

# Etude préalable à l'aménagement de l'ouvrage du Moulin de Penzé



Vue des ouvrages de décharge



Vue aval du Moulin

**Phases 1 et 2 : présentation de l'état des lieux et des propositions d'aménagement**



Parc d'activités du Laurier  
29 avenue Louis Bréguet  
85180 LE CHATEAU D'OLONNE  
Tél : 02 51 32 40 75 Fax : 02 51 32 48 03  
Email : hydro.concept@wanadoo.fr

Syndicat Mixte du Haut-Léon  
2, place de la Mairie  
29 410 Saint-Thégonnec

Etude préalable l'aménagement de l'ouvrage du Moulin de la Penzé	
Provisoire	
Définitif	
Date d'édition	09/2013

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>0</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR</b> .....	<b>3</b>
<b>2 EMLACEMENT SUR LEQUEL L'INSTALLATION, L'OUVRAGE, LES TRAVAUX OU L'ACTIVITE DOIVENT ETRE REALISES</b> .....	<b>4</b>
2.1 SITUATION DU PROJET .....	4
2.1.1 Situation générale .....	4
2.1.2 Situation sur le scan 25 .....	5
2.1.3 Situation sur le cadastre des communes.....	6
2.2 DESCRIPTION DU SITE ET DES OUVRAGES .....	6
2.2.1 Description générale du site.....	6
2.2.2 Description des ouvrages .....	10
2.2.3 Références aux plans.....	14
<b>3 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL</b> .....	<b>15</b>
3.1 DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE – LE BIOTOPE .....	15
3.1.1 Le climat.....	15
3.1.2 L'hydrologie .....	15
3.1.3 La qualité morphologique du cours d'eau.....	17
3.1.4 La qualité physico-chimique de l'eau.....	19
3.2 DESCRIPTION DU MILIEU NATUREL – LA BIOCENOSE.....	20
3.2.1 La qualité hydrobiologique .....	20
3.2.2 Synthèse sur l'état écologique de la Penzé.....	23
3.3 EXISTENCE LEGALE ET REGLEMENT D'EAU AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	23
<b>4 DESCRIPTION DES AVANT-PROJETS</b> .....	<b>24</b>
4.1 LES SOLUTIONS D'AMENAGEMENT ENVISAGEES.....	24
4.1.1 Conditions nécessaires au respect de la réglementation .....	24
4.1.2 Les solutions d'aménagement étudiées .....	24
4.1.3 Rappel de la situation initiale étudiée lors de la visite d'état des lieux .....	25
4.1.4 Scénario 1 : arasement de l'ouvrage .....	28
4.1.5 Scénario 2 : arasement partiel de l'ouvrage.....	33
4.1.6 Scénario 3 : Ouverture du barrage et transparence par gestion des vannes .....	38
4.1.7 Scénario 4 : Aménagement d'un dispositif de franchissement piscicole .....	40
4.1.8 Scénario 5 : Réhabilitation de la passe existante et transparence par gestion des vannes .....	46
4.2 TABLEAU COMPARATIF DES AMENAGEMENTS PROPOSES.....	52
4.3 PLANS DES AMENAGEMENTS .....	53
<b>5 ANNEXES</b> .....	<b>54</b>
5.1 HYDROLOGIE .....	54
5.2 GRILLE DE QUALITE DES EAUX.....	56
5.2.1 Grille de qualité des eaux .....	56
5.2.2 Conséquences des paramètres sur l'environnement.....	58
5.3 GRILLE DE QUALITE HYDROBIOLOGIQUE .....	60
5.4 DONNEES PISCICOLES.....	64
5.4.1 Typologie de Verneaux.....	64
5.4.2 Codes poissons.....	65
5.5 GRAPHE DE REPARTITION DES DEBITS POUR LE SCENARIO 4 .....	66
<b>6 CARTES ET PLANS</b> .....	<b>67</b>



## INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre du Contrat Territorial du Bassin Versant de la Penzé (2008-2013) animé par le Syndicat Mixte des Bassins du Haut-Léon.

Elle est réalisée en étroite collaboration avec les propriétaires du moulin, représentés par Mme Tanguy Valérie, et s'intègre dans le cadre d'une concertation menée depuis plusieurs années par le Syndicat. Les propriétaires ont donc connaissance de la démarche et se sont engagés volontairement dans cette étude. Le Syndicat Mixte du Haut Léon est maître d'ouvrage pour le compte des propriétaires, il assure la mise en œuvre et les suivis technique et administratif de l'étude.

Le Moulin de Penzé se situe sur la Penzé entre les communes de Taulé et de Guiclan (29). Il constitue le premier obstacle aval au franchissement piscicole et entrave la continuité écologique. Le cours d'eau est classé en liste 1 et 2 au titre de l'Article L.214-17 du Code de l'Environnement depuis la publication de l'Arrêté inter préfectoral du Bassin Loire Bretagne (Arrêté du 10 juillet 2012).

Le projet consiste à étudier plusieurs solutions d'aménagement de l'ouvrage afin de le mettre en conformité avec les objectifs de la réglementation, et plus particulièrement l'objectif de continuité écologique (amélioration du franchissement piscicole et du transit sédimentaire).

Le dossier présente l'état initial de la zone d'étude, la description et la localisation du projet ainsi que l'évaluation des incidences en vue de la procédure au titre de la Loi sur l'Eau et des Milieux Aquatiques (LEMA).

## 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR

Le maître d'ouvrage de l'étude et du projet est :

Syndicat Mixte des Bassins du Haut-Léon

2 Place de la Mairie

29410 SAINT THEGONNEC

Tel : 02 98 79 64 89

Président : Stéphane LOZDOWSKI

Le syndicat est représenté par son responsable technique : Ronan ALLAIN

## 2 EMLACEMENT SUR LEQUEL L'INSTALLATION, L'OUVRAGE, LES TRAVAUX OU L'ACTIVITE DOIVENT ETRE REALISES

### 2.1 Situation du projet

#### 2.1.1 Situation générale

Le Moulin de Penzé est l'ouvrage situé le plus en aval du bassin versant sur le cours de la Penzé. Son franchissement conditionne l'accès au reste du bassin versant, il se situe dans la zone d'influence des marées.

La superficie du bassin versant de la Penzé est de 248 km<sup>2</sup>. Les principales communes traversées par ce cours d'eau sont Saint-Pol-de-Léon et Carantec (29).

Cet ouvrage a été identifié comme un obstacle à la continuité écologique dans le cadre de l'étude préalable à la programmation de travaux de restauration et d'entretien de la Penzé. Il a été classé en classe 3 de franchissabilité piscicole par l'ONEMA pour l'ensemble des espèces migratrices présentes sur le bassin versant, c'est-à-dire « obstacle difficilement franchissable – l'impact de l'ouvrage est important dans des conditions moyennes (module et température favorable) ou impact équivalent avec dispositif de franchissement insuffisant ».

Le moulin est situé sur le Département du Finistère (29), sur la partie aval de la Penzé :

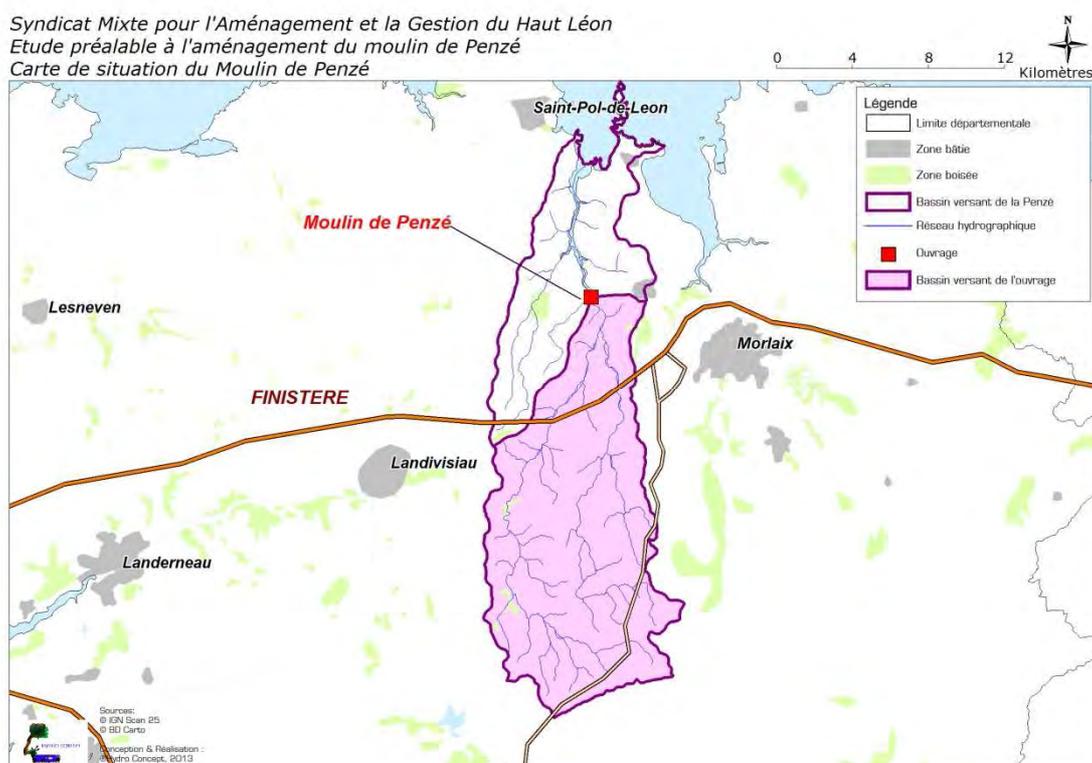


Figure 1 : localisation du projet sur le bassin versant de la Penzé

## 2.1.2 Situation sur le scan 25

L'ouvrage se situe sur la Penzé, entre les communes de Taulé (rive droite) et de Guiclan (rive gauche) :

Syndicat Mixte pour l'Aménagement et la Gestion du Haut Léon  
Etude préalable à l'aménagement du moulin de Penzé  
Carte de situation sur fond IGN au 1/25000



Figure 2 : localisation du projet sur la carte IGN

### 2.1.3 Situation sur le cadastre des communes

La zone d'étude concerne deux communes : TAULE ET GUICLAN. La carte de situation sur le cadastre permet de visualiser les parcelles concernées.

