractéristiques principales des passes en enrochements 9
Tableau 9 : Identification des facteurs limitant par ouvrage dans le cadre de l'évaluation ICE 12

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Liste des Annexes

Annexe A	Tableau récapitulatif des groupes d'espèces ICE et de capacités de nage et de sauts correspondantes
Annexe B	Fiche de synthèse du Moulin Chauvin (ROE 16423)
Annexe C	Fiche de synthèse de l'ancienne station de pompage (ROE 5994)
Annexe D	Fiche de synthèse du barrage du Grand Moulin (ROE 5990)
Annexe E	Fiche de synthèse du Barrage de la Grande Courbe (ROE 6184)
Annexe F	Fiche de synthèse des Bordeaux (ROE 6183)
Annexe G	Fiche de synthèse du Moulin des Ifs (ROE 6175)
Annexe H	Fiche de synthèse du Pont de Saint-Cénéré (ROE 6173)
Annexe I	Fiche de synthèse du Barrage de Pochard (ROE 6147)
Annexe J	Fiche de synthèse du Moulin de Soufrettes (ROE6132)
Annexe K	Fiche de synthèse du Batardeau de Narbonne - Venage (ROE 73165)
Annexe L	Fiche de synthèse du Batardeau de la Croix (ROE 73166)
Annexe M	Fiche de synthèse du Moulin du Bourg (ROE 16932)
Annexe N	Fiche de synthèse du Barrage de Tuboeuf (ROE16921)

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Table des abréviations

CE	Code de l'Environnement
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
ICE	Information sur la Continuité Ecologique
LEMA	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
RHT	Réseau Hydrobiologique Théorique
ROE	Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement
SANDRE	Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Glossaire

Continuité écologique : La continuité écologique est définie comme la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions latérales et conditions hydrologiques favorables) (Article R.214-109 du code de l'environnement).

Débit maximal entonné : Débit transitant dans la passe avant la submersion des blocs.

Passes «naturelles» : Ouvrages reliant les biefs amont et aval par un chenal plus ou moins large dans lequel l'énergie est dissipée et les vitesses sont réduites par la rugosité du fond, plus éventuellement une succession de singularités plus ou moins régulièrement réparties (Courret, 2010).

Introduction

En France, 75 000 obstacles à l'écoulement ont été actuellement recensés sur les cours d'eau français (ROE, 2014). Ces ouvrages selon leurs natures sont susceptibles de constituer des obstacles à la continuité écologique et d'altérer le fonctionnement des milieux aquatiques par la transformation hydromorphologique engendrée.

Depuis une vingtaine d'années, les cours d'eau français ont fait l'objet de plans de restauration des populations de certaines espèces de poissons (exemple : saumon, truite…). Pour répondre à ces besoins, les ouvrages de franchissement ont été essentiellement dimensionnés pour des espèces ayant de bonnes capacités de nage (Larinier, Courret & Gomes, 2006).

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) de 2000 en fixant des objectifs de bon état écologique des eaux a inscrit la nécessité de restaurer la continuité écologique des cours d'eau. Cette notion a été reprise dans la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 et tout particulièrement au sein de l'article L.214-17 du CE. Cet article vise à définir des listes de cours d'eau pour lesquelles des mesures doivent être prises pour restaurer la continuité écologique.

Les passes «naturelles» sont susceptibles d'offrir une grande hétérogénéité de conditions d'écoulements et peuvent dans certaines conditions convenir à la plupart des espèces de poisson effectuant des déplacements au sein des masses d'eau.

Les passes naturelles commencent à être très répandues à travers le monde, en particulier en Allemagne (Gebler, 1991 ; 1998 ; DVWK, 2002 ; LUBW, 2006), en Autriche (Parasiewicz *et al*., 1998) et en Suisse (in Larinier, Courret & Gomes, 2006). En France, l'utilisation de ce type de passes demeurait encore marginale jusqu'à ces dernières années.

En 2006, la réalisation d'un guide technique pour la conception des passes "naturelles" (Larinier M., Courret D. & Gomes P., 2006) a permis d'identifier les critères de dimensionnement de ce type de passes ainsi que de partager un premier retour d'expériences à l'échelle nationale.

La réalisation de ce guide conjuguée à sa promotion localement par les services territoriaux de l'ONEMA ont permis de faciliter la mise en œuvre de ces aménagements.

En 2012, la délégation interrégionale Bretagne Pays de la Loire de l'ONEMA a constaté qu'un nombre important de passes en enrochements de type régulièrement répartis a été réalisé sur son territoire d'intervention sur une période de 2 ou 3 ans. Après une rapide investigation, le département de la Mayenne a été identifié comme le précurseur pour la réalisation de ces aménagements. Ces dispositifs, quand ils sont associés à une diminution significative de la hauteur de chute initiale des ouvrages, sont susceptibles de participer tant à l'amélioration de la franchissabilité piscicole qu'au gain en écoulements libres et permettent de concilier les usages existants. C'est ce qui a incité l'ONEMA à initier une étude sur 13 passes naturelles de types passes en enrochements régulièrement répartis, localisées sur les bassins versants de la Jouanne, du Vicoin, du ruisseau de la Paillardière, de l'Erve et de l'Ernée.

L'objectif de cette étude est d'évaluer de manière objective l'efficacité de ces dispositifs vis-à-vis du franchissement piscicole, de leur capacité à regagner les écoulements libres tout en conciliant les usages. Il doit également permettre de partager les préconisations techniques relatives à la mise en œuvre de ces projets.

A. Synthèse bibliographique sur les passes en enrochements régulièrement répartis

I. Définition

Les passes en enrochements régulièrement répartis appartiennent à la famille des passes dites "naturelles", en opposition aux passes dites "techniques" construites généralement en béton armé.

Ces dispositifs cherchent à reproduire les caractéristiques des cours d'eau naturels à fortes pentes et utilisent les enrochements afin de dissiper l'énergie et de réduire les vitesses d'écoulement. Leur nom "passe en enrochements régulièrement répartis" provient du mode d'agencement des enrochements au sein du dispositif (cf. tableau 1) (Larinier, Courret & Gomes, 2006).

Tableau 1 : Catégories de passes en enrochements en fonction de l'agencement des blocs

Catégorie de passes en enrochements	Agencement des blocs
Enrochements régulièrement répartis	Mise en place sur un lit plus ou moins rugueux
Enrochements disposés en rangées périodiques	Mise en place dans des pseudo-bassins formés par des ou par une série de seuils ou d'épis disposés à intervalles réguliers
Enrochements jointifs	Mise en place les uns contre les autres de manière compacte et formant un tapis rugueux

De la même manière que les seuils plus classiques, il est possible de rencontrer des seuils en enrochements de multiples configurations et de hauteurs très variables allant de moins de 1 m à plus de 10 m (Baudoin *et al*., 2013).

II. Objectifs

La mise en place de seuils en enrochements est ancienne et a été largement utilisée au niveau national pour limiter l'incision des cours d'eau en stabilisant le lit en amont (seuil de stabilisation) et également pour conforter des ouvrages d'art existants (Baudoin *et al*., 2013).

Plus récemment, les caractéristiques techniques des ouvrages en enrochements ainsi que les critères de dimensionnement pour assurer le franchissement piscicole pour des espèces de poissons ont été précisés, leur conférant ainsi le statut de passe en enrochements (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des passes naturelles

	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Hydraulique	Possibilité de faire transiter des débits importants	Sensibilité aux variations de niveaux d'eau
	Moindre sensibilité à l'ennoiement par l'aval	Ouvrage large pour la mise en place d'un dévers latéral
	Plus grande diversité des écoulements (dévers latéral)	
Franchissabilité piscicole	Meilleure attractivité	Application limitée à des chutes jusqu'à 2-3 mètres
	Bonne franchissabilité pour l'ensemble des espèces	Evaluation de l'efficacité difficile
Entretien	Moindre sensibilité au colmatage	
Perception	Meilleure intégration paysagère (en principe)	Emprise spatiale importante
	Maintien des usages possibles	Crainte sur la stabilité en crue

Des passes en enrochements ont également été installées en place de seuils partiellement effacés et au niveau desquels le maintien du profil en long du lit était nécessaire vis à vis des enjeux sociaux-économiques présents à l'amont (Baudoin *et al*., 2013).

III. Caractéristiques techniques

Ces seuils sont constitués de blocs d'enrochements de dimensions variables d'un site à l'autre et également au sein d'un même ouvrage (de quelques dizaines de kg à plusieurs tonnes).

Ces ouvrages se rencontrent pour des cours d'eau de caractéristiques variés (Courret, 2010) :

- ✓ Débits : quelques 100 l/s à plusieurs dizaines de m^3/s
- ✓ Largeurs : quelques m à plusieurs dizaines de m
- ✓ Pente : de 1% à 10-12%

Ils peuvent être implantés selon 3 configurations (cf. figure 1) :

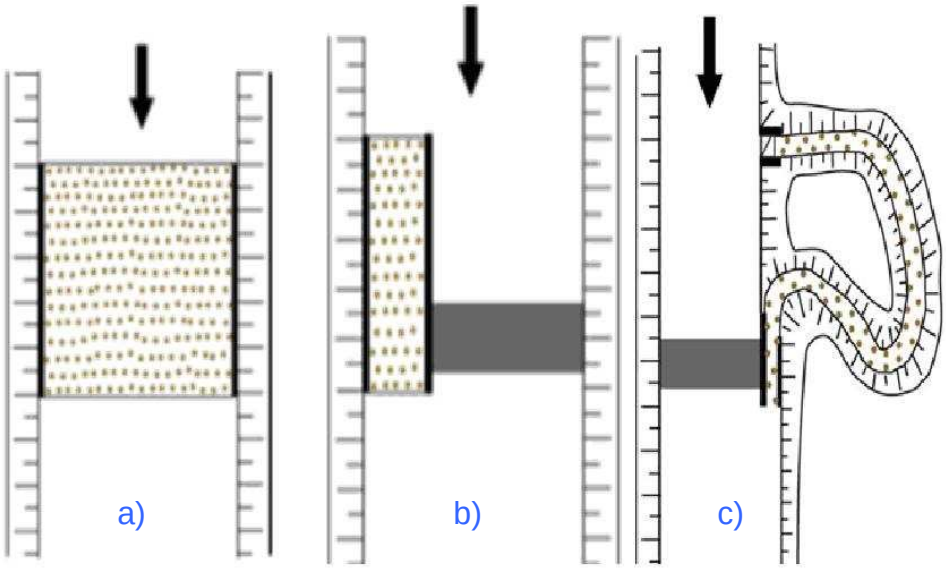


Figure 1 : Configurations des passes en enrochements
a) sur toute la partie du cours d'eau b) sur une rive c) rivière de contournement

Les enrochements assurant une forte dissipation d'énergie tout au long du coursier, les phénomènes de ressauts hydrauliques en pied de seuil sont beaucoup moins marqués que pour les seuils classiques. Suivant les cas et les conditions hydrauliques (en étiage et/ou en crue), les enrochements peuvent être soit laissés libres, ou jointoyés au béton ou au bitume.

IV. Critères de dimensionnement

La grande difficulté avec ce type de dispositif est la caractérisation hydraulique des écoulements du fait de leur hétérogénéité, conséquence d'une géométrie beaucoup plus complexe que les passes dites techniques comme les passes à bassins successifs (Larinier, Courret & Gomes, 2006).

Les conditions d'écoulement (tirant d'eau, vitesses, formes d'écoulement) sont déterminées par la pente du coursier, la longueur du coursier (ou la chute), le débit unitaire et la rugosité de la paroi, qui dépend elle-même de la taille et de la forme des blocs, de leur agencement et de l'existence ou non d'un jointoiement (Baudoin *et al.*, 2013). La rugosité du lit ainsi que la pente sont des facteurs importants qui influencent les conditions hydrauliques et la dissipation d'énergie sur les passes en enrochements (Pagliara & Chiavaccini, 2006).

Deux facteurs limitant sont fréquemment observés (Larinier, Courret & Gomes, 2006) :

- pour les faibles débits unitaires, la lame d'eau est généralement déstructurée, la **hauteur d'eau** n'est pas suffisante pour permettre la nage du poisson, l'eau pouvant même s'infiltrer entre les enrochements,

- lorsque le débit unitaire augmente, si la lame d'eau est mieux structurée, **la vitesse de l'écoulement** peut dépasser rapidement les capacités de nage de la plupart des espèces.

Le guide de Larinier, Courret & Gomes a récapitulé les principaux critères de franchissabilité pour plusieurs groupes d'espèces pour des passes en enrochements régulièrement répartis avec une concentration[1] en bloc égal à 13% (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Franchissabilité des enrochements régulièrement répartis pour les différents groupes d'espèces pour une concentration de 13% (en gras la valeur du paramètre limitant).

Groupe d'espèces	Pente	Débit unitaire minimal et maximal ($m^3/s/m$)	Hauteur d'eau (m)	Vitesse débitante maximale (m/s)	Vitesse maximale (m/s)	Puissance dissipée (W/m^3)
Saumons, truites de mer, lamproies	7% (max)	0.35-0.70	0.40-**0.80**	1.35-1.45	1.70-2.10	550-**600**
	6%	0.30-0.65	0.40-**0.80**	1.20-1.30	1.60-1.90	450-500
	5%	0.25-0.60	0.40-**0.80**	1.10-1.20	1.40-1.70	300-350
Alose	6% (max)	0.30-0.45	0.40-0.60	1.20-1.30	1.60-1.80	**450-450**
	5%	0.30-0.60	0.40-**0.80**	1.10-1.20	1.40-1.70	300-350
	4%	0.25-0.50	0.40-0.80	0.90-1.00	1.30-1.60	200-250
Truite fario	7% (max)	0.25-0.60	0.30-0.70	1.30-1.40	1.60-**2.00**	550-**600**
	6%	0.20-0.65	0.30-**0.80**	1.20-1.30	1.40-1.90	400-500
	5%	0.20-0.60	0.30-**0.80**	1.00-1.20	1.30-1.70	300-350
Ombre, cyprinidés rhéophiles	6% (max)	0.20-0.45	0.30-0.60	1.10-1.30	1.40-1.80	400-**450**
	5%	0.20-0.60	0.30-**0.80**	1.00-1.20	1.30-1.70	300-350
	4%	0.20-0.50	0.30-**0.80**	0.90-1.00	1.20-1.60	200-250
Petites espèces	4% (max)	0.10-0.45	0.20-0.70	0.90-1.00	1.00-**1.50**	200-250
	3%	0.10-0.45	0.20-**0.80**	0.80-0.90	0.90-1.30	150-150
Toutes les espèces	4%	0.25-0.45	0.40-0.70	0.80-1.0	1.30-**1.50**	200-250
	3%	0.20-0.45	0.40-**0.80**	0.80-0.90	1.10-1.30	150-150

Les débits du cours d'eau en période de migration pour lesquels le dispositif doit être fonctionnel sont compris généralement entre l'étiage et 1.5 à 2.5 fois le module annuel suivant le régime hydrologique du cours d'eau.

V. Méthodes d'évaluation

L'évaluation de la franchissabilité des seuils en enrochements est beaucoup plus délicate que celle des seuils « classiques » du fait notamment de la complexité et la variabilité des écoulements (cf. tableau 4).