Le tableau suivant précise les parcelles attenantes aux ouvrages et voies d'eau du Moulin :

Commune	Section	Parcelle	Précision
TAULE	E	348	Moulin de la Penzé
		343	Parcelles amont rive droite
GUICLAN	A	1192	Ancrage du déversoir
		1193 et 152	Parcelles amont rive gauche

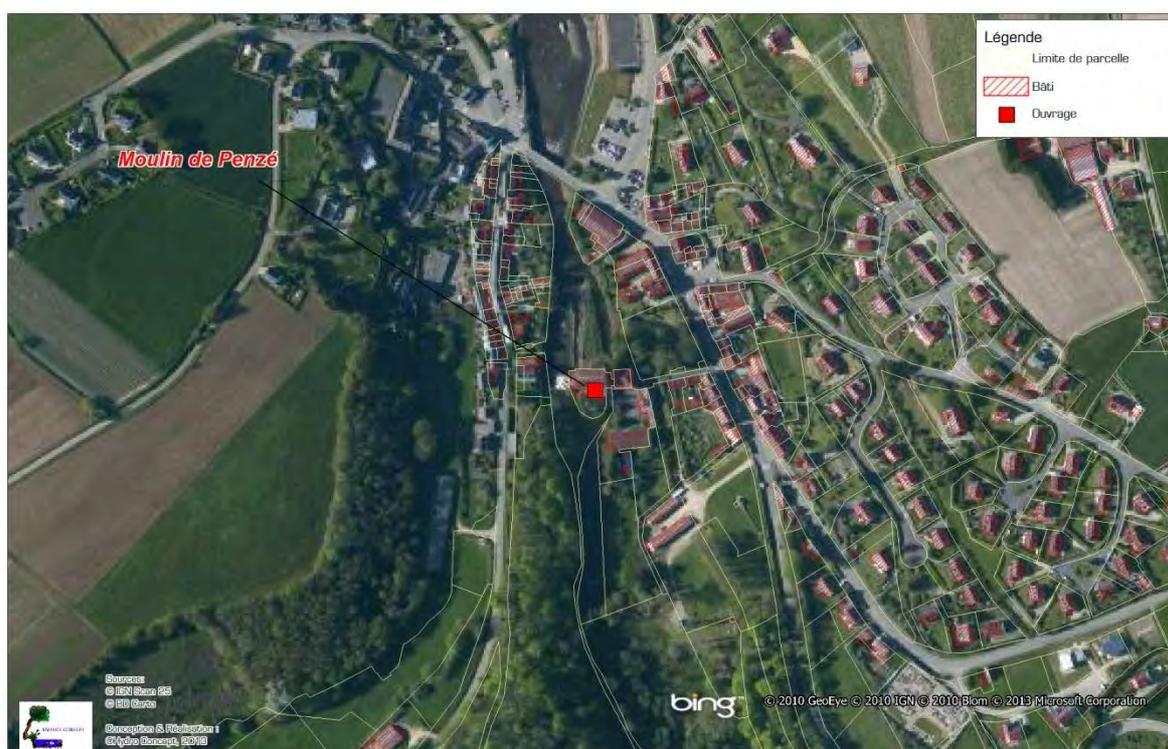


Figure 3 : localisation du projet sur le cadastre de la commune

## 2.2 Description du site et des ouvrages

### 2.2.1 Description générale du site

Le moulin de la Penzé a cessé son activité de minoterie depuis 1997. Les propriétaires du moulin souhaitent cependant conserver la possibilité de produire de l'hydro-électricité grâce aux turbines qui sont toujours présentes. Ils souhaitent également conserver l'intégrité paysagère du site qui permet d'entretenir une activité estivale de galerie et de bistrot, activité qui pourrait être étendue à l'année.

Pour réaliser l'état des lieux du moulin de Penzé, un relevé de la topographie et des dimensions des ouvrages a été effectué le 20 Juin 2013. Le plan ci-dessous présente le contexte du moulin.

Le système hydraulique est actuellement constitué :

- D'une passe à poissons,
- D'un déversoir de décharge avec des rehauts béton sur une partie du déversoir,
- De deux prises d'eau accompagnées de deux turbines actuellement hors-service et de deux vannes de décharge.

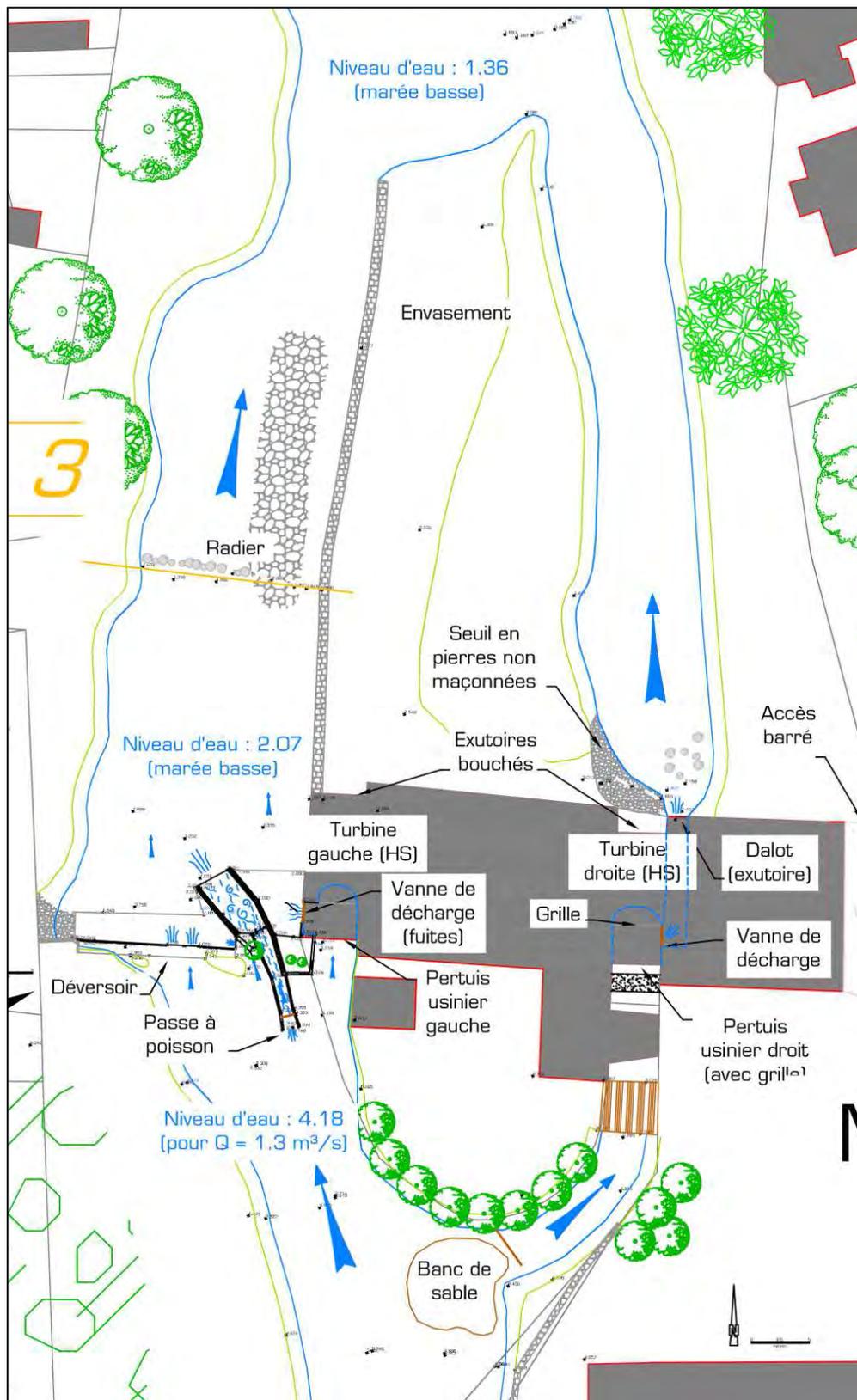


Figure 4 : Plan de situation initial des ouvrages

Plan n°1 : Plan général

Les ouvrages de répartition sont agencés de la manière suivante :

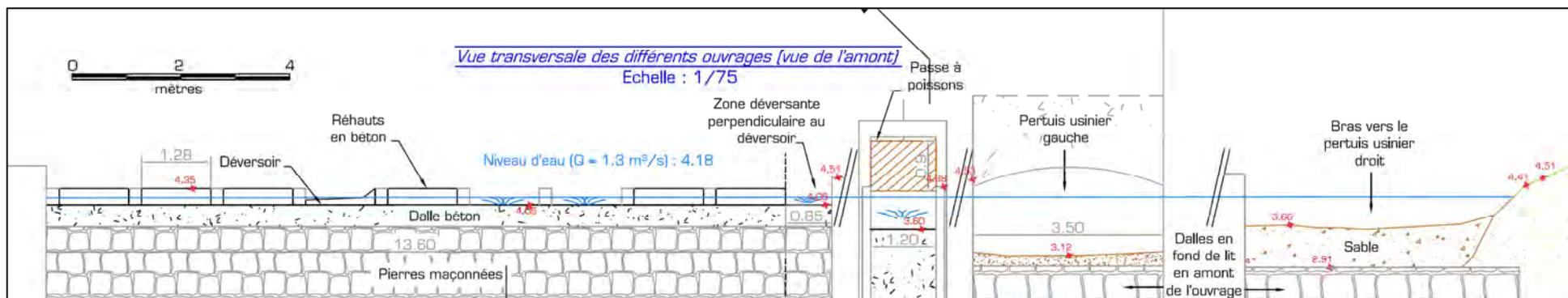


Figure 5 : Vue transversale des ouvrages

Plan°3 : Vues multiples des ouvrages

Une série de photographies permet de visualiser le site.



## 2.2.2 Description des ouvrages

Les cotes des ouvrages sont exprimées en niveau NGF.

➤ *La passe à poissons*

L'ouvrage qui absorbe le plus de débit à l'état actuel est la passe à poissons. Une vanne permet de réguler le débit transitant dans cette passe. Cette vanne était ouverte lors de notre passage sur le terrain.



Passe à poissons

Les caractéristiques techniques de la passe à poissons sont les suivantes :

- Hauteur de la vanne : **0.90 m**
- Largeur = **1.20 m** (largeur du bassin de dissipation : **2.80 m**)
- Longueur = **8.80 m** (longueur du bassin de dissipation : **6.00 m**)
- Pente : **7 %**
- Cote d'arase = **3.60**
- Dénivelé relevé lors de la visite de terrain du 20 Juin 2013 entre le niveau d'eau amont et le niveau d'eau aval à marée basse = **2,11 m (au maximum)**

On notera que cette passe est aujourd'hui dénuée des planches qui lui servaient à l'origine de ralentisseurs. Les débits et les mises en vitesses y sont donc très importants, notamment sur le radier de la passe. Le bassin de dissipation semble de ce fait sous-dimensionné pour dissiper suffisamment l'énergie hydraulique.

Les plans ci-dessous représentent la passe à poissons sous différentes vues :

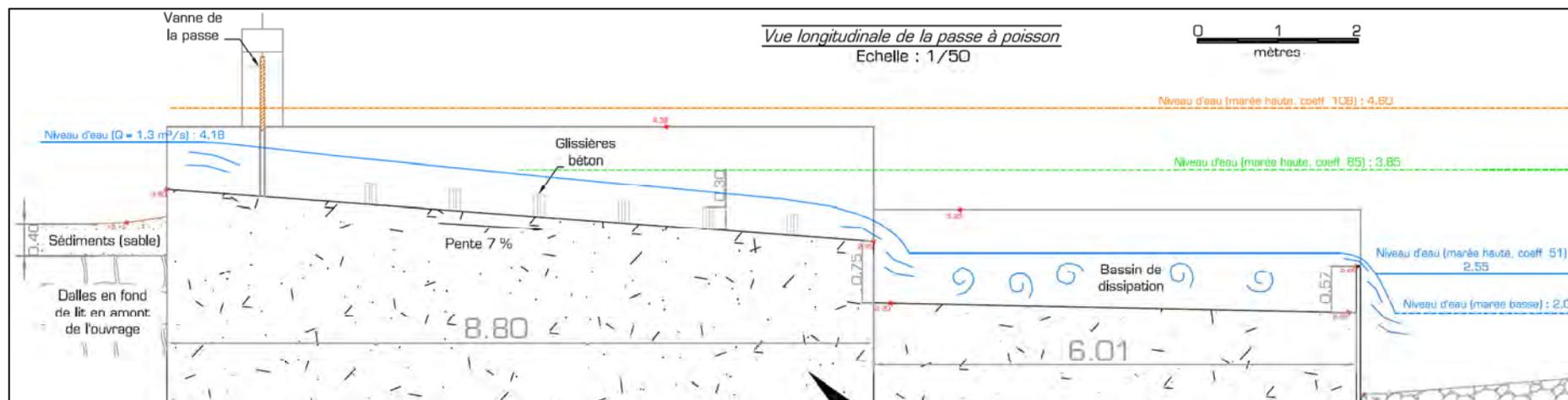


Figure 6 : Vue longitudinale de la passe à poissons

➤ *Le déversoir de décharge*

Le principal ouvrage de décharge est le déversoir. Il est surplombé sur une grande partie par des rehauts béton de 30 cm, comme le montrent les photos suivantes.



Déversoir du Moulin de Penzé

NB : Certains de ces rehauts étant supprimés ou cassés, ce déversoir présente plusieurs cotes d'arase.

Les caractéristiques techniques du déversoir de décharge sont les suivantes :

- Largeur déversante totale = **13,60 m**
- Longueur du radier amont = **1,20 m**
- Cote d'arase = **4,05 m** sans les rehauts béton (sur 2,56 m de largeur)  
= **4,35 m** avec les rehauts béton (sur 11,04 m de largeur)
- Dénivelé relevé lors de la visite de terrain du 20 Juin 2013 entre le niveau d'eau amont et le niveau d'eau aval à marée basse = **2,11 m (au maximum)**

Les plans ci-dessous représentent le déversoir sous différentes vues :

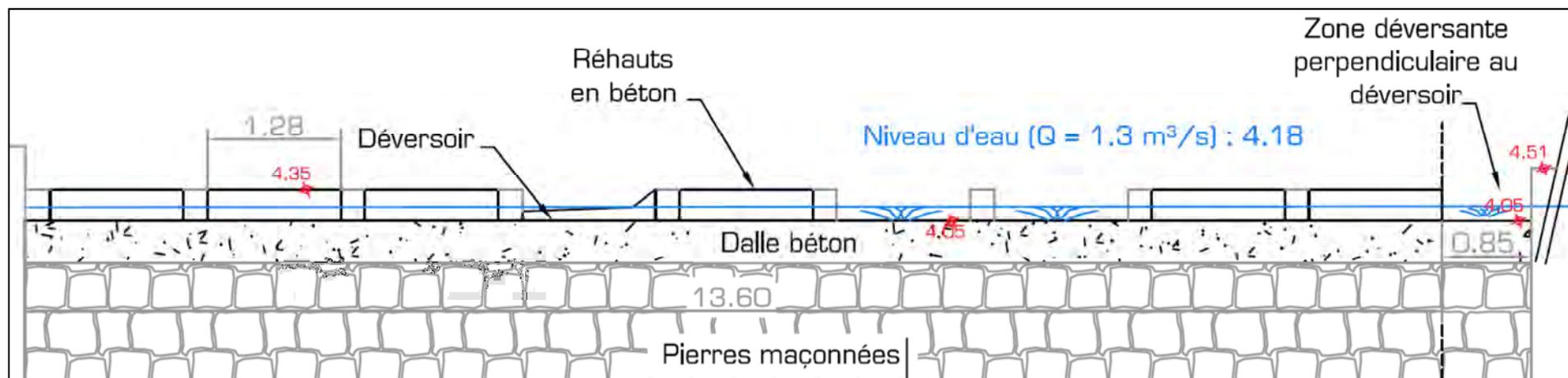


Figure 7 : Coupe transversale du déversoir de décharge

Plan n°3 : Vues multiples des ouvrages

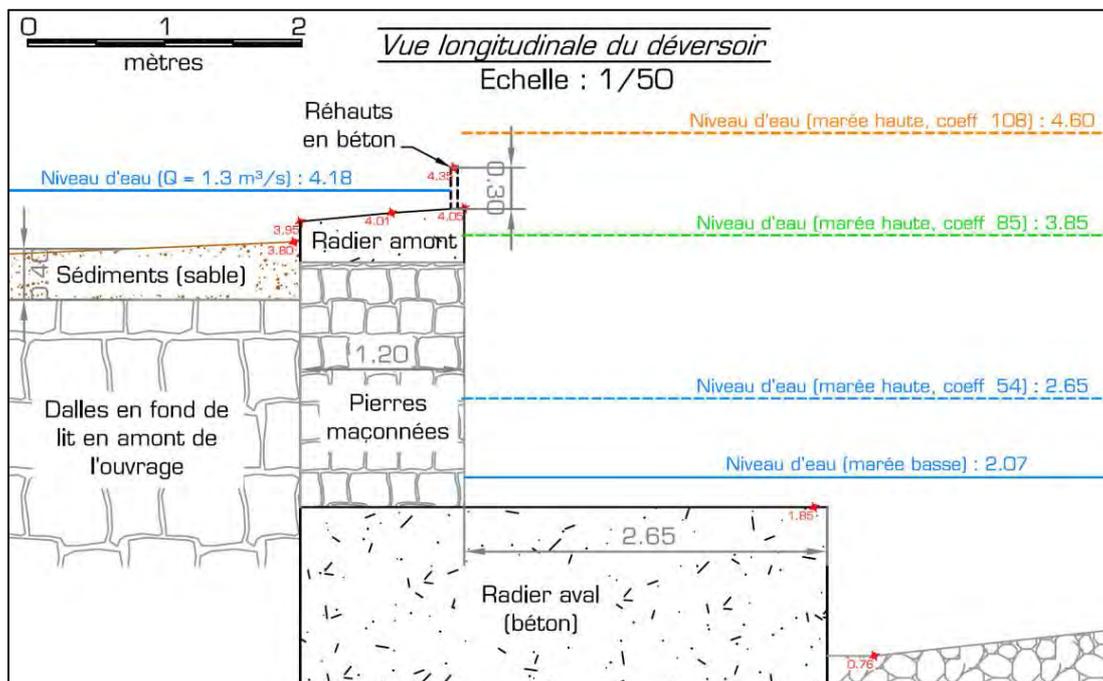


Figure 8 : Coupe longitudinale du déversoir de décharge

➤ *Pertuis usiniers*

Les pertuis usiniers sont d'origine. Les deux turbines sont toujours présentes mais sont aujourd'hui hors d'usage car elles demandent à être nettoyées. Les vannes de décharge des deux pertuis sont identiques et sont toutes les deux manœuvrables.

*Pertuis gauche*



Pertuis usinier gauche (prise d'eau et vanne de décharge)

*Pertuis droit*



Pertuis usinier droit (prise d'eau et exutoire)

Les caractéristiques techniques des pertuis usiniers sont les suivantes :

- Largeur des pertuis = **3.50 m**
- Largeur de la vanne de décharge = **1.85 m**
- Hauteur de la vanne de décharge = **2.00 m**
- Dénivelé relevé lors de la visite de terrain du 20 Juin 2013 entre le niveau d'eau amont et le niveau d'eau aval à marée basse = **2,11 m (au maximum)**

### *2.2.3 Références aux plans*

Voir les plans de situation initiale sur le dossier annexe :

Plan 1 : Vue en plan générale du Moulin de Penzé et de sa partie amont

Plan 2 : Vue en plan générale du Moulin de Penzé

Plan 3 : Vues transversales et longitudinales des ouvrages

Plan 4 : Profil en long et transects

## 3 ANALYSE DE L'ETAT INITIAL

### 3.1 Description du milieu physique – le biotope

#### 3.1.1 Le climat

Du fait de sa position au sein du Finistère, le bassin de la Penzé bénéficie d'un climat tempéré venté et humide. Les régimes de vent de sud-ouest à ouest apportent la majorité des précipitations. Les pluies sont inégalement réparties au cours de l'année. Ainsi, d'octobre à mars, il tombe environ 65 % des précipitations totales annuelles. Les mois de décembre et janvier sont les plus arrosés, ceux de juin et juillet les plus secs. Les précipitations sont aussi inégalement réparties sur le territoire. La zone côtière du bassin versant reçoit entre 700 et 750 mm d'eau par an quand la zone de source reçoit entre 1400 et 1500 mm par an. Les températures subissent l'influence océanique. Elles sont douces et présentent une faible amplitude.

Ces caractéristiques climatiques confèrent aux cours d'eau un régime hydraulique avec un débit plus élevé en période hivernale (Décembre à Mars), la période d'étiage se situant en fin d'été (Août -Septembre).

#### 3.1.2 L'hydrologie

##### ➤ Les débits caractéristiques

Certains débits caractéristiques sont représentatifs du fonctionnement hydrologique de la rivière pour différentes conditions extrêmes (étiage ou crue). Il est ainsi intéressant de connaître la réaction de la rivière sur les sites des ouvrages pour ces différents débits. On pourra notamment retenir les débits caractéristiques suivants :

- Le **DMR** (Débit Minimum Réservé) : débit minimum obligatoire réservé au cours d'eau, correspond au 1/10 du module
- Le **QMNA5** : débit d'étiage caractéristique ; débit mensuel minimal sur une période de retour de 5 ans
- Le **module** : débit moyen interannuel, c'est-à-dire la moyenne des débits annuels sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués
- Le **F95** : débit journalier de fréquence de non dépassement 95 % (débit non dépassé 95 % du temps)
- Le **F98** : débit journalier de fréquence de non dépassement 98 %
- Le **Q2** : débit de crue de fréquence biennale

##### ➤ Données disponibles aux stations de mesure

La station la plus proche du Moulin de Penzé se situe à Taulé (code station : J2723010), à quelques kilomètres en amont du moulin. Les données de cette station seront donc utilisées pour établir la synthèse hydrologique du Moulin de la Penzé.