Tableau 4 : Synthèse des principales méthodes d'évaluation des passes en enrochements
(d'après Baudoin *et al.*, 2013)

	Application	Limites de la méthode
Modélisation mathématique	Non pertinente	-
Modélisation physique en laboratoire	Parfois possible	Difficulté des mesures, non généralisable d'un site à l'autre. Moyens financiers et humains très importants
Evaluation biologique in situ	Réalisable mais sur des poissons de taille importante	Délicate, lourde et limitée à quelques espèces
Mesures sur le terrain	Possibles en basses eaux	Chronophage

[1] La concentration est un indicateur qui traduit la densité de blocs sur l'aménagement. La concentration maximale, correspondant à des blocs jointifs, est égale à 1 (Larinier *et al.*, 2006)

L'analyse hydraulique des seuils en enrochements se révèle bien plus difficile que celle des seuils « classiques » étant donné la variabilité du mode d'organisation, des formes et des dimensions des blocs, et ce d'autant que leur mise en œuvre lors des travaux n'est pas toujours très précise.

Les mesures de terrain peuvent être extrêmement chronophages. Par exemple, Wang et Hartlieb (2011) ont cherché à analyser l'évolution des voies possibles de passage par les poissons (truite commune et petites espèces) au niveau d'un seuil sur la Schwaig, équipé d'une passe naturelle en enrochements (longueur = 35 m ; largeur = 20 m ; pente = 4%). Les mesures ont consisté à relever sur la passe en enrochements les vitesses d'écoulements à l'aide d'un courantomètre, des tirants d'eau et des largeurs possibles de couloir de migration. Les mesures ont nécessité pour un débit donné faible, des moyens humains conséquents (2 jours de relevés à 4 personnes) et se sont révélées impossibles en eaux moyennes et fortes (Baudoin *et al.*, 2013).

B. Passes en enrochements étudiés

I. Description des passes en enrochements

Sur le territoire de la délégation interrégionale Bretagne, Pays de la Loire de l'ONEMA qui compte 9 départements, une trentaine de passes en enrochements de type régulièrement répartis ont été réalisés au cours de ces dernières années. La répartition géographique de ces dispositifs est très hétérogène et révèle que le département de la Mayenne est particulièrement en avance sur la mise en œuvre de passes en enrochements rustiques (cf. tableau 5).

Tableau 5 : Estimation du nombre de passes en enrochements sur le territoire de la Dir2 (en 2015)

	22	29	35	44	49	53	56	72	85
Nombre de passes en enrochements	< 5	<5	<5	2	0	> 20	<5	2	0

Ainsi, des échanges avec le service départemental de la Mayenne ont permis d'identifier une vingtaine de passes en enrochements à l'échelle départementale. Une analyse réalisée avec les syndicats de rivières de la Mayenne a permis de sélectionner 13 passes en enrochements régulièrement répartis dans le cadre de cette étude (cf. figure 2).

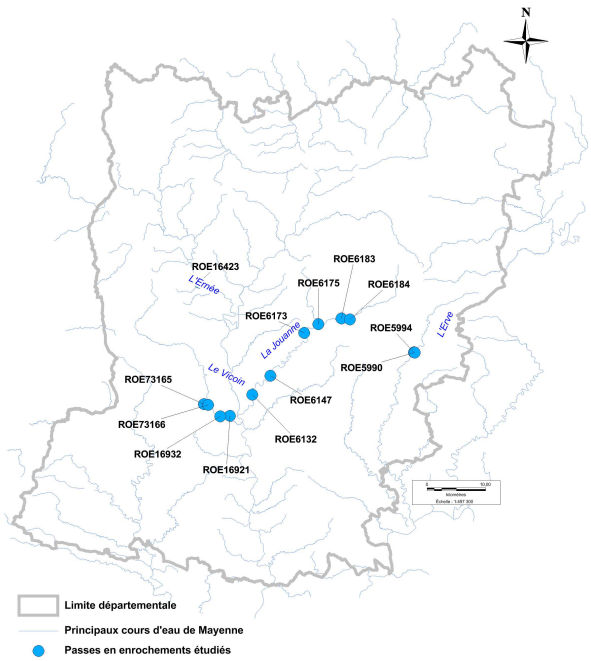


Figure 2 : Localisation des rampes en enrochements régulièrement répartis étudiés en Mayenne

Ces passes en enrochements sont localisées sur 5 cours d'eau différents (l'Ernée, l'Erve, la Jouanne, le Vicoin et le ruisseau de la Paillardière). Ces ouvrages sont situés de 13,8 à 51,6 km de leurs sources, avec des bassins versants de 38,9 à 408,4 km² et des rangs de Strahler allant de 3 à 5. Cette hétérogénéité importante se retrouve dans les différentes valeurs de débits, avec des modules allant de 0,199 $m^3.s^{-1}$ à 3,587 m^3.s-1 (cf. tableau 6).

Tableau 6 : Cours d'eau sur lesquels se situent les passes en enrochements

Localisation administrative				Caractéristiques principales du cours d'eau				
CODE_ROE	NOM_OUVRAG	COMMUNE	COURS_DEAU	Surface du bassin versant (m²)	Distance à la source (BD Carthage) (km)	Pente du cours d'eau (SYRAH) (%)	Rang de Strahler (TOPO)	Module estimé (m^3/s)
ROE16423	Moulin Chauvin	SAINT-GERMAIN-LE-GUILLAUME	l'ernée	339,6	44,8	0,105	4	3,55
ROE5994	Ancienne station de pompage	SAINTE-SUZANNE	l'erve	96,7	22	0,438	4	0,915
ROE5990	Barrage du Grand Moulin	SAINTE-SUZANNE	l'erve	97	22	0,438	4	0,918
ROE6184	Barrage de la Grande Courbe	BREE	la jouanne	88,36	16,9	0,167	4	0,681
ROE6183	Les Bordeaux	BREE	la jouanne	153,1	18,8	0,055	4	1,180
ROE6175	Moulin des Ifs	GESNES	la jouanne	314,4	24,0	0,056	5	2,323
ROE6173	Moulin du Pont de St-Céneré	SAINT-CENERE	la jouanne	324,1	27,7	0,056	5	2,395
ROE6147	Barrage de Pochard	BONCHAMP-LES-LAVAL	la jouanne	386,4	44,0	0,138	5	2,856
ROE6132	Moulin de Soufrette	ENTRAMMES	la jouanne	408,52	51,6	0,138	5	3,019
ROE73165	Batardeau de Narbonne Venage	MONTIGNE-LE-BRILLANT	ruisseau de la paillardière	33,2	13,8	0,281	3	0,268
ROE73166	Batardeau de la Croix	MONTIGNE-LE-BRILLANT	ruisseau de la paillardière	34,1	14,7	0,281	3	0,276
ROE16932	Moulin du bourg	NUILLE-SUR-VICOIN	le vicoin	239	40,2	0,162	4	1,932
ROE16921	Barrage de Tuboeuf	NUILLE-SUR-VICOIN	le vicoin	248	43,0	0,162	4	2,005

II. Description des espèces cibles par ouvrages

Pour l'Erve, l'Ernée, le Vicoin et la Jouanne, les espèces de poissons à intégrer dans l'évaluation de la franchissabilité ont été définies d'après les présences d'espèces issues des données de pêches électriques de la BD MAP (Base de Données nationale centralisant les informations sur les poissons).

Pour le Ruisseau de la Paillardière, l'absence de données de pêche électrique a conduit à utiliser un modèle de probabilité de présence d'espèces piscicoles : le Réseau Hydrobiologique Théorique (RHT). Les données issues de ce modèle ont été confrontées à l'expertise des agents de terrains afin de vérifier la pertinence de la liste d'espèces utilisée sur le Vicoin (cf. tableau 7).

Tableau 7 : Espèces piscicoles présentes sur les cours d'eau étudiés

	Source des données	Espèces présentes
L'Ernée	BD MAP	ANG, CHA, CHE, GAR, GOU, LOF, LPP, PER, ROT, SPI, TRF, VAI, VAN, ANG
L'Erve	BD MAP	ABL, BOU, BRE, BRO, CHA, CCO, CHE, GAR, GOU, LOF, LPP, PER, ROT,TAN, TRF, VAI, VAN
La Jouanne	BD MAP	ABL, ANG, BOU, BRE, BRO, CHA, CHE, GAR, GOU, GRE, LOF, PER, PES, ROT, TAN, VAN
Le ruisseau de la Paillardière	RHT	ABL, ANG, BRO, CCO, CHA, CHE, EPI, EPT, GAR, GOU, LOF, LOT, LPP, PCH, PER, PES, SPI, TAN, TRF, VAI, VAN (espèces en grisées vraisemblablement absentes de ce cours d'eau selon la connaissance de l'ONEMA)
Le Vicoin	BD MAP	ABL, ANG, BAF, BOU, BBB, BRO, CHA, CHE, GAR, GOU, LOF, PER, PES, ROT, TAN, TRF, VAI

Dans l'objectif d'appliquer le protocole Information sur la Continuité Ecologique (ICE), la liste totale d'espèces par cours d'eau a fait l'objet d'un classement en différents groupes d'espèces (cf. ANNEXE A). Ces groupes d'espèces ont été préalablement définies lors de l'élaboration de l'ICE et construits en fonction des catégories de nage et de saut des espèces (Baudoin *et al*., 2013).

C. Méthode d'évaluation de la franchissabilité piscicole des passes en enrochements

I. Contexte

A l'heure actuelle, il n'existe pas de méthode d'évaluation de terrain validée et spécifique aux passes en enrochements. Par conséquent, il a été nécessaire d'adopter une démarche permettant d'aboutir à l'élaboration d'une méthode adaptée aux besoins de notre étude. Dans un premier temps, des échanges ont eu lieu avec le pôle écohydraulique de l'ONEMA qui nous a informé qu'une démarche similaire avait été menée à la délégation interrégionale du Nord-Est, où des fiches de saisie excel avaient été réalisées. Après contact et transmission des fiches par Florent Pierron de la Dir du Nord-Est, nous avons constaté que ces fiches correspondaient à nos attentes. Un seul critère a été rajouté à l'expertise, il s'agit du pendage latéral.

Le choix de critères d'évaluation quantitatifs a été privilégié afin de limiter le biais observateur. Outre des informations techniques sur le dimensionnement des ouvrages, des données complémentaires ont également été récupérées (coût des ouvrages, année, maîtrise d'ouvrage, retour d'expériences techniques…).

II. Phase terrain

Le premier test de la méthode a été réalisé sur le moulin du bourg sur le Vicoin.
Les premières évaluations ont révélé la nécessité de matérialiser les transects d'observation afin de limiter le biais observateur. Le premier transect est localisé sur la crête de l'ouvrage et le dernier avant la dernière rangée de blocs de l'ouvrage. Lorsque la longueur de l'ouvrage augmente, il faut rajouter des transects intermédiaires et déterminer à chaque fois les distances intertransects (cf. figure 3).

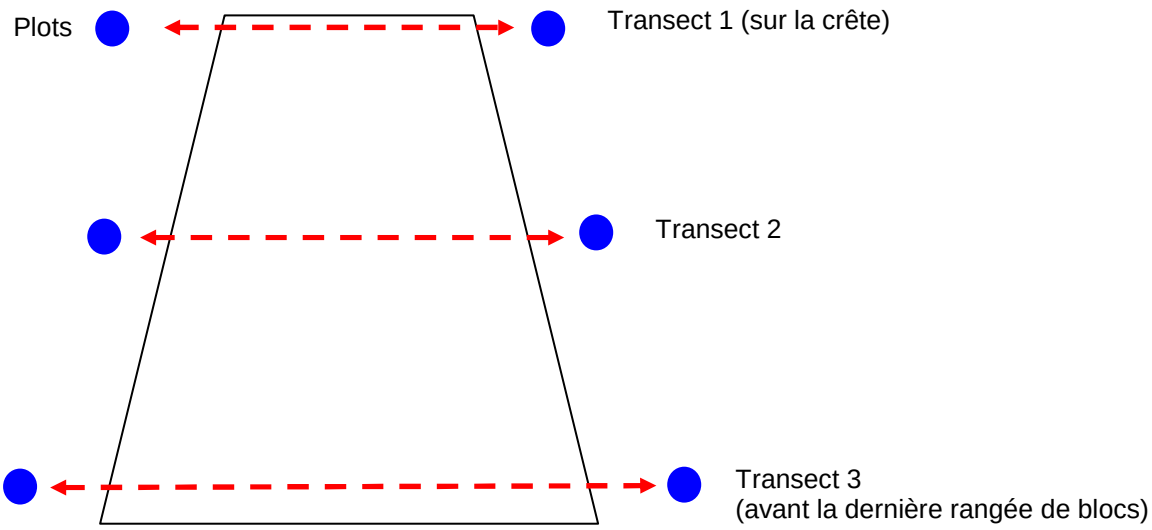


Figure 3 : Matérialisation des transects d'étude sur une passe en enrochements (Exemple avec 3 transects)

Déroulement de l'évaluation (à 4 agents) :

1) Détermination du nombre de transects (3 à 6)
2) Matérialisation des transects avec les plots
3) Division en 2 équipes de 2 personnes
   . mesures des vitesses (fiche vitesses)
   . prise de côtes
4) Mesures en équipes des différents paramètres (bx, Dx, kx, ax) (cf. figure 4)

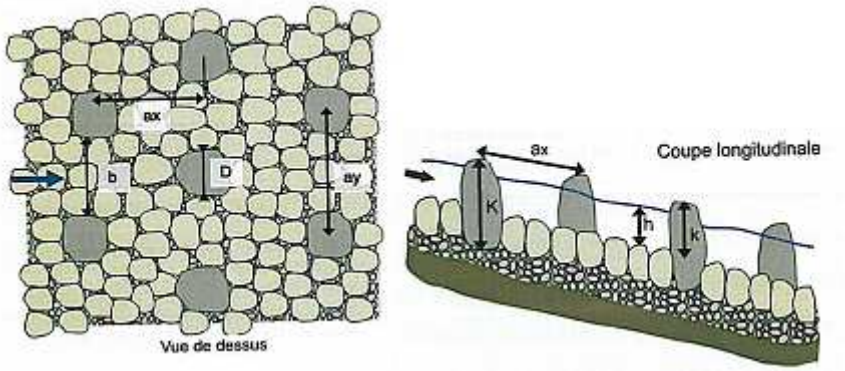


Figure 4 : Schéma d'une passe en enrochements vue du dessus et en coupe longitudinale

Les moyens humains à mettre en œuvre pour réaliser cette méthode ont été estimés à 3 à 4 agents par ouvrage pour une durée de 1h à 1h30 selon le type d'ouvrage.
Le matériel nécessaire est relativement simple : un courantomètre, un kit "Information sur la Continuité Ecologique" (niveau, mire, pige, décamètre), prévoir un décamètre supplémentaire et 9 plots.

L'évaluation des passes a été effectuée durant des conditions hydrologiques de basses eaux, au mois de Septembre 2013.

D. Analyse des résultats

I. Caractéristiques principales des passes en enrochements

Les caractéristiques principales des 13 ouvrages expertisés sont hétérogènes : longueur (4,20 à 20 m), largeur (5 à 20 m), pente longitudinale (1,87 à 23,35 %), hauteur de chute (0,11 à 0,72 m) et fosse d'appel (0,17 à 0,98 m) (cf. tableau 8).