Les débits moyens mensuels mesurés à cette station sont les suivants :

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	dec.	année
<b>débits (m3/s)</b>	5.9	6.03	4.32	3.21	2.17	1.46	0.985	0.69	0.717	1.31	2.66	4.62	2.820

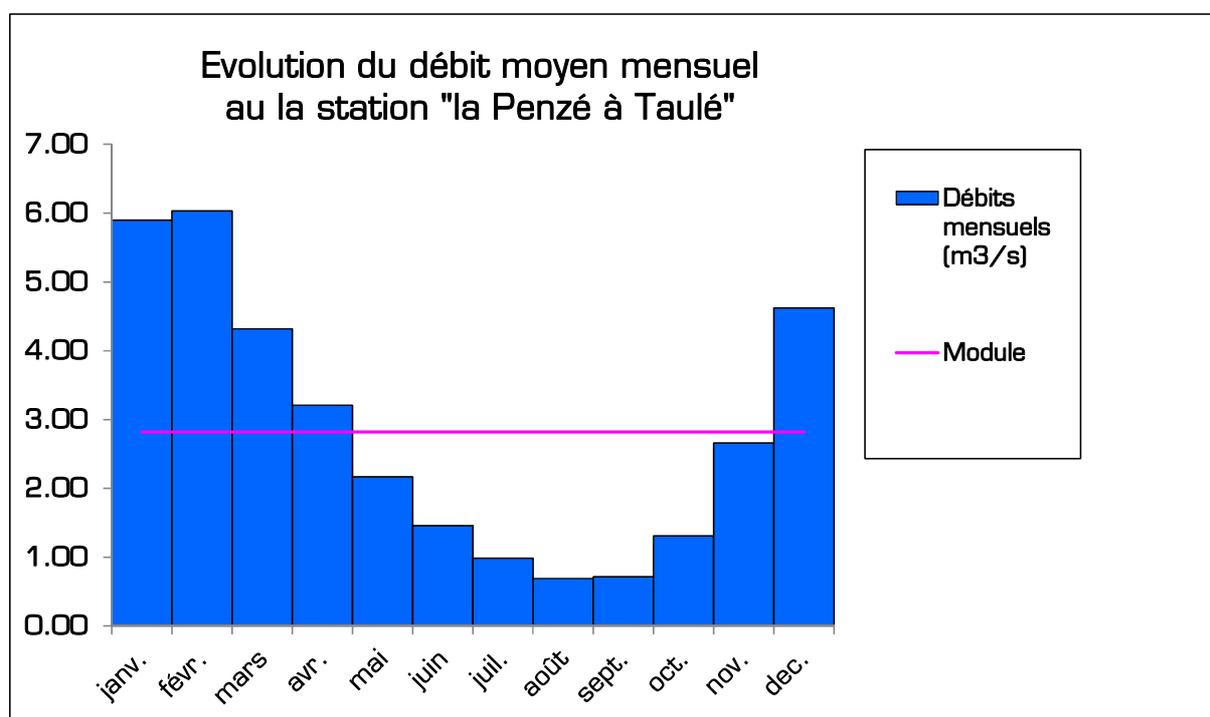


Figure 9 : Débits moyens mensuels de la Penzé aval

Les débits caractéristiques à cette station sont les suivants :

	Module	DMR	QMNA5	F95	F98	Q2
<b>Débits caractéristiques (m3/s)</b>	2.82	0.28	0.34	8.80	11.50	15.00

L'hydrologie de la Penzé suit de près l'évolution des précipitations moyennes mensuelles, avec un léger décalage temporel. Les écarts entre les périodes de forts débits et les périodes d'étiage sont moyennement importants. Les plus faibles valeurs de débit sont enregistrées en août (environ 690 L/s).

Le débit de crue biennal (qui correspond généralement au débit de plein bord) est de 15.0 m<sup>3</sup>/s.

Le Qmna5 est supérieur au DMR, ce qui signifie que le débit réservé peut être respecté en permanence au droit des ouvrages, sans compromettre l'alimentation du moulin.

L'écart entre le débit biennal et le débit classé Q98 est assez faible, ce qui signifie que les crues ne sont pas d'une grande intensité, mais plutôt étalées sur une période de plusieurs jours.

➤ *Extrapolation à la zone d'étude*

Les débits estimés au Moulin de Penzé ont été extrapolés à partir de la station de mesure de Taulé. Les valeurs de débits, très proches de celles de la station compte tenu de leur proximité géographique, sont données en annexe 1.

➤ *Comparaison des données disponibles avec les mesures de terrain*

Tous les plans d'état initial ont été réalisés à partir des cotes de niveau d'eau réelles mesurées sur le terrain. La connaissance du débit est particulièrement intéressante car elle permet de mieux comprendre pour une situation donnée comment évolue les hauteurs d'eau en amont et en aval de l'ouvrage. Le débit mesuré le 20/06/2013 à la station de la Penzé à Taulé était de 1.3 m<sup>3</sup>/s.

### 3.1.3 La qualité morphologique du cours d'eau

➤ *Analyse multi-critère*

La qualité hydro morphologique du cours d'eau en amont de l'ouvrage est évaluée sur différents compartiments : le lit mineur, les berges, le lit majeur, la ligne d'eau, le transit sédimentaire et le franchissement piscicole.

L'ANALYSE MULTI-CRITERES					
ECOLOGIQUE					
Lit majeur		Berges		Lit mineur	
<i>Zones humides</i>	absence	<i>Diversité des habitats de berges</i>	moyenne	<i>Substrat dominant</i>	sables
		<i>Diversité de la forme des berges</i>	moyenne	<i>Faciès dominant</i>	plat lent
		<i>Stabilité des berges</i>	bonne	<i>Type de végétation aquatique</i>	groupement végétal limnophile
		<i>Densité de la ripisylve</i>	dense	<i>Sinuosité</i>	faible
		<i>Diversité de la ripisylve</i>	forte	<i>Accumulation de sédiments m3</i>	de 1000 à 2000
				<i>Indicateurs biologiques</i>	
	moyen		bon		moyen
Ligne d'eau		Transit sédimentaire		Franchissement piscicole	
<i>Homogène canalisée</i>	non	<i>Blocage sédimentaire</i>	oui	<i>anguilles</i>	classe 3
<i>Faciès dominant</i>	lenticue	<i>Reprise d'érosion en aval</i>	non	<i>grands salmonidés</i>	classe 2
<i>Longueur de la zone d'influence m</i>	750			<i>aloses</i>	classe 3
<i>Gestion hydraulique</i>	réglementaire			<i>lamproies</i>	classe 3
				<i>truites Fario</i>	classe 3
				<i>petites espèces</i>	classe 3
	mauvais		mauvais		mauvais

➤ *Continuité*

#### *Continuité piscicole*

Du point de vue de la continuité piscicole, le diagnostic de franchissabilité est établi par espèce. Les différentes classes possibles sont listées ci-dessous :

**Classe 0** : absence d'obstacle – ouvrage ruiné ou effacé

**Classe 1** : obstacle franchissable sans difficulté apparente – la libre circulation du poisson est assurée à tout niveau de débit dans des conditions de température permettant la migration

**Classe 2** : obstacle franchissable mais avec retard ou blocage saisonnier – l'ouvrage a un impact en situation hydraulique limitante ou en conditions thermiques défavorables

**Classe 3** : obstacle difficilement franchissable – l'impact de l'ouvrage est important dans des conditions moyennes (module et température favorable) ou impact équivalent avec dispositif de franchissement insuffisant

**Classe 4** : obstacle très difficilement franchissable – l'impact de l'ouvrage est tel que le passage du poisson n'est possible qu'en situation exceptionnelle (hydraulicité supérieure à 2 ou 3, par rapport à la valeur du module inter annuel) ou impact équivalent avec dispositif de franchissement très insuffisant

**Classe 5** : obstacle infranchissable – l'ouvrage est étanche pour la circulation du poisson, y compris en période de crue

Les espèces visées sont ici l'anguille, le saumon, la truite de mer, la grande alose, la lamproie marine ainsi que les espèces holobiotiques.

Les différentes classes de franchissabilité attribuées par espèces sont présentées ci-dessous :

<i>anguille</i>	<input checked="" type="checkbox"/> classe 3	Le débit et les fortes vitesses dans la passe à poissons dus à l'absence des chevrons d'origine sont limitants. Cependant, l'ouvrage est franchissable lorsque le déversoir est submergé, c.a.d. pour des marées de coefficient > 95.
<i>saumon</i>	<input checked="" type="checkbox"/> classe 2	Le débit et les fortes vitesses dans la passe à poissons dus à l'absence des chevrons d'origine sont limitants en marée basse ou pour des marées hautes de coefficient < 85. Cependant, l'ouvrage est franchissable pour des marées de coefficient > 85.
<i>truite</i>	<input checked="" type="checkbox"/> classe 3	Le débit et les fortes vitesses dans la passe à poissons dus à l'absence des chevrons d'origine sont limitants. Cependant, l'ouvrage est franchissable lorsque le déversoir est submergé, c.a.d. pour des marées de coefficient > 95.
<i>lamproie</i>	<input checked="" type="checkbox"/> classe 3	Le débit et les fortes vitesses dans la passe à poissons dus à l'absence des chevrons d'origine sont limitants. Cependant, l'ouvrage est franchissable lorsque le déversoir est submergé, c.a.d. pour des marées de coefficient > 95.
<i>toutes espèces</i>	<input checked="" type="checkbox"/> classe 3	Le débit et les fortes vitesses dans la passe à poissons dus à l'absence des chevrons d'origine sont limitants. Cependant, l'ouvrage est franchissable lorsque le déversoir est submergé, c.a.d. pour des marées de coefficient > 95.

### *Continuité sédimentaire*

Du point de vue de la continuité sédimentaire, l'ouvrage représente un obstacle entraînant une forte rétention des sédiments, provoquant un envasement du lit et un colmatage relativement important à l'amont et dans le bief. L'ouverture des vannes l'hiver contribue à la régulation du colmatage.

➤ *Conclusion*

La synthèse qualitative des compartiments hydromorphologique n'est présentée que pour la zone d'influence de l'ouvrage. Cette synthèse permettra de comparer la situation initiale avec la situation projetée après travaux :

Compartiment hydromorphologique	Qualité	Justification
Lit mineur	Moyen	Mise en bief - colmatage des substrats Faible diversité d'habitats
Berges et ripisylve	Bon	Bonne diversité de la ripisylve en amont de l'ouvrage, manque de végétation en amont immédiat
Annexe et lit majeur	Moyen	Ripisylve peu dense en amont immédiat de l'ouvrage
Ligne d'eau	Mauvais	Ligne d'eau influencée sur une distance importante
Transit sédimentaire	Mauvais	Blocage sédimentaire
Franchissement piscicole	Mauvais	Difficulté de franchissement piscicole pour toutes les espèces

**Conclusion :** Les ouvrages du moulin de Penzé impactent fortement la qualité hydro morphologique de la Penzé sur sa zone d'influence.