Tableau 8 : Caractéristiques principales des passes en enrochements

CODE_ROE	NOM_OUVRAG	Type de passe	Longueur totale (m)	Largeur moyenne (m)	Pente moyenne (%)	Hchute résiduelle (m)	Fosse d'appel (m)
ROE16423	Moulin Chauvin	régulièrement répartis	7,00	16,33	6,61	0,38	0,50
ROE5994	Ancienne station de pompage	régulièrement répartis	8,00	8,23	2,92	0,19	0,98
ROE5990	Barrage du Grand Moulin	régulièrement répartis	10,00	7,30	2,09	0,46	0,15
ROE6184	Barrage de la Grande Courbe	régulièrement répartis	7,00	7,13	0,23	0,11	0,21
ROE6183	Les Bordeaux	régulièrement répartis	4,20	15,65	23,81	0,30	0,38
ROE6175	Moulin des Ifs	régulièrement répartis	4,20	13,50	6,50	0,27	0,60
ROE6173	Moulin du Pont de St-Céneré	régulièrement répartis	11,00	13,00	6,40	0,36	0,36
ROE6147	Barrage de Pochard	régulièrement répartis	3,80	10,35	3,67	0,30	0,20
ROE6132	Moulin de Soufrette	régulièrement répartis	13,70	12,58	7,79	0,43	0,45
ROE73165	Batardeau de Narbonne Venage	régulièrement répartis	12,50	5,13	1,87	0,25	0,17
ROE73166	Batardeau de la Croix	régulièrement répartis	10,00	5,00	1,94	0,47	0,17
ROE16932	Moulin du bourg	régulièrement répartis	11,50	10,07	5,00	0,47	0,38
ROE16921	Barrage de Tuboeuf	régulièrement répartis	20	20	3,23	0,72	0,30

Plusieurs ouvrages présentent des pentes importantes comprises entre 5 et 7% (ROE16423, ROE6175, ROE6173 et ROE6132). L'ouvrage des Bordeaux (ROE6183) présente une pente très importante de valeur égale à 23%.

II. Caractéristiques secondaires des passes en enrochements

Les blocs utilisés pour la création de ces 13 passes en enrochements régulièrement répartis proviennent essentiellement de la carrière d'Entrammes (53) et sont du schiste bleu qui présente l'inconvénient d'être cassant.

Les moyennes des hauteurs utiles des blocs par ouvrage s'étalent de 0,25 à 0,42 mètre avec une valeur moyenne de 0,32 mètre. Ces valeurs mesurées sur chacun des 13 ouvrages expertisés sont de dimensions inférieures au guide de 2006 sur les passes en enrochements, qui préconise des blocs dont la hauteur utile est comprise entre 0,50 à 0,80 mètres (cf. figure 5).

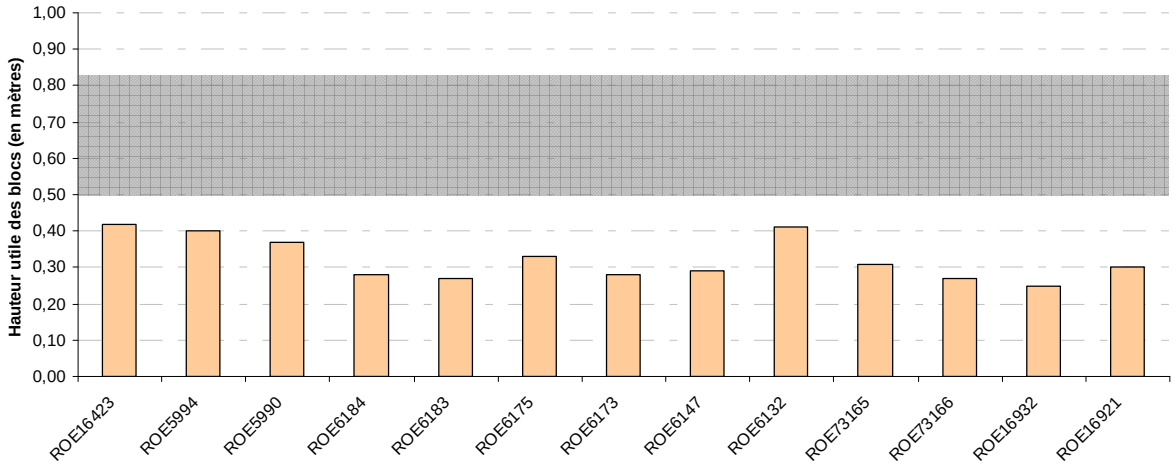


Figure 5 : Hauteurs utiles moyennes des blocs (en mètres) par ouvrage
(espace grisé : hauteur utile préconisée dans le guide Larinier *et al.,* 2006)

Le principal risque des passes en enrochements avec des blocs présentant des hauteurs utiles faibles est l'apparition d'écoulements moins favorables au franchissement des différentes espèces de poisson lors des hautes eaux (cf. partie D.V. du rapport).

Les largeurs moyennes des blocs faces à l'écoulement par ouvrage s'étalent de 0,37 à 0,95 mètre avec une valeur moyenne de 0,67 mètre. Sur les 13 ouvrages expertisés, 6 ouvrages (ROE16423, ROE5994, ROE5990, ROE6184, ROE6132, ROE16921) dépassent de manière significative les valeurs guides de dimensionnement (largeur face à l'écoulement de 0,30 à 0,60 mètres) (cf. figure 6).

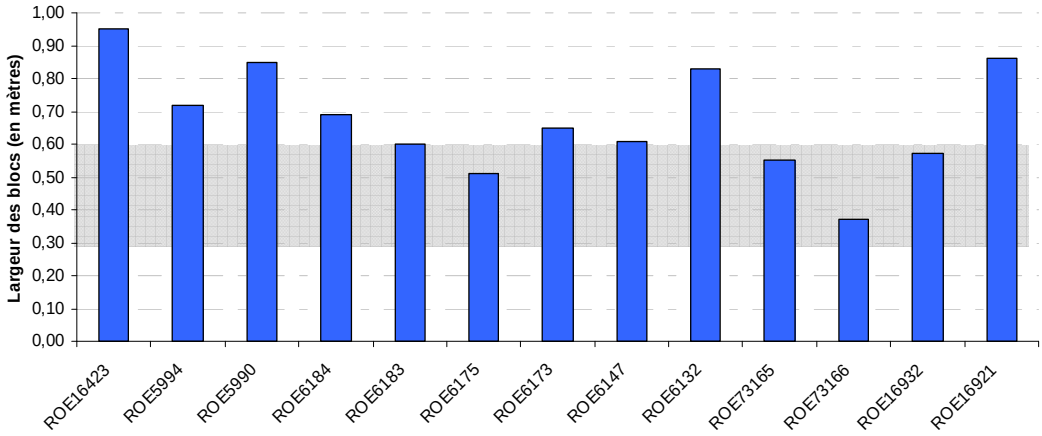


Figure 6 : Largeurs moyennes face à l'écoulement des blocs (en mètre) par ouvrage
(espace grisé : hauteur utile préconisée dans le guide Larinier *et al.,* 2006)

Les largeurs de passage moyennes entre blocs sont comprises entre 0,20 à 0,47 avec une valeur moyenne située à 0,32 mètre. Sur les 13 ouvrages expertisés, 5 ouvrages présentent des largeurs de passages inférieurs aux préconisations de dimensionnement (cf. figure 7).

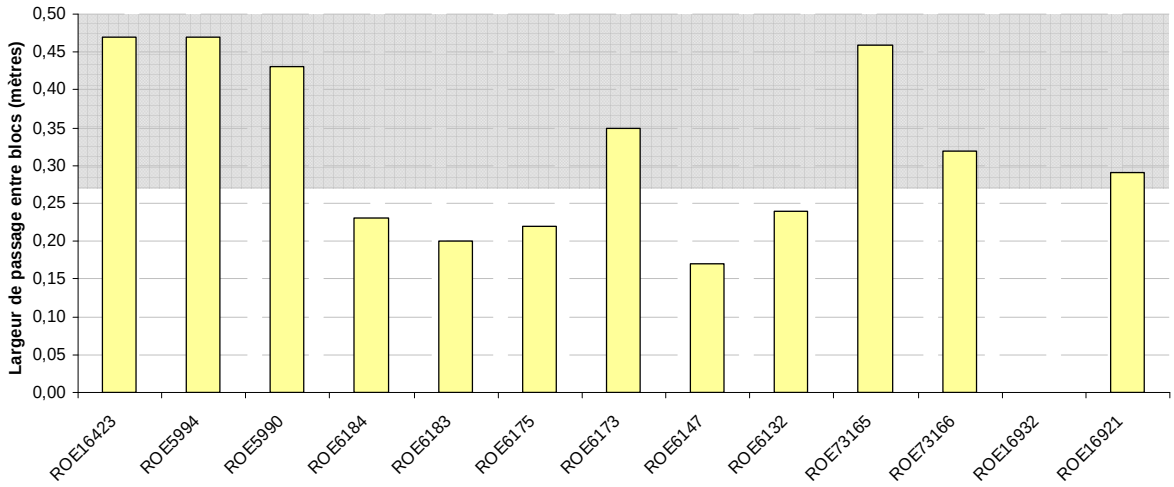


Figure 7 : Largeurs de passage moyennes entre les blocs (en mètres) par ouvrage
(espace grisé : hauteur utile préconisée dans le guide Larinier *et al.*, 2006)

Les hauteurs d'eau moyenne par ouvrages sont comprises entre 0,09 et 0,44 mètre avec une valeur moyenne égale à 0,22 mètres. 6 ouvrages présentent des hauteurs d'eau inférieures à 0,20 mètres (cf. figure 8).

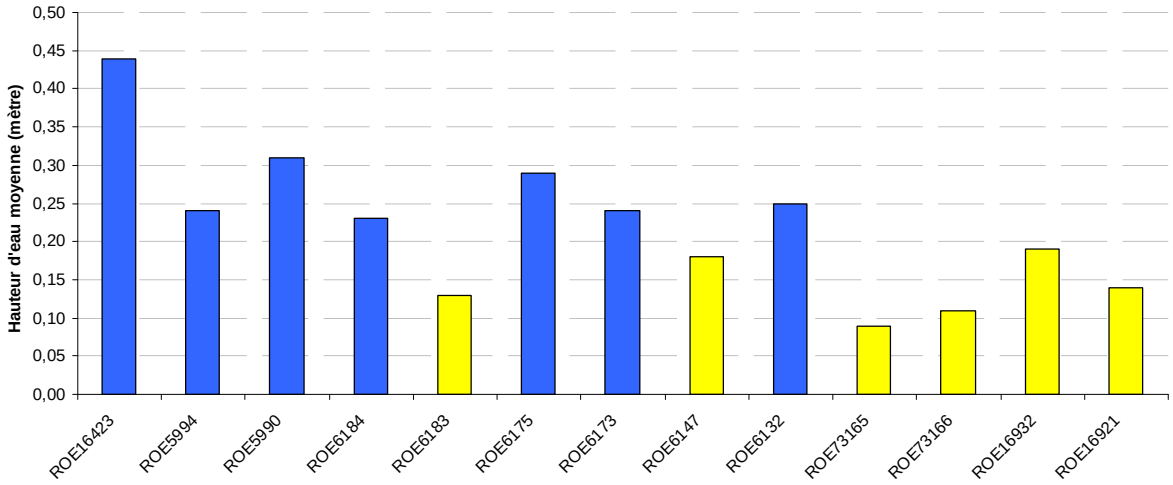


Figure 8 : Hauteur d'eau moyenne (en mètres) par ouvrage
(en bleu : hauteur d'eau supérieure à 0,20 m ; en jaune : hauteur d'eau inférieure à 0,20 m)

La concentration moyenne des blocs est de 0,53 avec un minimum à 0,23 et un maximum à 1,03. Ces valeurs de concentrations importantes s'expliquent par les largeurs des blocs utilisés pour la réalisation de ces ouvrages.

La pente latérale d'un ouvrage doit être inférieure à 5% afin d'éviter la convergence des écoulements et inférieure à la pente longitudinale de l'ouvrage (Larinier, Courret & Gomes, 2006). 4 ouvrages (ROE5994, 5990, 73166, 16921) présentent des valeurs pentes latérales en rive gauche et/ou en rive droite supérieure aux pentes longitudinales. 5 ouvrages (ROE16423, 5994, 5990, 73166, 16921) présentent des pentes latérales supérieures à 5% sur une rive. 1 ouvrage (ROE6175) ne semble pas présenter de dévers latéral marqué. Ces résultats sont toutefois à prendre avec précaution en raison de la précision des lectures de pente sur de très courtes distances.

L'analyse des caractéristiques secondaires des passes en enrochements révèle que l'intégralité des valeurs du guide sur la conception des passes naturelles de 2006 n'est pas strictement respectée. Une parte de l'explication provient des spécificités hydrologiques des cours d'eau étudiés (Jouanne, Ruisseau de la Paillardière, Vicoin). En effet, les faibles débits observés à l'étiage sur ces cours d'eau conduisent à adapter la conception des ouvrages afin qu'ils soient efficaces pour ces débits rencontrés pendant plusieurs mois de l'année.

III. Evaluation ICE des ouvrages par catégories d'espèces

Les données récoltées ont permis de réaliser une analyse à l'aide des arbres de décisions du protocole Information sur la Continuité Ecologique (ICE) (cf. tableau 9).

Tableau 9 : Identification des facteurs limitant par ouvrage dans le cadre de l'évaluation ICE

ROE	16423	5994	5990	6184	6183	6175	6173	6147	6132	73165	73166	16932	16921
Nom	Chauvin	Ancienne station de pompage	Grand Moulin	Grande Courbe	Bordeaux	Ifs	St Cénéré	Pochard	Soufrettes	Venage	Croix	M. du Bourg	Thuboeuf
Pente	6,61	2,92	2,09	0,23	23,81	6,50	6,40	3,67	7,79	1,87	1,94	3,23	5,00
Heau	0,44	0,24	0,31	0,23	0,13	0,29	0,24	0,18	0,25	0,09	0,11	0,19	0,14
H chute	0,38	0,19	0,46	0,11	0,30	0,27	0,36	0,30	0,43	0,25	0,47	0,72	0,47
Cat. 4a													
Cat. 4b													
Cat. 5					Hmin					Hmin	Hmin		Hmin
Cat. 7a					Hmin								
Cat.7b													
Cat. 8a	Hchute 0,3-0,8		Hchute >0,40m							Hmin	Hmin		
Cat. 8b					Hmin					Hmin	Hmin		Hmin
Cat. 8c					Hmin								
Cat. 8d					Hmin								
Cat. 9a					Hmin				Pente et Hchute				
Cat. 9b					Hmin				Pente et Hchute				
Cat. 10	Hchute 0,3-0,8		Hchute >0,40m		Hmin		Pente et Hchute		Pente et Hchute		H chute > 0,4m	H chute > 0,4m	H chute > 0,4m
Cat. 11					Hmin				Pente et Hchute				
Année	2013	2012	2012	2011	2010	2008	2011	2011	2011	2012	2012	2011	2011

Barrière franchissable à impact limité (0)
Barrière partielle à impact majeur (0,33)
Barrière partielle à impact significatif (0,66)
Barrière totale (0)

L'évaluation ICE révèle que seul 1 ouvrage est classé infranchissable pour toutes les catégories d'espèces durant la période d'étiage, il s'agit du ROE6183 en raison d'une pente élevée (environ 24%) ainsi que des tirants d'eau moyens faibles (Heau = 0,13 m).

3 ouvrages (ROE73165, ROE73166 et ROE16921) posent des problèmes pour les catégories 5, 8a et 8b en raison des faibles tirants d'eau (respectivement égales à 0,09 et 0,11).

IV. Analyse des vitesses d'écoulement sur l'ouvrage

Les vitesses moyennes tous transects confondus s'étalent de 0,15 $m.s^{-1}$ à 0,88 $m.s^{-1}$.

En analysant les vitesses maximales supérieures à 1$m.s^{-1}$ pour chaque ouvrage, les résultats révèlent que 91% des vitesses mesurées se révèlent être inférieures à 1$m.s^{-1}$. Les vitesses maximales observées par ouvrage s'étalent de 0,24 $m.s^{-1}$ à 1,27 $m.s^{-1}$ avec une moyenne à 0,91 $m.s^{-1}$.

Au niveau de la crête, 2 ouvrages (ROE6175 et R0E16423) sur les 12 présentent des vitesses supérieures à 1$m.s^{-1}$. Au niveau du transect intermédiaire, ces deux ouvrages (ROE6175 et ROE16423) présentent également des vitesses supérieures à 1 $m.s^{-1}$ ainsi que les ouvrages ROE6147 et ROE6183. Seuls 2 ouvrages présentent des vitesses supérieures à 1 $m.s^{-1}$ sur le dernier transect ROE5990 et ROE5994 (cf. figure 9).

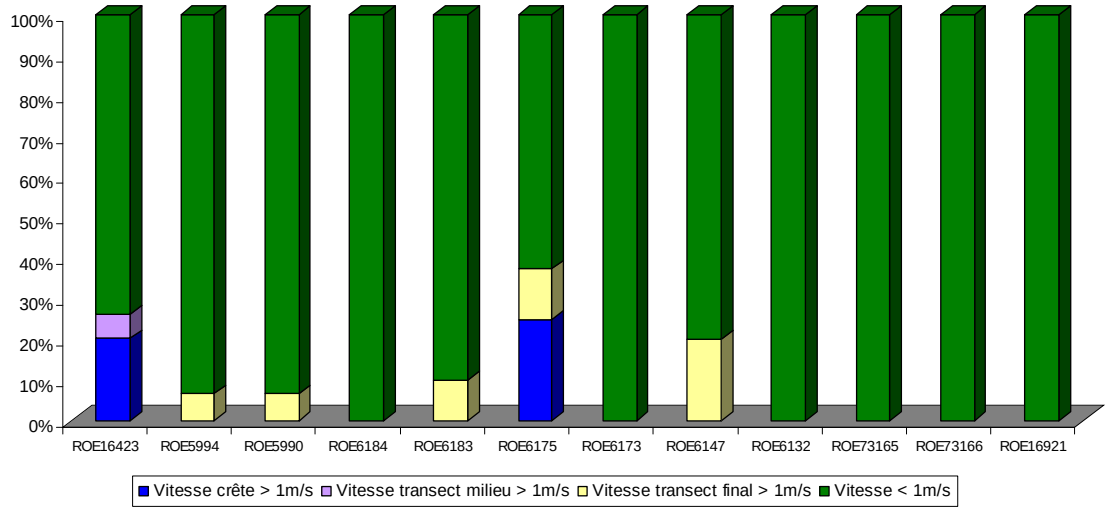


Figure 9 : Répartition et localisation des vitesses supérieures à 1$m.s^{-1}$ par ouvrage

Ainsi, 6 ouvrages sur les 12 analysés présentent des vitesses d'écoulement supérieures à 1 $m.s^{-1}$ sur un ou plusieurs des transects.

Le maintien d'une rugosité de fond est essentiel pour maintenir une bonne atténuation des vitesses d'écoulement.

V. Simulation des ouvrages en hautes eaux

L'analyse a consisté à comparer le débit maximum entonné par la passe en enrochements avant la submersion totale des blocs avec la valeur de 2,5 fois le module, valeur guide pour la conception de passes naturelles.

Les résultats révèlent que seuls 3 ouvrages (ROE6183, ROE73165 et ROE 73166) répondent à ce critère de dimensionnement (cf. figure 10).

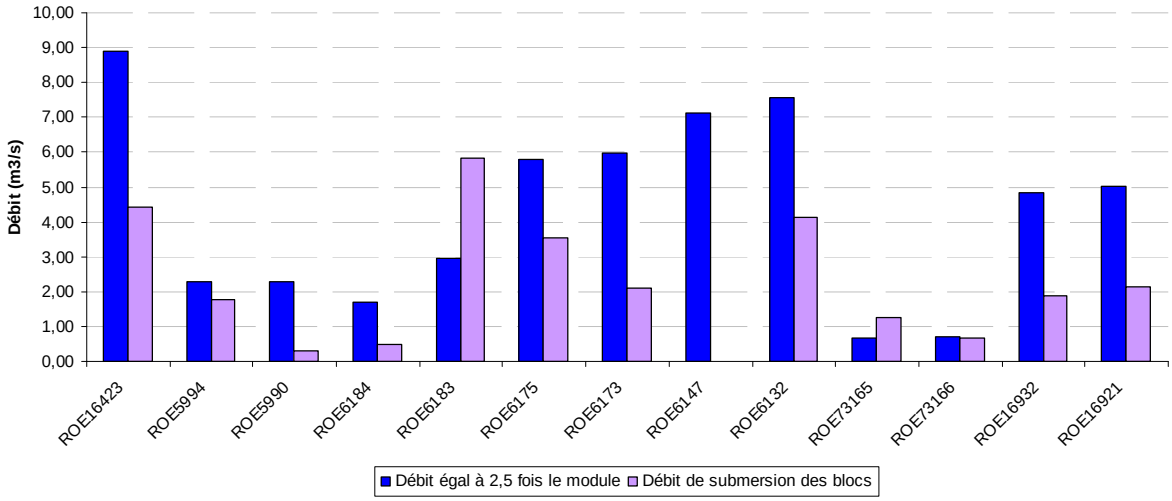


Figure 10 : Comparaison entre le débit maximal entonné et la valeur guide pour la conception des passes naturelles par ouvrage

Les 10 autres ouvrages n'ont pas des blocs de hauteurs utiles suffisantes pour dissiper correctement les écoulements jusqu'à un débit égal à 2,5 fois le module (cf. figure 4). Les valeurs plus faibles de débit maximal entonné s'expliquent souvent par une volonté de limiter les problématiques d'entretien et d'assurer la stabilité des ouvrages.

VI. Linéaire d'écoulements libres regagnés

La création de ces passes en enrochements au droit d'ouvrages existants a permis systématiquement et de manière plus ou moins marquée de réduire la hauteur de chute initiale. La réduction de la hauteur de chute entraîne mécaniquement une réduction de la longueur du remous liquide en amont de l'ouvrage, ce qui permet de regagner des écoulements libres. Ce gain d'écoulements libres théoriques peut être réduit par la présence d'un autre ouvrage à l'amont (cf. figure 11).

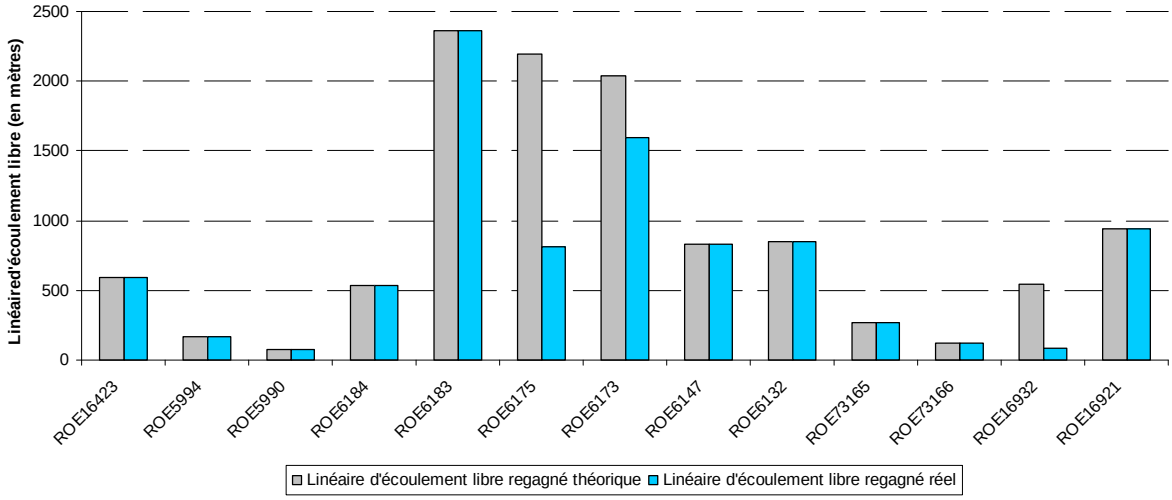


Figure 11 : Linéaire d'écoulements libres regagnés pour les 13 passes en enrochements étudiés

Pour 10 des 13 ouvrages, le gain d'écoulements libres théoriques correspond au gain d'écoulements libres réels. Pour les 3 ouvrages restants, la présence d'un ouvrage à l'amont immédiat a été le facteur limitant au gain d'écoulements libres.

La réalisation de ces 13 passes en enrochements a permis de gagner un linéaire d'écoulement libre cumulé de 9,2 km.

VII. Analyse des coûts des passes en enrochements

Le coût total des 13 passes en enrochements étudiés varie de 5100 à 43400 euros avec une moyenne à 15870 euros (cf. figure 12).

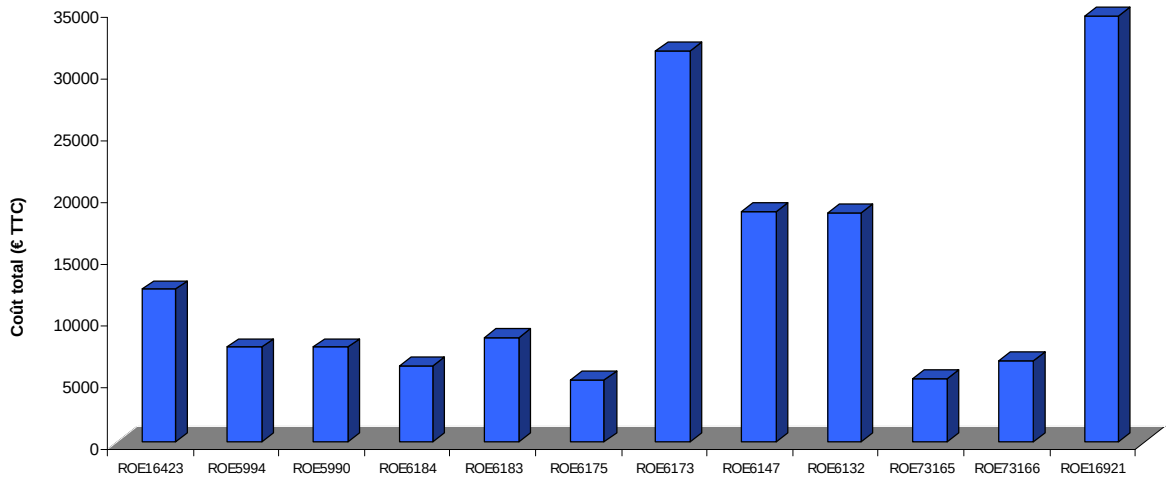


Figure 12 : Coût total des 13 passes en enrochements régulièrement répartis

Cette hétérogénéité importante s'explique en partie par des différences dans les hauteurs de chute à récupérer. Ainsi, le coût total de réalisation d'une passe en enrochements régulièrement répartis par mètre de hauteur de chute varie entre 15000 et 90000 euros TTC (cf. figure 13).

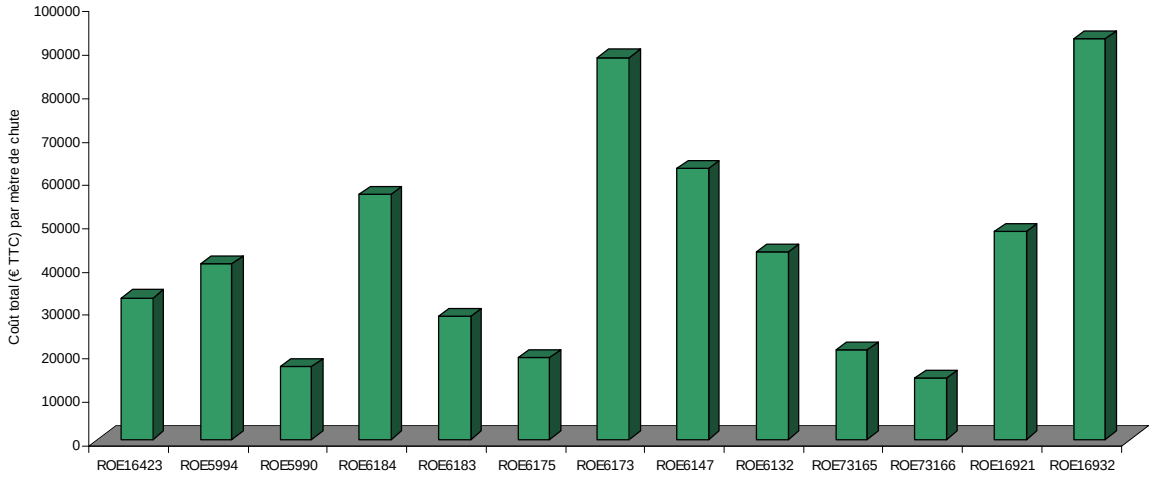


Figure 13 : Coût total des 13 passes en enrochements régulièrement répartis par mètre de hauteur de chute

Pour 10 des 13 ouvrages étudiés, nous avons récupéré les données de coûts, compartiments par compartiments, et nous avons constaté que la majeure partie du prix des travaux correspond au prix des blocs (entre 8 et 66 % par site avec une moyenne à 47%) (cf. figure 14).

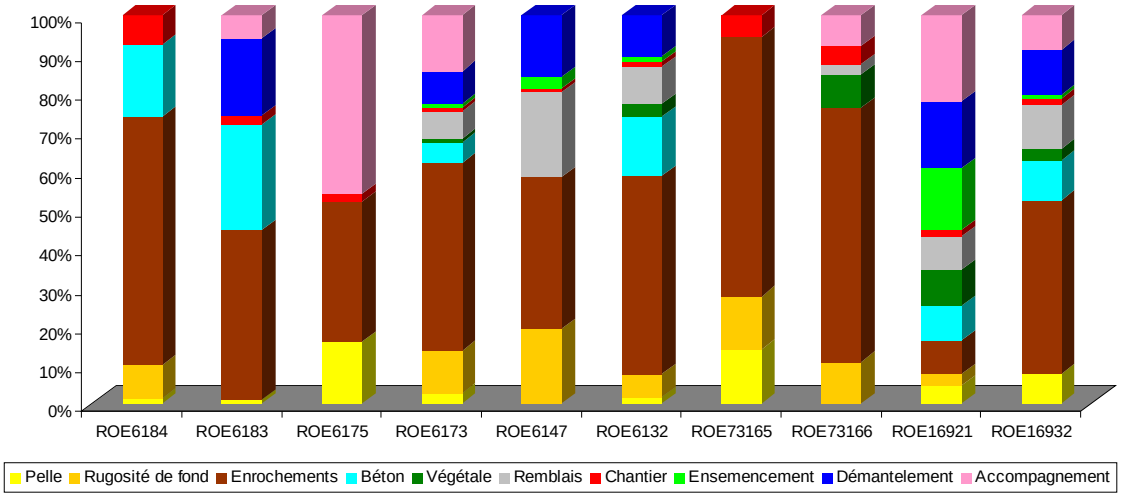


Figure 14 : Répartition du coût total par poste pour 10 des 13 passes en enrochements étudiés

VIII. Conciliation des usages

La réalisation des passes en enrochements a également permis de concilier les usages existants :

- maintien de l'alimentation en eau d'un bief de moulin (5 ouvrages)
- maintien du niveau d'eau au droit d'un ouvrage d'art (3 ouvrages)
- franchissement d'un radier béton (1 ouvrage)
- accompagnement du démantèlement et resserrement des écoulements (1 ouvrage)
- stabilité d'un ouvrage routier en amont immédiat et conservation de l'habillage du radier béton (1 ouvrage)
- maintien de l'activité nautique, location de canoë en amont de l'ouvrage avec besoin d'un tirant d'eau minimum et volonté du propriétaire d'une répartition des eaux de part et d'autre de l'île, présence d'un droit d'eau (1 ouvrage)
- intérêt paysager avec un gîte situé au niveau du moulin et souhait d'alimenter une mare présente au pied du moulin, présence d'un droit d'eau (1 ouvrage)

Un travail a également souvent été réalisé pour veiller à une bonne intégration des passes en enrochements au sein du paysage.