### 3.1.4 La qualité physico-chimique de l'eau

La qualité physico-chimique est ici évoquée pour information. Celle-ci sera peu influencée par l'aménagement de l'ouvrage.

➤ *La station de mesure*

Les données sont issues du site internet l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, de l'année 2009 à 2013. Nous nous limiterons aux résultats de la station proche de la zone d'étude : la station n°4174480 à Taulé, située en amont.

➤ *Les résultats par classe d'altération*

Une fiche de synthèse est donnée ci-après et permet d'interpréter les résultats par classe d'altération pour les paramètres de l'Ar du 25/01/2010 qui définit le bon état écologique. Les valeurs indiquées par année correspondent à un traitement statistique sur une année, permettant de limiter l'effet des valeurs anormalement hautes et anormalement basses dans le calcul de la qualité globale.

**ANNEXE 2 qualité de l'eau :** Cet annexe précise les classes de qualité pour chaque paramètre et donne des explications pour leur interprétation.

**Remarque :** les données de qualité de l'eau dépendent pour certaines classes de paramètre des conditions hydrologiques et climatiques.

➤ *Code couleur*

Les codes couleur des classes de qualité de l'eau sont les suivants :

Qualité	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise
---------	------------	-------	----------	----------	---------------

➤ Synthèse des principaux paramètres selon l'Ar du 25/01/2010 :

4174480	R PENZE À TAULE - PENHOAT										
	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification
	O <sub>2</sub> dissous ]8-6]	SatO <sub>2</sub> % ]90-70]	DBO5 ]3-6]	COD ]5-7]	Temp Eau ]20-21,5]	PO4 ]0,1-0,5]	P TOTAL ]0,05-0,2]	NH4+ ]0,1-0,5]	NO <sub>2</sub> - ]0,1-0,3]	NO <sub>3</sub> ]10-50]	pH ]6,5-6]
2013	10,09	93,90	1,86	3,86	13,58	0,22	0,10	0,16	0,27	39,40	7,18
2012	9,77	89,90	2,00	5,61	13,70	0,24	0,16	0,22	0,31	38,90	7,40
2011	9,10	88,91	2,96	5,55	15,73	0,55	0,23	0,26	0,30	46,00	7,40
2010	9,92	94,05	2,00	4,07	16,18	0,47	0,22	0,19	0,37	43,00	7,57
2009	9,57	92,06	2,09	3,70	14,68	0,49	0,21	0,15	0,21	46,90	7,48

La période d'analyse de la qualité de l'eau est effectuée sur la période 2009-2013. Le bilan oxygène montre que tous les paramètres, c'est-à-dire Oxygène dissous (O<sub>2</sub>dissous), saturation en oxygène (SatO<sub>2</sub>) et la Demande Biologique en Oxygène 5 jours (DBO5) et carbone Organique Dissous (COD), répondent aux objectifs de bon état chimique fixés par la DCE.

Les concentrations en nutriments sont classées en bon sauf pour les paramètres Phosphore total (P total) et Nitrite (NO<sub>2</sub>-). On constate en effet en 2009, 2010 et 2011 une valeur en classe de qualité « passable » pour le paramètre phosphore total. Cela peut être lié à une pollution ponctuelle due à un rejet de matière riche en phosphore particulaire d'origine domestique ou industriel. Les classes de qualité « passable » du paramètre nitrite de 2010 à 2012 peuvent être expliquées par un rejet industriel.

Sur cette station, et notamment en 2013, on constate que la qualité de l'eau est plutôt bonne pour l'ensemble des paramètres physico-chimique.

## 3.2 Description du milieu naturel – la biocénose

### 3.2.1 La qualité hydrobiologique

➤ Les méthodes d'analyse de la qualité hydrobiologique

#### Les IPR

Les poissons constituent l'indicateur le plus réactif à la modification des habitats.

Le peuplement théorique de la Penzé à la station de mesure de Taulé est celui d'un cours d'eau de première catégorie piscicole, proche d'un estuaire.

Un inventaire piscicole a été réalisé sur la Penzé en 2010. Cet inventaire a permis de calculer la note IPR (Indice Poisson Rivière). Cet indice est basé sur un calcul statistique qui compare le peuplement théorique du cours d'eau avec le peuplement en place. Plus l'écart est grand, et plus la note IPR augmente.

Note IPR	[0-7]	]7-16]	]16-25]	]25-36]	>36
Qualité	Très bon	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise

### *Les invertébrés*

L'étude des peuplements benthiques est réalisée à l'aide de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) qui traduit surtout la pollution organique et l'altération des habitats physiques. Les IBG apportent deux niveaux d'informations intéressants :

- o La sensibilité de certains taxons (correspondant au **groupe faunistique indicateur GFI**) vis-à-vis de la pollution est représentative de la **qualité de l'eau**,
- o Le **nombre de taxons** présents renseigne sur la **diversité** et la **qualité des habitats** aquatiques.

Il existe également un indice adapté aux grands cours d'eau (IBGA).



*Piégeage des invertébrés*



*Coléoptère*



*Ephémère*

Au type de peuplement présent, une note est appliquée correspondant à des classes de qualité présentées dans le tableau ci-dessous.

#### **Grille de qualité selon la grille d'état écologique définie par l'Ar du 25/01/10 :**

Selon cet arrêté, la classe de qualité écologique varie en fonction de sa situation géographique (l'hydroécocorégion) et selon la taille du cours d'eau (rang de Strahler). On obtient des classes différentes par cours d'eau.

Sur la zone d'étude concernée, les classes de qualité sont les suivantes :

Note	>= 16	15-14	13-10	9-6	<= 5
Qualité	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise

#### **Annexe 3 : Grille de qualité hydrobiologique (selon l'Ar du 25/01/10)**

### *Les Diatomées*

L'évaluation de la qualité biologique globale par le calcul de l'IBD repose sur l'abondance des espèces inventoriées dans un catalogue de 209 taxons appariés, leur sensibilité à la pollution (organique, saline ou eutrophisation) et leur faculté à être présentes dans des milieux très variés.

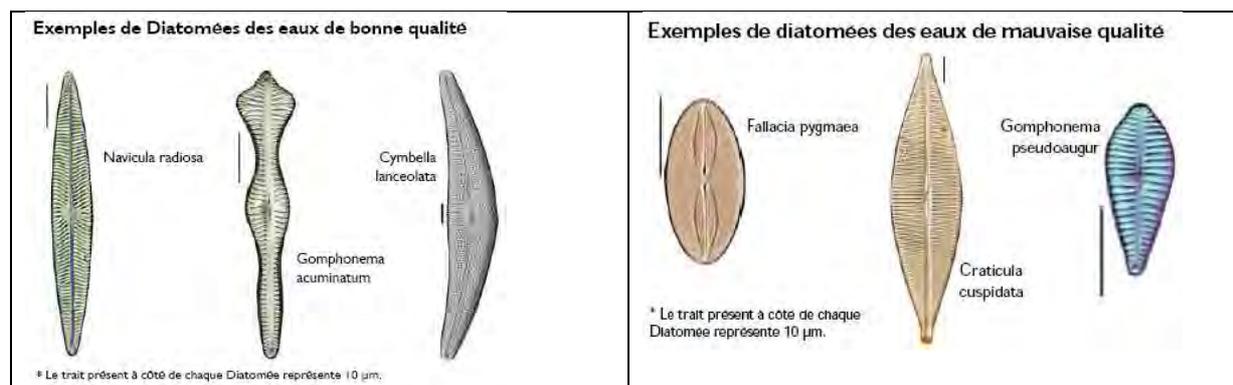
Le calcul de l'Indice de Polluo-sensibilité Spécifique (IPS, Coste in Cemagref, 1982) prend en compte la totalité des espèces présentes dans les inventaires et repose sur leur abondance relative et leur sensibilité à la pollution.

Ces deux indices permettent de donner une note à la qualité biologique de l'eau variant de 1 (eaux très polluées) à 20 (eaux pures) et ont une bonne corrélation avec la physico-chimie (instantanée et estivale) de l'eau, l'IPS étant plus sensible aux valeurs extrêmes et considéré comme l'indice de référence.

Les diatomées sont des algues microscopiques brunes unicellulaires constituées d'un squelette siliceux. Elles sont une composante majeure du peuplement algal des cours d'eau et des plans d'eau.

Les diatomées sont considérées comme les algues les plus sensibles aux conditions environnementales. Elles sont connues pour réagir aux pollutions organiques, nutritives (azote, phosphore), salines, acides et thermiques.

L'indice de qualité s'exprime par une note comprise entre 1 et 20 dans le sens des qualités croissantes.



La correspondance entre IBD et note de qualité est donnée dans le tableau ci-dessous :

Note IBD	/>= 17	]17-14,5]	]14,5-10,5]	]10,5-6]	<= 5,9
Qualité	Très bonne	bonne	passable	mauvaise	Très mauvaise

### Les IBMR

Cet indice est basé sur les macrophytes (végétaux aquatiques). Il n'entre pas dans la définition de l'état écologique, c'est pourquoi les résultats de cet indice ne seront exploités dans le cadre de cette étude.

#### ➤ Résultats des analyses hydrobiologiques

Les résultats à la station de mesure sur la Penzé sont donnés ci-dessous :

4174480		R PENZÉ À TAULE - PENHOAT								
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		16	14	10	6	Valeur de référence		17		
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence		17,5		
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées			Macrophytes	Poissons	
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IBD	IPS	IBD2007	IBMR	IPR	
2012	moyen	RCS	20	9	45		11,7	11,2		
2011	moyen	RCS	20	8	48		13	13		
2010	moyen	RCS	20	9	43		12	12,6	9,28	5,6

Ces résultats sur la Penzé montrent une qualité moyenne. Bien que la Penzé soit classé en très bon état pour les IBGN de 2010 à 2012 et pour les IPR en 2010, d'autres paramètres sont déclassants : c'est le cas de l'IBMR et des indicateurs diatomées, qui révèlent respectivement des classes mauvaises et moyennes. Les diatomées sont sensibles aux pollutions organiques des eaux mais ne constituent pas des indicateurs pertinents d'habitats.

### 3.2.2 Synthèse sur l'état écologique de la Penzé

Les résultats de l'IPR et des IBG qui sont de très bonne qualité contrastent avec ceux de l'IBD. Au point de la station de mesure, qui se situe environ 2 km en amont du moulin de Penzé, on peut donc supposer que l'état écologique du cours d'eau est de bonne qualité. Les résultats traduisent en effet la présence d'habitats aquatiques. Cette qualité écologique n'est altérée que par la présence de pollutions organiques qui est traduite par les classes moyennes d'IBD et de phosphore total.

Il est important de préciser que cette station de prélèvement est située hors de la zone d'influence du moulin. Cela traduit donc un réel potentiel d'accueil d'une faune aquatique diversifiée sur ce cours d'eau. Si les prélèvements étaient effectués sur la zone d'influence cependant, la diversité serait plus faible, dû au ralentissement des écoulements au niveau des ouvrages hydrauliques. Les zones d'écoulement courantes sont dans ce cas insuffisantes pour assurer le développement optimal de certaines espèces piscicoles.

### 3.3 Existence légale et règlement d'eau au droit de l'ouvrage

La minoterie de Penzé est représentée sur la carte de Cassini à l'Ouest de Taulé :



Figure 5 : Carte de Cassini

Cela signifie que le Moulin est fondé en titre et dispose d'un droit d'eau.

Par ailleurs, le règlement d'eau qui précise le positionnement des ouvrages en élévation par rapport au niveau légal de la retenue n'est pas en possession des propriétaires.

## 4 DESCRIPTION DES AVANT-PROJETS

### 4.1 Les solutions d'aménagement envisagées

#### 4.1.1 Conditions nécessaires au respect de la réglementation

Le cours d'eau est classé en liste 1 et 2 au titre de l'Article L.214-17 du Code de l'Environnement depuis la publication de l'Arrêté inter préfectoral du Bassin Loire Bretagne (Arrêté du 10 juillet 2012). Les futures exigences de la réglementation nécessitent de prendre en compte à la fois le franchissement piscicole et le transit sédimentaire.

On notera que le linéaire rendu accessible dans le cas de l'aménagement du moulin de Penzé est de 1200 m. Ce linéaire correspond à la longueur de cours d'eau en amont jusqu'au prochain ouvrage.

#### 4.1.2 Les solutions d'aménagement étudiées

Cinq solutions d'aménagement ont été étudiées pour répondre à l'objectif réglementaire d'améliorer la continuité écologique :

- Scénario 1 : Arasement de l'ouvrage : cette solution, la plus extrême, est systématiquement étudiée afin d'avoir une base de comparaison pour les autres scénarii.
- Scénario 2 : Arasement partiel de l'ouvrage : cette solution affecte la cote d'arase des ouvrages mais leur structure globale reste intact.
- Scénario 3 : Ouverture du barrage et transparence par gestion des vannes : cette solution ne présente pas de modification des structures de génie civil existantes.
- Scénario 4 : Aménagement d'un dispositif de franchissement piscicole : cette solution propose la réalisation d'une rampe de blocs régulièrement répartis sur le déversoir.
- Scénario 5 : Réhabilitation de la passe à poissons existante et transparence par gestion des vannes

**NB** : Ce moulin étant situé dans la zone d'influence des marées, le niveau d'eau aval et donc le dénivelé changent constamment. Il est important de définir un niveau aval de référence pour caler les aménagements des cinq scénarios. On fixe ici la référence au niveau d'eau de marée haute qui est atteint 80 % du temps. Des statistiques sur l'année 2012 permettent alors de déterminer le coefficient de marée dépassé 80 % du temps. C'est le coefficient 51, pour lequel la cote de niveau d'eau aval est de 2.55 m en moyenne. Ainsi, sur une année, 80% des marées auront un coefficient supérieur à 51 et atteindront donc la cote 2.55 à marée haute. **Les aménagements seront donc dimensionnés franchissables pour un niveau d'eau aval égal à 2.55 m.**

Les modifications hydrauliques seront présentées sous la forme d'un graphique de répartition des débits pour les valeurs de débits caractéristiques suivantes :

- Débits mensuels
- DMR : Débit Minimum Réservé égal à 1/10 du module soit 290 L/s
- Qmna5 : débit mensuel minimal annuel de fréquence quinquennale sèche 350 L/s
- Module : Débit moyen de la Penzé évalué à 2.90 m<sup>3</sup>/s
- Q95 : Valeur du débit non dépassé 95% du temps, soit 9.03 m<sup>3</sup>/s
- Q98 : Valeur du débit non dépassé 98% du temps, soit 11.81 m<sup>3</sup>/s
- Qbiennal : Débit de crue biennal estimé à 15.40 m<sup>3</sup>/s

Les valeurs de hauteur d'eau / débit seront affichées sur chaque ouvrage de répartition.

#### 4.1.3 Rappel de la situation initiale étudiée lors de la visite d'état des lieux

Dans la situation étudiée lors de la visite d'état des lieux, le débit transite quasiment intégralement dans la passe à poissons (vanne ouverte) avec les vannes usinières fermées, tandis que ce sont les deux pertuis usiniers qui absorbent le débit en vannes usinières ouvertes. Le graphe ci-dessous représente la répartition des débits sur les différents ouvrages à l'état initial :

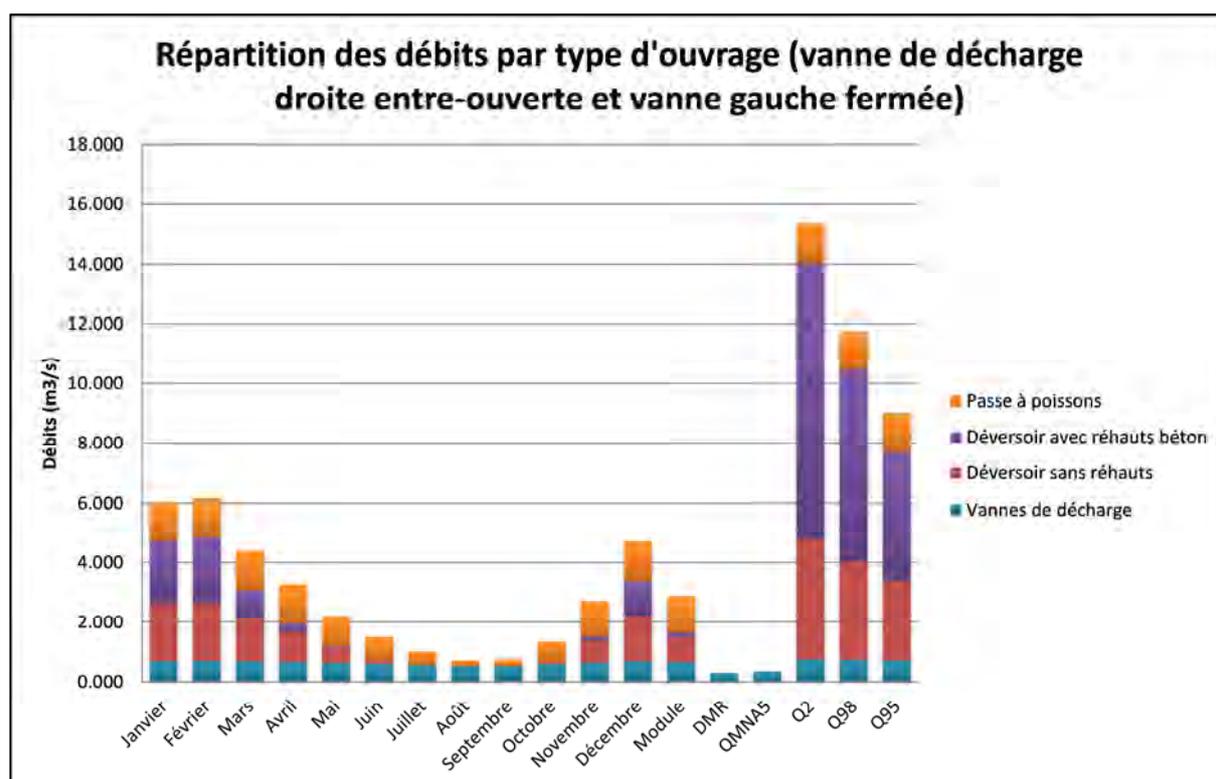


Figure 6 : Graphe de répartition des débits en situation initiale

Le tableau ci-dessous présente les hauteurs d'eau et les vitesses dans cette configuration :

Débit caractéristique (m <sup>3</sup> /s)		Ouvrages de décharge															
		Déversoir avec rehaut			Déversoir sans rehaut			Passe à poissons (vanne ouverte)			Vannes de décharge						
		H eau (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	H eau (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	H eau (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	H eau (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)				
DMR	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0,29	1.6
Qmna5	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,54	0,35	1.9
Module	2.90	0	0	0	0.27	0.83	0.9	0.72	1.26	4.9	1.70	0.64	3.5				
Q95	9.03	0.30	3.24	1.1	0.60	2.69	1.3	0.75	1.33	5.0	2.03	0.70	3.8				
Q98	11.81	0.39	4.97	1.3	0.69	3.32	1.4	0.75	1.33	5.0	2.12	0.72	3.9				
Qbiennal	15.40	0,49	7.25	1.5	0.79	4.07	1.5	0.75	1.33	5.0	2.22	0.73	4.0				

Le site du Moulin de Penzé a la particularité d'être sous l'influence des marées. Le dénivelé dépend donc du coefficient de marée qui impose le niveau à l'aval. Le tableau ci-dessous donne des valeurs de dénivelé pour différents coefficients de marée :

		Dénivelés							
		Marée basse		Marée haute (coeff 54)		Marée haute (coeff 85)		Marée haute (coeff 108)	
Débits (m3/s)		Niveau aval (m)	Dénivelé	Niveau aval (m)	Dénivelé	Niveau aval (m)	Dénivelé	Niveau aval (m)	Dénivelé
Janvier	6.057	2.22	2.31	2.84	1.69	4.04	0.49	4.79	noyé
Février	6.190	2.23	2.31	2.85	1.69	4.05	0.49	4.80	noyé
Mars	4.435	2.17	2.28	2.79	1.66	3.99	0.46	4.74	noyé
Avril	3.295	2.12	2.24	2.74	1.62	3.94	0.42	4.69	noyé
Mai	2.228	2.08	2.17	2.70	1.55	3.90	0.35	4.65	noyé
Juin	1.499	2.04	2.09	2.66	1.47	3.86	0.27	4.61	noyé
Juillet	1.011	2.01	1.95	2.63	1.33	3.83	0.13	4.58	noyé
Août	0.708	1.99	1.81	2.61	1.19	3.81	noyé	4.56	noyé
Septembre	0.736	1.99	1.82	2.61	1.20	3.81	0.00	4.56	noyé
Octobre	1.345	2.03	2.06	2.65	1.44	3.85	0.24	4.60	noyé
Novembre	2.731	2.10	2.20	2.72	1.58	3.92	0.38	4.67	noyé
Décembre	4.743	2.18	2.29	2.80	1.67	4.00	0.47	4.75	noyé
Module	2.895	2.11	2.22	2.73	1.60	3.93	0.40	4.68	noyé
DMR	0.289	1.95	1.06	2.57	0.44	3.77	noyé	4.52	noyé
QMNA5	0.349	1.96	1.20	2.58	0.58	3.78	noyé	4.53	noyé
Q2	15.399	2.46	2.37	3.08	1.75	4.28	0.55	5.03	noyé
Q98	11.806	2.38	2.36	3.00	1.74	4.20	0.54	4.95	noyé
Q95	9.034	2.31	2.34	2.93	1.72	4.13	0.52	4.88	noyé

**NB** : Les valeurs en rouge correspondent à une situation de débordement.

Pour le débit d'étiage (QMNA5) par exemple, le dénivelé maximum (en marée basse) est de 1.20 m. Il n'est plus que de 0.58 m pour une marée haute de coefficient 54 et il est noyé pour des marées haute de coefficient supérieur à 85.