Chaque ouvrage a fait l'objet d'une fiche de synthèse de l'ensemble des résultats, transmise aux partenaires (exemple ANNEXE B).

E. Préconisations techniques

1. Phase d'étude

Les préconisations techniques relatives à la conception de passes en enrochements régulièrement répartis sont clairement établies dans les guides Larinier, 1992 et précisées pour les passes naturelles dans le guide de Larinier *et al*., 2006.

Les échanges réalisés avec les techniciens rivières ont permis d'identifier certains points de vigilance au niveau de la phase diagnostic :

- La réalisation d'un profil en long à l'amont et à l'aval couplée à une prise de cotes exhaustives de l'ouvrage est importante, elle permet de réaliser un bon calage altimétrique de l'ouvrage et d'anticiper d'éventuels risques d'érosion régressive (Malavoi & Salgues, 2011). Elle permet dans le même temps de sensibiliser les riverains au fait qu'il restera de l'eau dans la rivière après aménagement.
- La localisation précise des usages (ex : prise d'alimentation en eau potable, alimentation d'un bief de moulin…) ou d'éléments complémentaires (ouvrage d'art nécessitant un ennoiement de ses fondations…) permet de caler avec précision le niveau de la crête à respecter.
- L'analyse du niveau de comblement de la retenue en sédiments permet de prévenir d'éventuels départs importants de matière en suspension.
- En prévision de la phase travaux, il apparaît essentiel de s'intéresser à la nature du fond de la rivière au droit de la création de l'ouvrage. En effet, dans le cas d'une probabilité significative d'avoir un fond instable, il est conseillé de prévoir un volume de blocs supplémentaires, à utiliser en cas de problèmes.

Dans tous les cas, l'estimation du volume de blocs étant approximative, il est recommandé de prévoir un volume de blocs supplémentaires.
Concernant les ouvrages présentant une longueur importante (20 à 25 mètres), il est intéressant d'étudier la possibilité de faire 2 rampes successives avec un bassin au milieu.

D'un point de vue général, il est primordial de bien réfléchir et anticiper les différentes phases des travaux.

2. Phase travaux

La période de réalisation la plus adaptée est la période de basses eaux. Lors des premières créations de passes en enrochements en Mayenne, les ouvrages étaient réalisés hors d'eau. Pour mettre hors d'eau le chantier, les dispositifs les plus souvent utilisés sont la mise en place de batardeaux, il est également possible de réaliser une dérivation temporaire du cours d'eau ou un pompage. Depuis 2 à 3 ans, les techniciens préfèrent désormais travailler en eau, c'est-à-dire qu'ils agencent les blocs en analysant en temps réel les tirants d'eau et les vitesses d'écoulement générés par la pose du bloc considéré. Cette méthode permet de corriger un mauvais positionnement d'un bloc et d'apporter les ajustements nécessaires rapidement. Il convient dans tous les cas de veiller à anticiper d'éventuelles augmentations rapides des débits afin de choisir le dispositif le plus adapté.

Dans le cas de passes avec une crête jointoyée au béton, il est nécessaire de travailler hors d'eau, souvent en fragmentant la réalisation de l'ouvrage en 2 parties. Si l'ouvrage n'est pas jointoyé au béton, il est possible de travailler en pleine eau.

Le matériel adapté pour la réalisation d'une passe en enrochements comprend une pelle lourde (17 à 25 tonnes). Il est fortement préconisé d'utiliser une pelle à chenille qui se révèle indispensable pour progresser sans difficulté sur les chantiers et dans le lit du cours d'eau. En fonction des caractéristiques du cours d'eau et des possibilités à travailler sur les berges, il peut être utile d'avoir un grappin, une pince sur le bras de la pelle, un godet à tête rotative facilitant la disposition des blocs, un bras articulé tilt. Pour les ouvrages de dimensions importantes, les pelles à long bras peuvent s'avérer très intéressantes. L'essentiel selon les techniciens rivières étant d'avoir "un pelleteur doué, calme, patient et à l'écoute".

La réception des blocs implique une vigilance particulière, il convient de bien vérifier le respect des dimensions et la solidité des blocs définis lors de la conception de la passe et après échange avec la carrière.

Le jointoiement au béton de la crête de l'ouvrage est fortement conseillé dans le cas où il y a une cote précise à respecter et également dans le cas où une répartition fine des débits est nécessaire. En effet, c'est une garantie vis-à-vis du propriétaire pour respecter la côte établie. Comme rappelé précédemment, la principale contrainte pour liaisonner la crête est de travailler hors d'eau. Lorsqu'il n'y a pas de cote à respecter et en présence d'une faible hauteur de chute résiduelle, il n'apparaît pas nécessaire de jointoyer la crête au béton, ce qui permet à l'ouvrage de s'ajuster naturellement et faciliter les reprises. Dans tous les cas, il est conseillé de réaliser une contre-pente en amont de l'ouvrage afin de renforcer la stabilité de l'ouvrage et faciliter le transit des corps flottants. Cela permet également un meilleur transfert des sédiments fins, qui s'accumulent moins facilement en amont des ouvrages.

La disposition des blocs suit rarement les préconisations de mise en place d'un lit d'argile avec une géomembrane. En effet, cette structure n'est pas stable et bouge dès disposition des blocs. Une fois les blocs mis en place, les techniciens observent un colmatage rapide et une étanchéification de la rampe avec les fines de la rivière.

La mise en place de la rugosité de fond a lieu lorsque la passe est construite, elle s'opère en un saupoudrage avec la pelle de matériaux présentant un diamètre de 0,150 et une répartition à la main. Elle doit être réalisée sur 20 à 30 cm d'épaisseur et permet d'assurer la cohésion de l'ensemble des blocs.

La réalisation du dévers latéral s'effectue avec la rugosité de fond. Dans les cas étudiés, les blocs ont été disposés à plat avec une pente longitudinale uniquement, le dévers latéral a été réalisé avec la rugosité de fond uniquement.

D'un point de vue général, le suivi régulier du technicien rivière durant la phase travaux a été identifié comme une des clés de réussite du projet.

3. Phase suivi

Concernant les suivis écologiques, les échanges réalisés avec les techniciens ont révélé une absence de suivi écologique sur l'Erve et l'Ernée concernant ces aménagements. Sur le Vicoin, des suivis avant et après travaux ont été réalisés (IBGN et température). Aux vues des résultats de ce rapport, il est important de vérifier à postériori l'efficacité du dispositif mis en œuvre (par exemple avec le protocole mis en œuvre dans le cadre de cette étude) et également d'évaluer avec précision le linéaire d'écoulements libres regagnés en travaillant sur les faciès d'écoulements. Si possible, pour des projets où il est possible de réaliser un état initial, la mise en œuvre de suivi écologique ambitieux peut constituer un levier intéressant pour convaincre les usagers du bassin versant.

Concernant les suivis sur la solidité de l'ouvrage,
Concernant les ouvrages récemment réalisés, l'utilisation de filets coco semble permettre une meilleure tenue de la berge au droit de l'ouvrage et de faciliter la pousse de la végétation. Un seul ouvrage a du faire l'objet d'une reprise suite à une crue. Elle a été reprise avec de très gros blocs, une nouvelle crue 15 jours après les travaux de reprise n'a eu aucune incidence sur la passe recréée. D'une manière générale, un renforcement des berges au droit de l'emprise de l'ouvrage constitue un gage de meilleure stabilité.

Concernant l'entretien, il est préconisé de veiller à un entretien régulier de l'ouvrage afin d'assurer sa fonctionnalité. Dans certains cas, les propriétaires riverains réalisent l'entretien eux-mêmes et valorisent le bois en rivière déposé sur la rampe comme bois de chauffage. La présence d'une contre pente à l'amont de la crête est absolument nécessaire pour faciliter le transport des troncs et le transit sédimentaire.

Concernant les premiers retours des usagers/riverains de ces aménagements, l'intégration paysagère est intéressante et permet aux usagers/riverains de voir les poissons franchir ces ouvrages. Les retours des pêcheurs sont globalement positifs malgré quelques sceptiques qui ont été contraints de changer leurs habitudes de pêches. Certains y voient un embellissement de leur territoire. Ces rendus positifs ont été rendus possibles notamment grâce à une étape de concertation importante.

Concernant les ouvrages ayant actuellement fait l'objet de reprises, les causes résident dans :

- le calage amont (Ouvrage de Soufrette),
- le calage aval, rampe trop courte (Ouvrage de Nuillé),
- la présence de chute à l'aval, pente trop importante (Ouvrage de Saint-Cénéré)
- la présence d'un fort transit sédimentaire (Ouvrage du bourg de Neau),

Attention, le fait de jointoyer au béton l'intégralité de la rampe complexifie fortement les reprises.

F. Conclusion

Les passes en enrochements régulièrement répartis constituent un dispositif intéressant pour améliorer la franchissabilité piscicole des cours d'eau et pour obtenir un gain en écoulements libres. Le guide sur la conception des passes naturelles (Larinier, Courret & Gomes, 2006) a permis d'accompagner la conception et le dimensionnement de ce type d'ouvrages.

L'analyse technique de 13 passes en enrochements régulièrement répartis en Mayenne, présentée dans ce rapport, a permis de mettre en évidence l'efficacité de ces dispositifs sur la franchissabilité piscicole, le gain en écoulements libres ainsi que la conciliation avec les usages existants. Sur certains paramètres concernant la conception et le dimensionnement de ces dispositifs (exemple : pente longitudinale, dimensions des blocs…), des différences ont pu être observées par rapport aux préconisations techniques. Dans certains cas, ces différences peuvent être à l'origine de difficultés pour la franchissabilité de certaines catégories d'espèces à certaines périodes de l'année. Il convient par conséquent de veiller à suivre ces recommandations techniques (Larinier, Courret & Gomes, 2006) et le cas échéant de vérifier les incidences en amont de la réalisation des travaux de divergences sur leurs applications.

La réalisation de cette étude a également permis d'identifier des préconisations techniques complémentaires dans la réalisation de ces ouvrages. Issues de plusieurs années d'expérience des techniciens rivières et des partenaires (ONEMA, DDTM…) sur le département de la Mayenne, ces préconisations sont de nature à accompagner la mise en œuvre de nouveaux ouvrages en Mayenne et sur d'autres territoires. Elles rappellent notamment l'importance de l'étude initiale ainsi que de la maitrise d'œuvre qui sont deux éléments indispensables pour assurer une bonne réalisation d'une passe en enrochements régulièrement répartis.

La méthode mise en œuvre dans cette étude permettra de poursuivre l'expertise sur de nouveaux projets de passes en enrochements régulièrement répartis afin de contribuer à enrichir ce premier retour d'expérience sur le territoire de la délégation Bretagne, Pays de la Loire de l'ONEMA.

Synthèse bibliographique

BAUDOIN J.M., BURGUN V., CHANSEAU M., LARINIER M., OVIDIO M., SREMSKI W., STEINBACH P. & VOEGTLE B., 2013, Informations sur la continuité écologique, Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, Principes et méthodes. Guide ONEMA, Collection "Comprendre pour agir", 200 pages.

LARINIER M., COURRET D. & GOMES P., 2006, Guide technique pour la conception des "passes naturelles", Rapport GHAAPPE RA.06.05-V1, CSP/CEMAGREF/GHAPPE Institut de Mécanique des Fluides, 66 pages.

MALAVOI & SALGUES, 2011, Arasement et dérasement de seuils, Aide à la définition de Cahier des Charges pour les études de faisabilité Compartiments hydromorphologie et hydroécologie, Rapport Pôle hydroécologie des cours d'eau Onema Cemagref Lyon, 83 pages.

PIERRON & BURGUN, Fiche d'évaluation des passes en enrochements, Document excel, Délégation Nord-Est ONEMA.

WEIBEL D. & PETER A., 2012, Effectiveness of different types of block ramps for fish upstream movement, *Aquatic Sciences*, **25**, 10 pages.