Les valeurs de dénivelés et les vitesses dans la passe à poisson en l'absence de chevrons empêchent le franchissement pour beaucoup d'espèces.

---

#### 4.1.4 Scénario 1 : arasement de l'ouvrage

➤ *Description des travaux*

##### Plans 5 et 6 : Scénario 1 : arasement de l'ouvrage

Cet aménagement est le plus conséquent en termes de travaux. C'est également le plus ambitieux sur le plan écologique.

Les travaux envisagés sont les suivants :

- Arasement total du déversoir
- Démantèlement de la passe à poisson
- Démantèlement des assises béton entre les ouvrages pour offrir au cours d'eau une section d'écoulement plus large et favoriser le passage des branchages et embâcles
- Comblement des deux pertuis usiniers
- Creusement de la roche mère en amont de l'ouvrage pour rattraper la pente naturelle du cours d'eau
- Evacuation des vases dans le pertuis droit, remblaiement du bief et aménagements paysagers
- Renaturation de la Penzé en amont du moulin par réduction de section et végétalisation des berges

Les plans ci-dessous permettent de mieux comprendre les aménagements proposés :

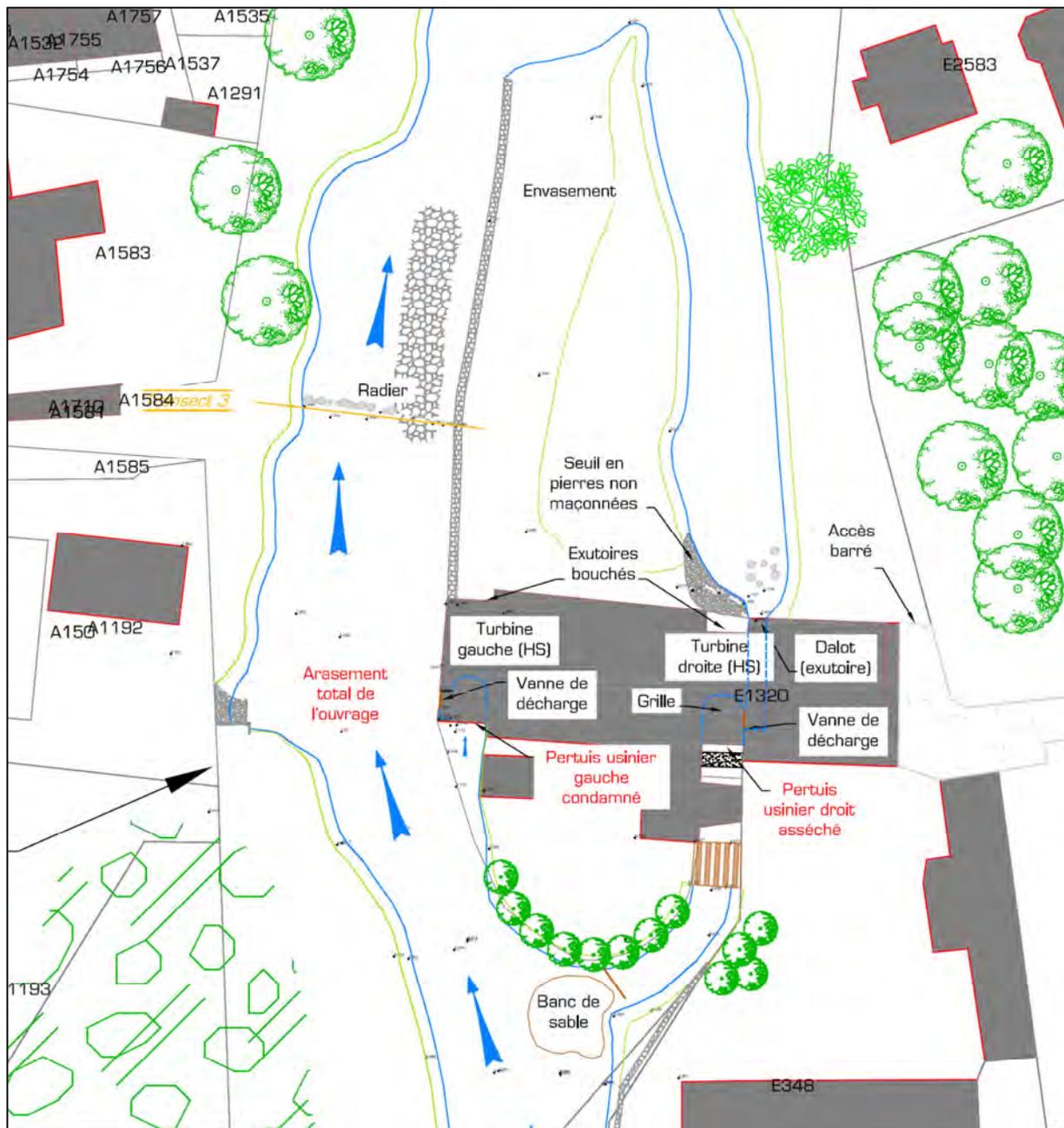


Figure 7 : Vue en plan du scénario 1

Le plan ci-dessous présente les hauteurs d'eau après aménagement, selon les marées :

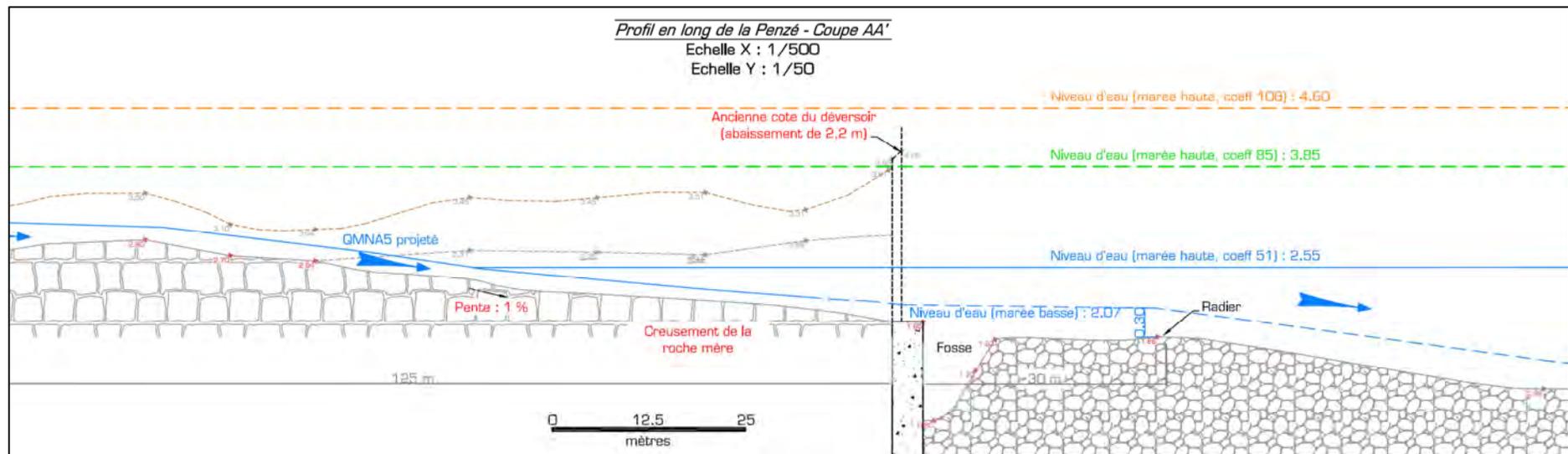


Figure 8 : Profil en long du scénario 1



Ouvrages supprimés



Exemple d'aménagement similaire

## ➤ Estimation du montant des travaux

Récapitulatif par type d'intervention		
Total 1	Travaux de préparation et d'installation de chantier	7 000.00 €
Total 2	Travaux de terrassement et génie civil	36 800.00 €
Total 3	Renaturation du lit et des berges	18 500.00 €
Total 4	Aménagement paysager et mesures compensatoires	1 000.00 €
Total 5	Information, suivi et communication (optionnel)	5 200.00 €
Total général H.T.		68 500.00 €
T.V.A.		13 426.00 €
Total général T.T.C.		81 926.00 €
Montant tranche ferme T.T.C.		57 766.80 €
Montant tranche optionnelle T.T.C.		24 159.20 €

## ➤ Incidences

**Répartition des débits**

L'intégralité des débits transiterait par le cours principal de la Penzé.

**Etat hydro morphologique**

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de la diversité des habitats aquatiques : variations de vitesses d'eau, substrats non colmatés, réapparition d'herbiers aquatiques, etc...</li> <li>- Restauration de la continuité écologique : franchissement piscicole et transit sédimentaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun</li> </ul>

**Bilan sur la morphologie :**

Compartment	Etat initial	Etat projeté après aménagement
Lit mineur	Moyen	Bon
Berges et ripisylve	Bon	Bon
Annexe et lit majeur	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Très bon
Transit sédimentaire	Mauvais	Très bon
Franchissement piscicole	Mauvais	Très bon

**Qualité de l'eau**

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration du pouvoir autoépurateur du cours d'eau (meilleure oxygénation, réchauffement des eaux limité)</li> <li>- Salinité augmentée sur un linéaire important en amont de l'ouvrage (effet d'estuaire renforcé) → milieu plus favorable aux espèces estuariennes</li> <li>- Amélioration de la qualité hydrobiologique et piscicole grâce à des habitats plus diversifiés (substrats, vitesses)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salinité augmentée sur un linéaire important en amont de l'ouvrage (effet d'estuaire renforcé) → milieu moins favorable aux espèces d'eau douce</li> </ul>

**Aspect esthétique et paysager**

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suppression de l'effet « plan d'eau »</li> <li>- Les berges mises à nue se végétaliseront. Suppression de l'effet « plan d'eau » au profit d'une rivière courante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les berges à nue les premières années peuvent choquer les usagers du site</li> <li>- changement de l'intérêt paysager du moulin en l'absence du bief et des ouvrages</li> </ul>

**Usages**

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus de manœuvre des vannes : gain de temps et moins de responsabilité pour les propriétaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problèmes de stabilité engendrés par le démantèlement complet des structures de génie civil et le creusement de la roche mère</li> <li>- Perte du patrimoine associé aux ouvrages de la minoterie</li> <li>- Perte de l'intégrité paysagère du site dont dépendent en partie les activités de bistrot et de galerie</li> <li>- Plus de possibilité d'utiliser l'énergie hydraulique et les turbines</li> <li>- Assèchement du pertuis usinier droit</li> </ul>

**Aspect réglementaire**

Ce scénario nécessite l'abrogation du règlement d'eau.