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ANNEXE A

Tableau 4 *Tableau récapitulatif des groupes d'espèces ICE et des capacités de nage et de saut correspondantes.*

Groupe ICE	Espèces	Espèces sauteuses	V, Sprint Umax associé (m/s)			Hauteur de saut associé (m)		
			Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
1	Saumon atlantique (*Salmo salar*) Truite de mer ou de rivière [50-100] (*Salmo trutta*)	Oui	4,5	5,5	6,5	1	1,5	2,5
2	Mulets (*Chelon labrosus, Liza ramada*)	Oui	4	4,75	5,5	0,8	1,1	1,8
3a	Grande alose (*Alosa alosa*)	Non	3,5	4,25	5	-	-	-
3b	Alose feinte (*Alosa fallax fallax*)		3	3,75	4,5			
3c	Lamproie marine (*Petromyzon marinus*)							
4a	Truite de rivière ou truite de mer [25-65] (*Salmo trutta*)	Oui	3	4	5	0,5	0,9	1,4
4b	Truite de rivière [15-30] (*Salmo trutta*)		2,5	3	3,5	0,3	0,5	0,8
5	Aspe (*Aspius aspius*) Brochet (*Esox lucius*)	Non	3,5	4,25	5	-	-	-
6	Ombre commun (*Thymallus thymallus*)	Oui	3	3,75	4,5	0,4	0,75	1,2
7a	Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) Chevaine (*Squalius cephalus*) Hotu (*Chondrostoma nasus*)	Non	2,5	3,25	4	-	-	-
7b	Lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*)		2	2,75	3,5			
8a	Carpe commune (*Cyprinus carpio*)	Non	2	2,75	3,5	-	-	-
8b	Brème commune (*Abramis brama*) Sandre (*Sander lucioperca*)							
8c	Brème bordelière (*Blicca bjoerkna*) Ide mélanote (*Leuciscus idus*) Lotte de rivière (*Lota lota*) Perche (*Perca fluviatilis*) Tanche (*Tinca tinca*)							
8d	Vandoises (*Leuciscus sp hors Idus*)							
9a	Ablette commune (*Alburnus alburnus*) Ablette spirlin (*Alburnoides bipunctatus*) Barbeau méridional (*Barbus meridionalis*) Blageon (*Telestes souffia*) Carassin commun (*Carassius carassius*) Carassin argenté (*Carassius gibelio*) Gardon (*Rutilus rutilus*) Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) Toxostome (*Parachondrostoma toxostoma*)	Non	1,5	2,25	3	-	-	-
9b	Apron (*Zingel asper*) Chabots (*Cottus sp*) Goujons (*Gobio sp*) Grémille (*Gymnocephalus cernuus*) Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*) Loche franche (*Barbatula barbatula*) Loche de rivière (*Cobitis taenia*)							
10	Able de Heckel (*Leucaspius delineatus*) Bouvière (*Rhodeus amarus*) Epinoche (*Gasterosteus gymnurus*) Epinochette (*Pungitius laevis*) Vairons (*Phoxinus sp*)	Non	1	1,5	2	-	-	-
11a	Anguille européenne [jaune] (*Anguilla anguilla*)	Non	< 1,5			-	-	-
11b	Anguille européenne [civelle] (*Anguilla anguilla*)		< 0,5					

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

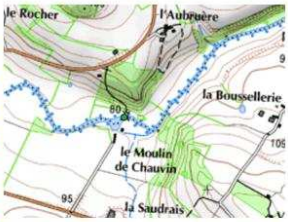
ANNEXE B

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 16423
- Moulin Chauvin -

Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : l'Ernée
Commune : Saint-Germain-Le-Guillaume
Andouillé
Superficie du BV : 339,6 km²
Distance à la source : 45 km
Module estimé : 3,55 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 414544,46918 Y = 6794667,3613



Réalisé par le syndicat du bassin de l'Ernée

Objectifs :
1) Maintenir l'alimentation du bief
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Septembre 2013

Dispositif : Seuil avec clapet basculant
Hauteur de chute initiale = 1,60 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,38 m

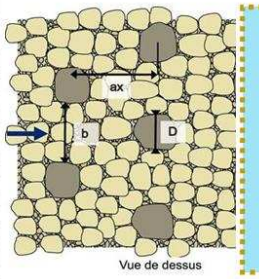
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 590 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **6,6 %**
Longueur totale = **7 m**
Largeur moyenne = **16,3 m**
Dévers latéral = **6,5 %**
Hauteur de chute = **0,38 m**
Fosse d'appel = **0,50 m**
Tirant d'eau moyen = **0,44m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements libres
Blocs = **schiste, granite**
Profondeur d'enfoncement = **0,50 m**
Nombre rangées de blocs = **7**
Espacement inter rangées (ax) = **1 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,95 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,42 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,47**
Concentration des blocs = **0,47**

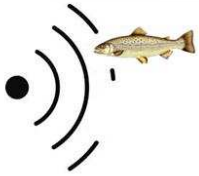
Expertise réalisée le 21/10/2013 à 10h00 (durée : 1h15)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par HEBERT G., SEBY M.C, LE BIHAN M. (ONEMA)

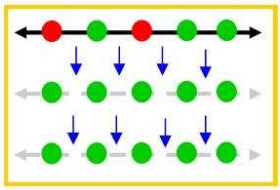
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ROE 16423
- Moulin Chauvin -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 1,27 m/s
La vitesse moyenne est de 0,88 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 4a	1	
Cat. 5	1	
Cat. 7a	1	
Cat. 8a	0,66	Hchute]0,3-0,8]
Cat. 8b	1	
Cat. 8c	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	0,66	Hchute]0,3-0,8]
Cat. 11	1	

Espèces présentes dans l'Ernée :

- **TRF**
- *BRO*
- *BAF*, **CHE**
- *CCO*
- *BRE*, **GAR**, *SAN*, **VAN**
- **PER**, *TAN*
- *ABL*, **ROT, SPI**
- **CHA, GOU**, *GRE*, **LOF, LPP**
- **VAI**
- **ANG**

Remarques :
- Pour les catégories 8a, 9a, 9b, 10 et 11, la hauteur de chute résiduelle est très proche de la hauteur de chute seuil égale à 0,40 mètres, entraînant le passage en classe ICE 0,66 pour la catégorie 8a et 10 (en raison de la pente > 5%)
- Les vitesses élevées sur la crête peuvent entraîner des difficultés de franchissement pour certaines espèces

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 4,41 m^3/s , soit environ 1,2 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

Préconisations techniques :
- éviter les blocs de largeurs trop importantes et veiller au dévers latéral
- le non jointoiement de la crête nécessite de réaliser une contre pente à l'amont de la crête afin d'assurer une certaine stabilité de l'ouvrage

Coût de l'étude = 1890 € TTC
Coût des travaux = 10500 € TTC

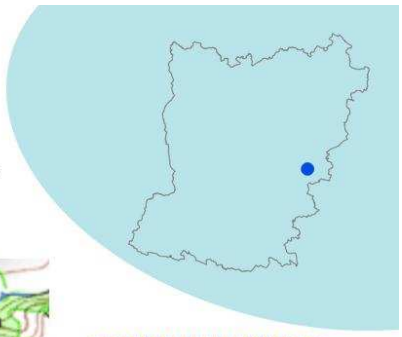
Cout Total = 12390 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE C

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 5994
- Ancienne station de pompage -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : l'Erve
Commune : Sainte-Suzanne
Superficie du BV : 96,7 km²
Distance à la source : 22 km
Module estimé : 0,915 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 450947,1825 Y = 6782848,8177

Réalisé par le syndicat du bassin de l'Erve

Objectifs :
1) Maintenir l'alimentation du Grand Moulin
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Septembre 2012

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 0,90 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,19 m

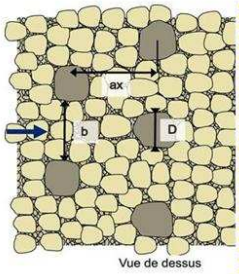
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 160 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **2,92 %**
Longueur totale = **8 m**
Largeur moyenne = **8,2 m**
Dévers latéral = **3 et 12 %**
Hauteur de chute = **0,19 m**
Fosse d'appel = **0,98 m**
Tirant d'eau moyen = **0,24 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Profondeur d'enfoncement = **1 m**
Nombre rangées de blocs = **6**
Espacement inter rangées (ax) = **1,33 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,72 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,40 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,47**
Concentration des blocs = **0,44**

Expertise réalisée le 11/09/2013 à 10h00 (durée : 1h35)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par MIGNOT M.P., PRAT J.A. ARAGO M.A.. (ONEMA)

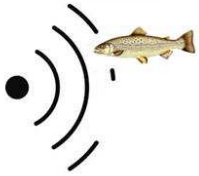
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

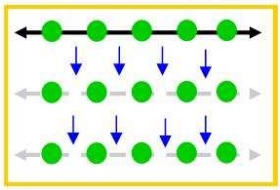
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 5994

- Ancienne station de pompage -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





● *Vitesse supérieure à 1 m/s*
● *Vitesse inférieure à 1 m/s*

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,90 m/s
La vitesse moyenne est de 0,58 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans l'Erve :
Cat. 4a	1		➡ TRF
Cat. 5	1		➡ BRO
Cat. 7a	1		➡ CHE
Cat. 8a	1		➡ CCO
Cat. 8b	1		➡ BRE
Cat. 8c	1		➡ PER, TAN
Cat. 8d	1		➡ VAN
Cat. 9a	1		➡ ABL, GAR, ROT
Cat. 9b	1		➡ CHA, GOU, LOF, LPP
Cat. 10	1		➡ BOU, VAI

Remarques :
- Cet ouvrage ne présente pas de difficultés de franchissement significatives pour les différentes espèces présentes sur l'Erve

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 1,78 m^3/s , soit environ 2 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

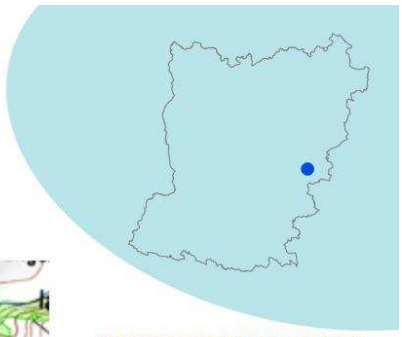
Cout Total = 7700 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE D

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 5990
- Barrage du Grand Moulin -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : l'Erve
Commune : Sainte-Suzanne
Superficie du BV : 97 km²
Distance à la source : 22 km
Module estimé : 0,918 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 451008,30371 Y = 6782841,0783

Réalisé par le syndicat du bassin de l'Erve

Objectifs :
1) Maintenir l'alimentation en eau du Grand Moulin
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Septembre 2012

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 0,80 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,46 m

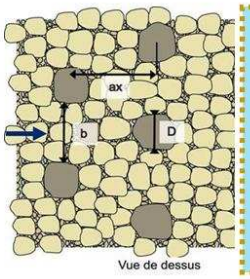
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 80 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **2,09 %**
Longueur totale = **10 m**
Largeur moyenne = **7,3 m**
Dévers latéral = **4,1 et 23,5 %**
Hauteur de chute = **0,46 m**
Fosse d'appel = **0,15 m**
Tirant d'eau moyen = **0,31 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements libres
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Profondeur d'enfoncement = **1 m**
Nombre rangées de blocs = **13**
Espacement inter rangées (ax) = **0,77 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,85 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,37 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,43**
Concentration des blocs = **0,61**

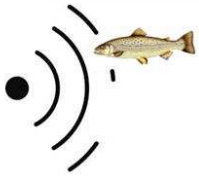
Expertise réalisée le 11/09/2013 à 15h40 (durée : 1h35)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par ARAGO M.A., MIGNOT M.P. & PRAT J.A. (ONEMA)

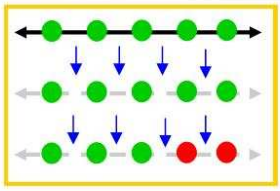
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ROE 5990
- Barrage du Grand Moulin -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





● *Vitesse supérieure à 1 m/s*
● *Vitesse inférieure à 1 m/s*

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 1,27 m/s
La vitesse moyenne est de 0,60 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans l'Erve :
Cat. 4a	1		➡ TRF
Cat. 5	1		➡ BRO
Cat. 7a	1		➡ CHE
Cat. 8a	0,66	Hchute > 0,40m	➡ *CCO*
Cat. 8b	1		➡ BRE
Cat. 8c	1		➡ PER, TAN
Cat. 8d	1		➡ VAN
Cat. 9a	1		➡ ABL, GAR, ROT
Cat. 9b	1		➡ CHA, GOU, LOF, LPP
Cat. 10	0,66	Hchute > 0,40m	➡ BOU, VAI

Remarques :
- Pour les catégories 8a, 9a, 9b et 10, la hauteur de chute résiduelle est très proche de la hauteur de chute seuil égale à 0,40 mètres, entraînant le passage en classe ICE 0,66
- Les vitesses élevées en fin de passe peuvent entraîner des difficultés de franchissement pour certaines espèces

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 0,30 m^3/s , soit environ 0,3 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et léger gain d'écoulement libre

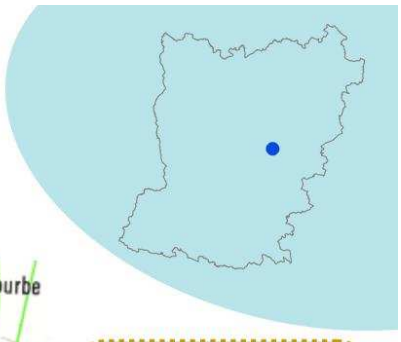
Cout Total = 7700 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE E

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6184
- Barrage de la Grande Courbe -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Brée
Superficie du BV : 88,4 km²
Distance à la source : 16,9 km
Module estimé : 0,681 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 440044,74 Y = 6788381,05

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Maintien du niveau d'eau (ouvrage d'art)
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Avant

Absence d'ouvrage

Mais le niveau d'eau était sous influence de l'ouvrage des Bordeaux de Brée...

Juillet 2011

Après

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,11 m

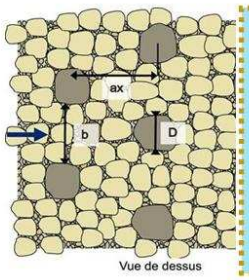
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 533 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **0,23 %**
Longueur totale = **7 m**
Largeur moyenne = **7,1 m**
Dévers latéral = -
Hauteur de chute = **0,11 m**
Fosse d'appel = **0,21 m**
Tirant d'eau moyen = **0,23 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Rampe entièrement bétonnée
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **6**
Espacement inter rangées (ax) = **1,16 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,69 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,28 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,23 m**
Concentration des blocs = **0,63**

Expertise réalisée le 21/10/2013 à 15h00 (durée : 1h)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par HELBERT G., LE BIHAN M. & MIGNOT M.P.. (ONEMA)

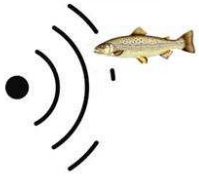
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

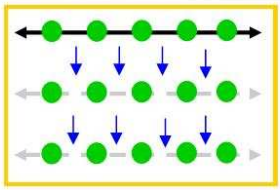
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ROE 6184

- Barrage de la Grande Courbe -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





● *Vitesse supérieure à 1 m/s*
● *Vitesse inférieure à 1 m/s*

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,72 m/s
La vitesse moyenne est de 0,38 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 5	1	
Cat. 7a	1	
Cat. 8b	1	
Cat. 8c	1	
Cat. 8d	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	1	
Cat. 11a	1	

Espèces présentes dans la Jouanne :

- **BRO**
- **CHE**
- **BRE**
- **PER, TAN**
- **VAN**
- **ABL, ROT, GAR, ROT**
- **CHA, GOU, GRE, LOF, LPP**
- **BOU**
- **ANG**

Remarques :
- Cet ouvrage ne présente pas de difficultés de franchissement significatives pour les différentes espèces présentes sur la Jouanne

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 0,49 m^3/s , soit 0,72 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

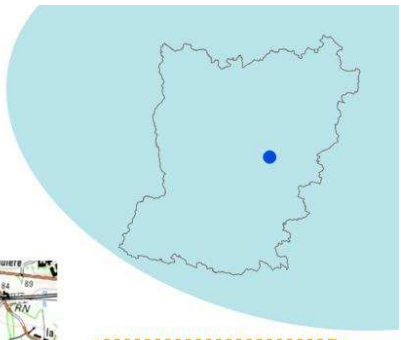
Cout Total = 6213 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE F

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6183
- Les Bordeaux -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Brée
Superficie du BV : 153,1 km²
Distance à la source : 18,8 km
Module estimé : 1,18 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 438591,62 Y = 6788592,13

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Alimentation du bief en rive droite (Château des Bordeaux)
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Juillet 2010

Ouvrage modifié été 2015

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,60 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,30m

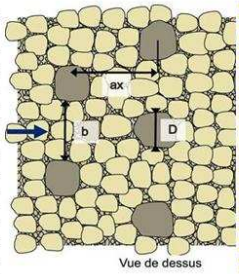
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 2365 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **23,81 %**
Longueur totale = **4,2 m**
Largeur moyenne = **15,65 m**
Dévers latéral = **2,3 et 3,6 %**
Hauteur de chute = **0,30 m**
Fosse d'appel = **0,38 m**
Tirant d'eau moyen = **0,13 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Rampe entièrement bétonnée
Blocs = **carrière de Voutré**
Nombre rangées de blocs = **5**
Espacement inter rangées (ax) = **0,84 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,60 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,27m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,20 m**
Concentration des blocs = **0,59**

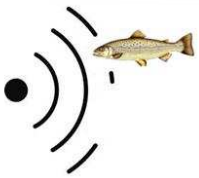
Expertise réalisée le 21/10/2013 (durée : 30 min)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par HELBERT G., LE BIHAN M., MIGNOT M.P. (ONEMA)

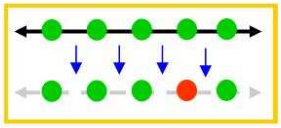
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6183
- Les Bordeaux -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 1,14 m/s
La vitesse moyenne est de 0,51 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 5	1	Tirant d'eau
Cat. 7a	1	Tirant d'eau
Cat. 8b	1	Tirant d'eau
Cat. 8c	1	Tirant d'eau
Cat. 8d	1	Tirant d'eau
Cat. 9a	1	Tirant d'eau
Cat. 9b	1	Tirant d'eau
Cat. 10	1	Tirant d'eau
Cat. 11a	1	Tirant d'eau

Espèces présentes dans la Jouanne :

- **BRO**
- **CHE**
- **BRE**
- **PER, TAN**
- **VAN**
- **ABL, ROT, GAR, ROT**
- **CHA, GOU, GRE, LOF, LPP**
- **BOU**
- **ANG**

Remarques :
- La faible longueur de l'ouvrage génère une pente difficilement compatible avec le franchissement piscicole
- Les tirants d'eau demeurent faibles et pourraient être améliorés par les caractéristiques des blocs et leurs dispositions
- Il n'y a pas de réelle échancrure sur la crête en raison d'un liaisonnage important
- Pour l'anguille, le tirant d'eau est trop faible pour la nage et trop important pour la reptation

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 5,84 m^3/s , soit 4,9 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- gain d'écoulement libre très important
- amélioration du franchissement piscicole

Préconisations techniques :
- être vigilant sur le respect des pentes longitudinales devant être systématiquement inférieures à 5%

Cout Total = 8485 € TTC

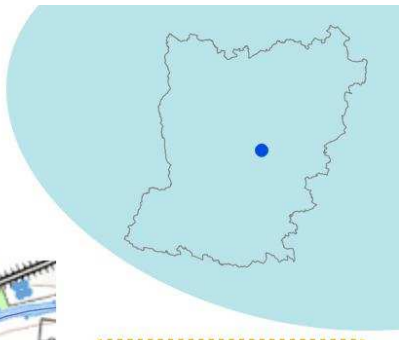
Ouvrage modifié à l'été 2015 en suivant les préconisations techniques - actualisation 2016

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE G

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6175
- Moulin des Ifs -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Gesnes et Montsûrs
Superficie du BV : 314,4 km²
Distance à la source : 24 km
Module estimé : 2,323 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 434679,19 Y = 6787614,50

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Franchissement piscicole
2) Accompagnement de l'arasement
3) Resserrement des écoulements

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Septembre 2008

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,5 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,27 m

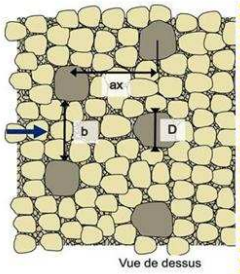
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 810 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **6,5 %**
Longueur totale = **4,2 m**
Largeur moyenne = **13,50 m**
Dévers latéral = **0,37 - 0,67%**
Hauteur de chute = **0,27 m**
Fosse d'appel = **0,60 m**
Tirant d'eau moyen = **0,29 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements libres
Nombre rangées de blocs = **6**
Espacement inter rangées (ax) = **0,70 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,51 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,33 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,22 m**
Concentration des blocs = **0,41**

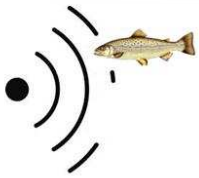
Expertise réalisée le 21/10/2013 à 12h30 (durée : 55 min)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par HELBERT G., LE BIHAN M. & MIGNOT M.P. (ONEMA)

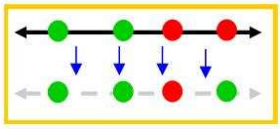
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ROE 6175
- Moulin des Ifs -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





● *Vitesse supérieure à 1 m/s*
● *Vitesse inférieure à 1 m/s*

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 1,25 m/s
La vitesse moyenne est de 0,74 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 5	1	
Cat. 7a	1	
Cat. 8b	1	
Cat. 8c	1	
Cat. 8d	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	1	
Cat. 11	1	

Espèces présentes dans la Jouanne :

- BRO
- CHE
- BRE
- PER, TAN
- VAN
- ABL, ROT, GAR, ROT
- CHA, GOU, GRE, LOF, LPP
- BOU
- ANG

Remarques :
- Cet ouvrage ne présente pas de difficultés de franchissement significatives pour les différentes espèces présentes sur la Jouanne

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 3,55 m^3/s , soit 1,53 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

Préconisations techniques :
- être vigilant sur le respect des pentes longitudinales devant être systématiquement inférieures à 5%

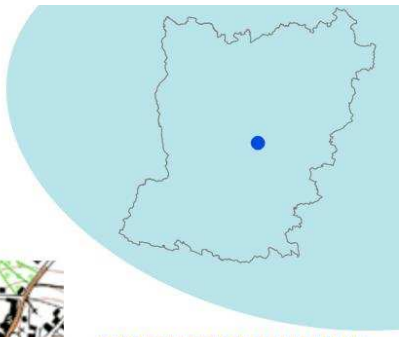
Cout Total = 5065 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE H

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6173
- Moulin du Pont de Saint-Céneré -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Saint-Céneré
Superficie du BV : 324,1 km²
Distance à la source : 27,7 km
Module estimé : 2,395 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 432282 Y = 6786163.66

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Maintien du niveau d'eau (ouvrage d'art)
2) Franchissement piscicole
3) Resserrement du lit de la rivière

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Septembre 2011

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,5 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,36 m

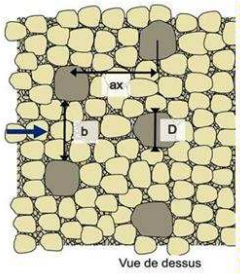
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 1595 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **6,40 %**
Longueur totale = **11 m**
Largeur moyenne = **13 m**
Dévers latéral = **2 et 5,33 %**
Hauteur de chute = **0,36 m**
Fosse d'appel = **0,36 m**
Tirant d'eau moyen = **0,24 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **14**
Espacement inter rangées (ax) = **0,79 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,65 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,28 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,35 m**
Concentration des blocs = **1,03**

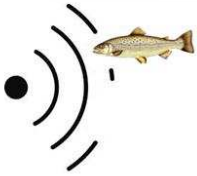
Expertise réalisée le 23/09/2013 (durée : 2h)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par COULLIER D., HELBERT G. & ARAGO M.A. (ONEMA)

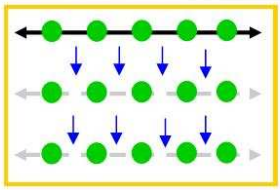
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6173
- Moulin du Pont de Saint-Céneré -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,86 m/s
La vitesse moyenne est de 0,48 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans la Jouanne :
Cat. 5	1		BRO
Cat. 7a	1		CHE
Cat. 8b	1		BRE
Cat. 8c	1		PER, TAN
Cat. 8d	1		VAN
Cat. 9a	1		ABL, ROT, GAR, ROT
Cat. 9b	1		CHA, GOU, GRE, LOF, LPP
Cat. 10	0,66	Pente et Hchute	BOU
Cat. 11	1		ANG

Remarques :
- Des ajustements ont été réalisés en 2013 consistant à ancrer des blocs à l'aval de la rampe pour limiter l'effet chute

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 2,12 m^3/s , soit 0,9 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre important

Préconisations techniques :
- être vigilant sur le respect des pentes longitudinales devant être systématiquement inférieures à 5%

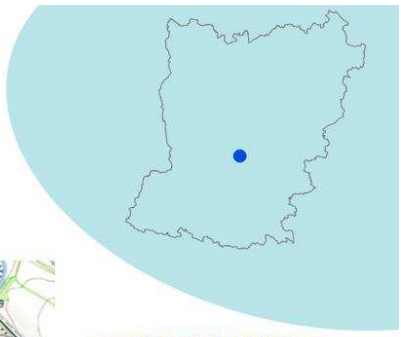
Cout Total = 31730 € TTC
(Passe à poissons avec déversoir dans le prolongement, rétrécissement de la largeur du lit avec apport de matériaux, enrochements de berge sur 100m)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE I

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 6147
- Barrage de Pochard-



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Bonchamp-Les-Laval
Superficie du BV : 386,4 km²
Distance à la source : 44 km
Module estimé : 2,856 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 426578,5835 Y = 6778923,1963

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Maintien du niveau d'eau (ouvrage d'art)
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Juin 2011

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,45 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,30 m

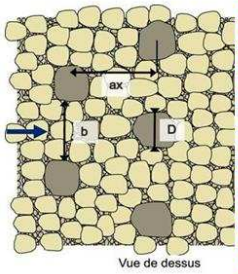
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 833 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **3,67 %**
Longueur totale = **3,8 m**
Largeur moyenne = **10,4 m**
Dévers latéral = **3,3 - 4,6 %**
Hauteur de chute = **0,30 m**
Fosse d'appel = **0,20 m**
Tirant d'eau moyen = **0,18 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements libres
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **2**
Espacement inter rangées (ax) = **1,5 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,61 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,29 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,17 m**
Concentration des blocs = -

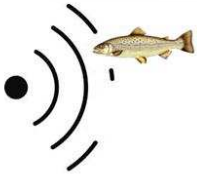
Expertise réalisée le 23/09/2013 (durée : 1h15)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par COULLIER D., HELBERT G. & MIGNOT M.P. (ONEMA)

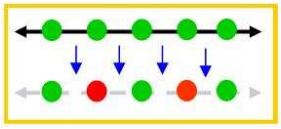
ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

ROE 6147
- Barrage de Pochard-

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





● *Vitesse supérieure à 1 m/s*
● *Vitesse inférieure à 1 m/s*

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 1,17 m/s
La vitesse moyenne est de 0,65 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans la Jouanne :
Cat. 5	1		➡ BRO
Cat. 7a	1		➡ CHE
Cat. 8b	1		➡ BRE
Cat. 8c	1		➡ PER, TAN
Cat. 8d	1		➡ VAN
Cat. 9a	1		➡ ABL, ROT, GAR, ROT
Cat. 9b	1		➡ CHA, GOU, GRE, LOF, LPP
Cat. 10	1		➡ BOU
Cat. 11	1		➡ ANG

Remarques :
- Cet ouvrage ne présente pas de difficultés de franchissement significatives pour les différentes espèces présentes sur la Jouanne

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 0,72 m^3/s , soit 0,25 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

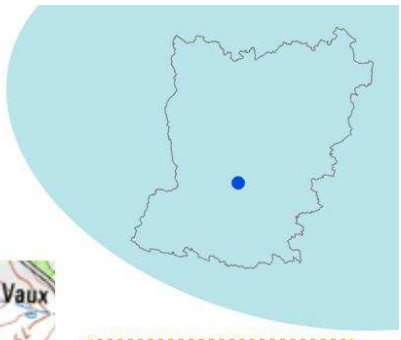
Cout Total = 18741 € TTC
(suppression barrage et déversoir, passes à poissons et épis, fixation d'une île en cours de formation, réduction de la sur-largeur de la rivière)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE J

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE6132
- Moulin de Soufrette -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : La Jouanne
Commune : Entrammes et Forcé
Superficie du BV : 408,5 km²
Distance à la source : 51,6 km
Module estimé : 3,019 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 423489,2442 Y = 6775732,2906

Réalisé par le syndicat du bassin de la Jouanne

Objectifs :
1) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

Juillet 2011

Ouvrage modifié en 2013

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,6 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,43m

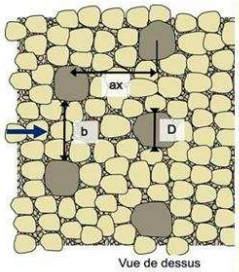
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 848 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **7,79 %**
Longueur totale = **13,7 m**
Largeur moyenne = **12,6 m**
Dévers latéral = **3,24 %**
Hauteur de chute = **0,43 m**
Fosse d'appel = **0,45 m**
Tirant d'eau moyen = **0,25 m**

Caractéristiques des enrochements :



Rampe bétonnée sur les 2/3 de sa longueur, le 1/3 restant est en enrochements libres (ajustements réalisés en 2013)
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **12**
Espacement inter rangées (ax) = **1,14 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,83 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,41 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,24 m**
Concentration des blocs = **0,56**

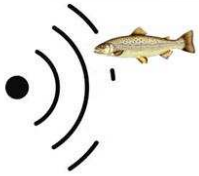
Expertise réalisée le 12/10/2013 à 10h00 (durée : 1h30)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par SD53, DIR2 (ONEMA)

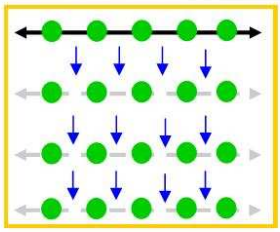
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE6132
- Moulin de Soufrette -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,88 m/s
La vitesse moyenne est de 0,43 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans la Jouanne :
Cat. 5	1		BRO
Cat. 7a	1		CHE
Cat. 8b	1		BRE
Cat. 8c	1		PER, TAN
Cat. 8d	1		VAN
Cat. 9a	0,66	Pente et Hchute	ABL, ROT, GAR, ROT
Cat. 9b	0,66	Pente et Hchute	CHA, GOU, GRE, LOF, LPP
Cat. 10	0,33	Pente et Hchute	BOU
Cat. 11a	0,66	Pente et Hchute	ANG

Remarques :
- La pente supérieure à 7% complexifie légèrement le franchissement de certaines espèces
- Pour des débits faibles (comme observés lors de la visite), les vitesses d'écoulement restent inférieures à 1 $m.s^{-1}$, ce qui reste compatible avec la vitesse de nage de la majorité des espèces de poissons

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 4,12 m^3/s , soit 1,4 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

Préconisations techniques :
- être vigilant sur le respect des pentes longitudinales devant être systématiquement inférieures à 5%

Cout Total = 18574 € TTC
(Passe à poissons, aménagement d'un déversoir en pierre)

Ouvrage modifié en 2013 en suivant les préconisations

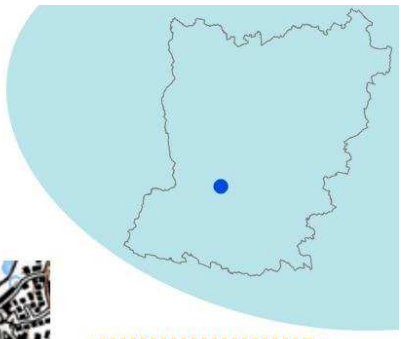
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE K

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

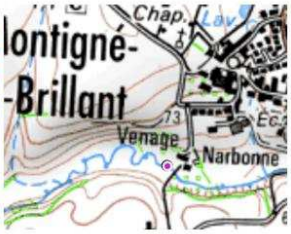
ROE 73165

- Batardeaux de Narbonne
- Venage -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : Ruisseau de la Paillardière
Commune : Montigné-le-Brillant
Superficie du BV : 33,2 km²
Distance à la source : 13,8 km
Module estimé : 0,268 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 415310,7851 Y = 6774111,8565



Réalisé par le syndicat du Vicoin

Objectifs :
1) Franchissement d'un radier béton
2) Franchissement pis-cicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

2012

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,25 m

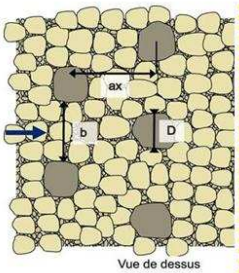
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 267 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **1,87 %**
Longueur totale = **12,5 m**
Largeur moyenne = **5,13 m**
Dévers latéral = **1,43 et 3,14 %**
Hauteur de chute = **0,25 m**
Fosse d'appel = **0,17 m**
Tirant d'eau moyen = **0,10 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Profondeur d'enfoncement = **m**
Nombre rangées de blocs = 11
Espacement inter rangées (ax) = **1,14 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,55 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,31 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,46 m**
Concentration des blocs = **0,33**

Expertise réalisée le 24/09/2013
en conditions hydrologiques d'étiage
Par COULLIER D., LEROYER O. & ARAGO M.A.. (ONEMA)

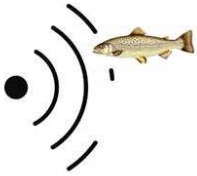
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

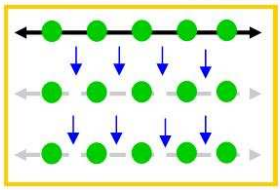
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 73165

- Batardeaux de Narbonne
- Venage -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,25 m/s
La vitesse moyenne est de 0,15 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 4a	1	
Cat. 5	0	Tirant d'eau < 0,15m
Cat. 7a	1	
Cat. 8a	0	Tirant d'eau < 0,15m
Cat. 8b	0	Tirant d'eau < 0,15m
Cat. 8c	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	1	
Cat. 11	1	

Espèces présentes dans l'Erve :

- TRF
- BRO
- *BAF*, CHE
- *CCO*
- BRE, GAR, *SAN*, VAN
- *BRB*, PER, TAN
- ABL, ROT, *SPI*
- CHA, GOU, *GRE*, LOF, LPP
- BOU, VAI
- *ANG*

Remarques :
- Les tirants d'eau demeurent faibles et pourraient être améliorés par les caractéristiques des blocs et leurs dispositions

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 1,26 m^3/s , soit 4,7 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

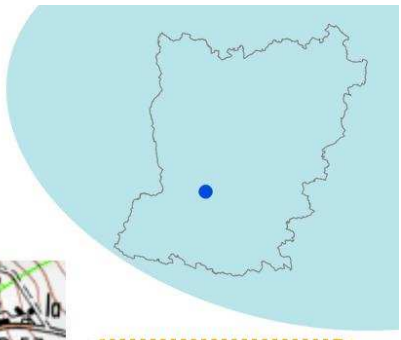
Cout Total = 5179 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE L

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 73166
- Batardeaux de la Croix -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : Ruisseau de la Paillardière
Commune : Montigné-le-Brillant
Superficie du BV : 34,1 km²
Distance à la source : 14,7 km
Module estimé : 0,276 m^3/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 416019,1966 Y = 6773981,7724

Réalisé par le syndicat du Vicoin

Objectifs :
1) Franchissement piscicole et sédimentaire

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements

2012

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 0,8 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,47 m

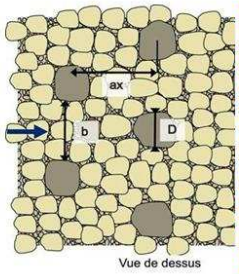
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 117 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **1,94 %**
Longueur totale = **10 m**
Largeur moyenne = **5 m**
Dévers latéral = **12,6 et 6 %**
Hauteur de chute = **0,47 m**
Fosse d'appel = **0,17 m**
Tirant d'eau moyen = **0,11 m**

Caractéristiques des enrochements :



Crête avec enrochements jointoyés
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **11**
Espacement inter rangées (ax) = **1,14 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,37 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,27 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,32 m**
Concentration des blocs = **0,23**

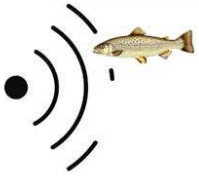
Expertise réalisée le 24/09/2013 (durée : 1h15)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par SD53 & ARAGO M.A.. (ONEMA)

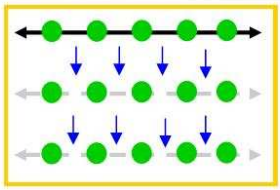
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 73166
- Batardeaux de la Croix -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,24 m/s
La vitesse moyenne est de 0,46 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 4a	1	
Cat. 5	1	Tirant d'eau
Cat. 7a	1	
Cat. 8a	1	Tirant d'eau
Cat. 8b	1	Tirant d'eau
Cat. 8c	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	0,66	Hchute > 0,40
Cat. 11	1	

Espèces présentes dans le Vicoin :

- TRF
- BRO
- *BAF*, CHE
- *CCO*
- BRE, GAR, *SAN*, VAN
- *BRB*, PER, TAN
- ABL, ROT, *SPI*
- CHA, GOU, *GRE*, LOF, LPP
- BOU, VAI
- *ANG*

Remarques :
- Les tirants d'eau sont faibles et pourraient être améliorés par les caractéristiques des blocs et leurs dispositions

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 0,68 m^3/s, soit 2,46 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

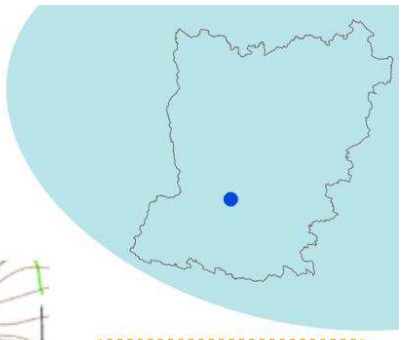
Cout Total = 6596 € TTC

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE M

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 16932
- Moulin du bourg -



Localisation de l'ouvrage

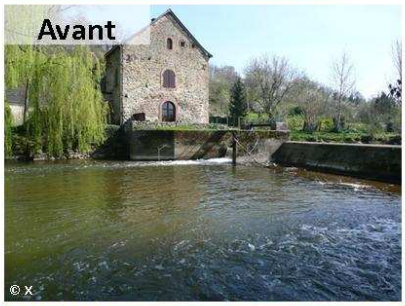
Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : Le Vicoin
Commune : Nuillé-sur-Vicoin
Superficie du BV : 239 km²
Distance à la source : 40,2 km
Module estimé : 1,932 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 418068,9555 Y = 6772066,8429

Réalisé par le syndicat du Vicoin

Objectifs :
1) Alimentation moulin
2) Franchissement piscicole (ennoiement d'un radier de pont)

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements



Juin 2011

Ajustement 2012-2013

Dispositif : Seuil
Hauteur de chute initiale = 1,6 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,72 m

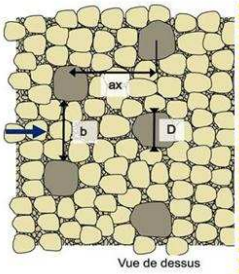
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 543 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **3,23 %**
Longueur totale = **20 m**
Largeur moyenne = **20 m**
Dévers latéral = -
Hauteur de chute = **0,72 m**
Fosse d'appel = **0,30 m**
Tirant d'eau moyen = **0,19 m**

Caractéristiques des enrochements :



Passe jointoyée à 80 %
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Profondeur d'enfoncement = -
Nombre rangées de blocs = -
Espacement inter rangées (ax) = -
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,57 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,25 m**
Largeur passage entre blocs (b) = -
Concentration des blocs = -

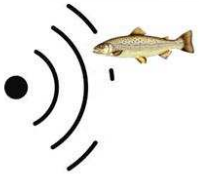
Expertise « Version test » réalisée le 05/08/2013 à 15h00 (durée : 2h00)
en conditions hydrologiques d'étiage
Par COULLIER D., LE BIHAN M. & ARAGO M.A.. (ONEMA)

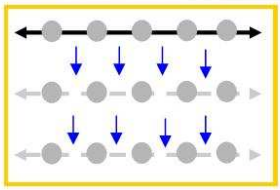
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 16932
- Moulin du bourg -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Les mesures de vitesses n'ont pas été réalisées sur cet ouvrage.

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant	Espèces présentes dans le Vicoin :
Cat. 4a	1		➥ TRF
Cat. 5	1		➥ BRO
Cat. 7a	1		➥ BAF, CHE
Cat. 8b	1		➥ BBB, GAR,
Cat. 8c	1		➥ PER, TAN
Cat. 9a	1		➥ ABL, ROT,
Cat. 9b	1		➥ CHA, GOU, LOF
Cat. 10	0,66	Hchute > 0,4m	➥ BOU, VAI
Cat. 11	1		➥ ANG

Remarques :
- Pour la catégories 10, la hauteur de chute résiduelle est supérieure à la hauteur de chute seuil égale à 0,40 mètres, entraînant le passage en classe ICE 0,66.

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 2 m^3/s , soit environ 1 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

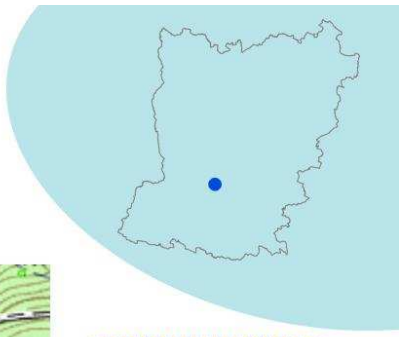
Cout Total = 43426 € TTC
(passe à poissons, resserrement du lit de la rivière, enrochements de berge)

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ANNEXE N

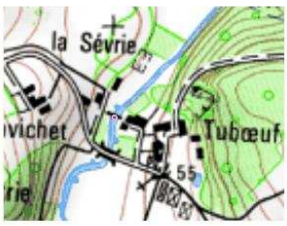
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 16921
- Barrage de Thuboeuf -



Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : Le Vicoin
Commune : Nuillé-sur-Vicoin
Superficie du BV : 248 km²
Distance à la source : 43 km
Module estimé : 2,005 m³/s
Coordonnées GPS (L93) :
X = 419724,1099 Y = 6772129,4547

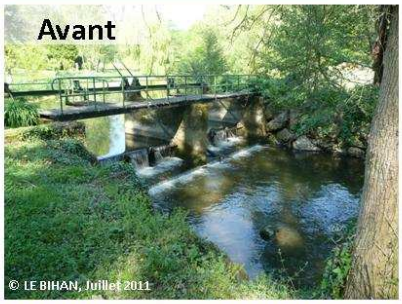


Réalisé par le Syndicat du Vicoin

Objectifs :
1) Alimentation d'un moulin
2) Franchissement piscicole

Description sommaire de l'ouvrage

Typologie actuelle de l'ouvrage : ☑ Existant ☑ Seuil ☑ Enrochements



2011

Dispositif : Seuil à clapet
Hauteur de chute initiale = 2 m

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = 0,47 m

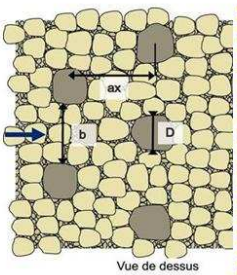
Linéaire d'écoulement libre récupéré de 945 mètres

Caractéristiques techniques de la passe en enrochements

Caractéristiques principales :

Pente longitudinale = **5 %**
Longueur totale = **11,5 m**
Largeur moyenne = **10,1 m**
Dévers latéral = **12,9 et 2,8 %**
Hauteur de chute = **0,47 m**
Fosse d'appel = **0,38 m**
Tirant d'eau moyen = **0,14 m**

Caractéristiques des enrochements :



Passe entièrement jointoyée
Blocs = **carrière d'Entrammes**
Nombre rangées de blocs = **8**
Espacement inter rangées (ax) = **1,44 m**
Largeurs moy. des blocs (d) = **0,86 m**
Hauteur utile des blocs (k) = **0,30 m**
Largeur passage entre blocs (b) = **0,29 m**
Concentration des blocs = **0,56**

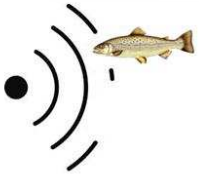
Expertise réalisée le 11/09/2013
en conditions hydrologiques d'étiage
Par SD53 ONEMA & ARAGO M.A.. (ONEMA)

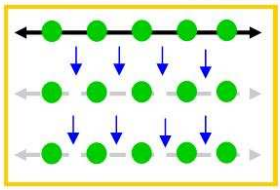
ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ROE 16921
- Barrage de Thuboeuf -

Evaluation de la franchissabilité : Mesures des vitesses d'écoulement





Vitesse supérieure à 1 m/s
Vitesse inférieure à 1 m/s

Les vitesses maximales mesurées sont de l'ordre de 0,93 m/s
La vitesse moyenne est de 0,54 m/s

Evaluation de la franchissabilité : Evaluation ICE

Catégorie d'espèces	NOTE	Facteur limitant
Cat. 4a	1	
Cat. 5	0	Tirant d'eau < 0,15m
Cat. 7a	1	
Cat. 8b	0	Tirant d'eau < 0,15m
Cat. 8c	1	
Cat. 9a	1	
Cat. 9b	1	
Cat. 10	0,66	Hchute > 0,4m
Cat. 11	1	

Espèces présentes dans le Vicoin :

- TRF
- BRO
- BAF, CHE
- BBB, GAR
- PER, TAN
- ABL, ROT
- CHA, GOU, LOF
- BOU, VAI
- ANG

Remarques :
- Les tirants d'eau demeurent faibles et pourraient être améliorées par les caractéristiques des blocs et leur disposition

Evaluation de la franchissabilité : Fonctionnalité hydraulique

Le débit maximal entonné est de 2,15 m^3/s , soit environ 1,1 fois le module du cours d'eau

Préconisations techniques et coût de l'aménagement

Points positifs de l'aménagement :
- efficacité pour le franchissement piscicole et gain d'écoulement libre

Cout Total = 34510 € TTC
(passe à poissons, resserrement du lit de la rivière, enrochements de berge)

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

Synthèse pour l'action opérationnelle

Il existe une diversité importante de dispositifs qui sont de nature à améliorer le franchissement piscicole des ouvrages. Ces dispositifs se divisent en deux grandes catégories, les passes dites "techniques" retenues dans la majorité des aménagements lors de ces dernières décennies (ex : passes à bassins, passes à ralentisseurs…) et les passes dites "naturelles" utilisées de manière plus ponctuelle. Dans l'objectif d'atteinte du bon état des eaux en 2015 fixé par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000, de nombreuses structures ont commencé à s'intéresser aux passes naturelles qui permettent de faciliter le passage d'un plus grand nombre d'espèces piscicoles tout en permettant une réduction possible de la hauteur de chute des ouvrages existants. En Mayenne, une vingtaine de passes naturelles de type passes en enrochements régulièrement répartis ont été réalisées au cours de ces 5 dernières années. C'est ce constat qui a mené l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques à réaliser une étude sur ce type d'aménagement à l'échelle du département de la Mayenne.

A ce titre, ce rapport a pour objectif de réaliser un retour d'expériences sur les passes en enrochements régulièrement répartis en Mayenne et d'engager une réflexion sur les préconisations techniques permettant de renforcer la connaissance sur ce type d'aménagements. Il a vocation à servir de base à l'élaboration de nouvelles passes en enrochements régulièrement répartis. Il pourra faire l'objet d'une actualisation dans les années à venir.