**Coûts**

Coût approximatif des aménagements pour la tranche ferme : environ 58 000 € TTC.

Subventions maximales : 80 %

➤ *Conclusion*

Cet aménagement présente l'intérêt de rétablir la morphologie naturelle du cours d'eau. Il permet d'obtenir un gain optimal sur un grand nombre de compartiments écologiques, et notamment sur la ligne d'eau puisque l'intégralité de la zone d'influence serait restaurée en écoulement libre.

Ce scénario est cependant très cher compte tenu des structures béton massives à démanteler. De plus, bien qu'étant optimal sur le gain de la ligne d'eau, il pose le problème de la stabilité du bâtiment du moulin en cas de suppression totale des structures de génie civil. Une étude géotechnique est préconisée.

Ce scénario engendre une augmentation de la salinité dans la rivière sur un plus grand linéaire en amont de l'estuaire, ce qui permettrait un retour aux conditions estuariennes naturelles.

Enfin, il ne respecte pas la volonté des propriétaires de conserver l'intégrité paysagère du site et de garder un débit dans les pertuis usiniers.

---

#### 4.1.5 Scénario 2 : arasement partiel de l'ouvrage

➤ *Description des travaux*

##### Plans 7 et 8 : Scénario 2 : arasement partiel de l'ouvrage

Cet aménagement présente l'intérêt d'abaisser la ligne d'eau en amont tout en maintenant des écoulements dans les pertuis usiniers.

Les travaux envisagés sont les suivants :

- Arasement partiel du déversoir (abaissement de 1.20 m)
  - o Caractéristique du déversoir : nouvelle cote d'arase = 2.85 m
- Aménagement d'une échancrure pour concentrer les faibles débits, calibré pour le maintien du DMR au droit de cet ouvrage
  - o Caractéristique de l'échancrure : cote d'arase = 2.55m et largeur en pied = 1m
- Condamnation de la passe à poisson
- Creusement de la roche mère en amont de l'ouvrage pour rattraper la cote de l'échancrure
- Renaturation de la Penzé en amont du moulin par réduction de section et végétalisation

Les plans ci-dessous permettent de mieux comprendre les aménagements proposés :

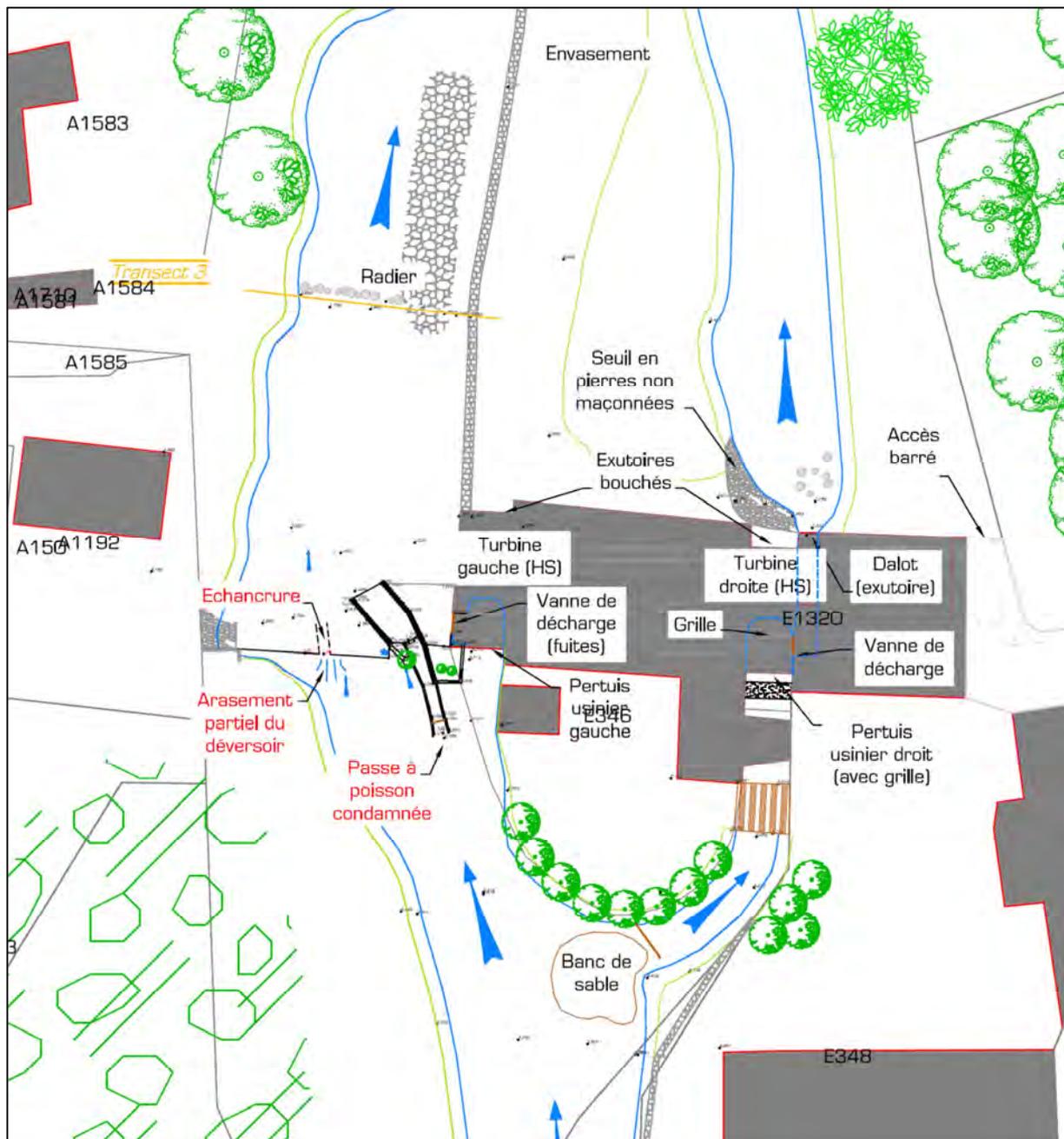


Figure 9 : Vue en plan du scénario 2

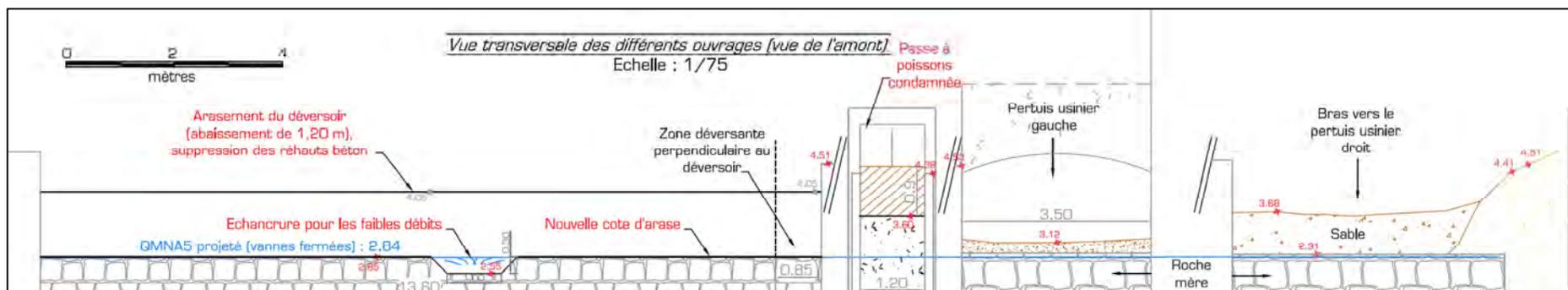


Figure 10 : Vue transversale des ouvrages dans le scénario 2

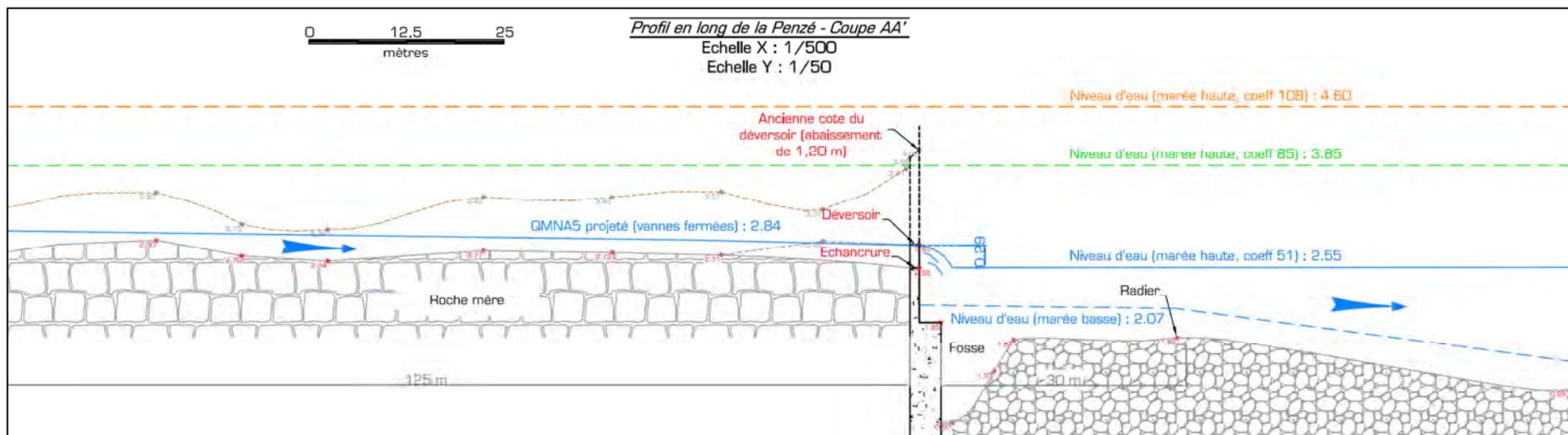


Figure 11 : Profil en long du scénario 2

➤ Estimation du montant des travaux

Récapitulatif par type d'intervention		
Total 1	Travaux de préparation et d'installation de chantier	7 000.00 €
Total 2	Travaux de terrassement et génie civil	19 125.00 €
Total 3	Renaturation du lit et des berges	18 500.00 €
Total 4	Aménagement paysager et mesures compensatoires	1 000.00 €
Total 5	Information, suivi et communication (optionnel)	5 200.00 €
Total général H.T.		50 825.00 €
T.V.A.		9 961.70 €
Total général T.T.C.		60 786.70 €
Montant tranche ferme T.T.C.		36 627.50 €
Montant tranche optionnelle T.T.C.		24 159.20 €

➤ Incidences

### Répartition des débits

Le graphique ci-dessous présente la répartition des débits après aménagement, en vannes ouvertes :

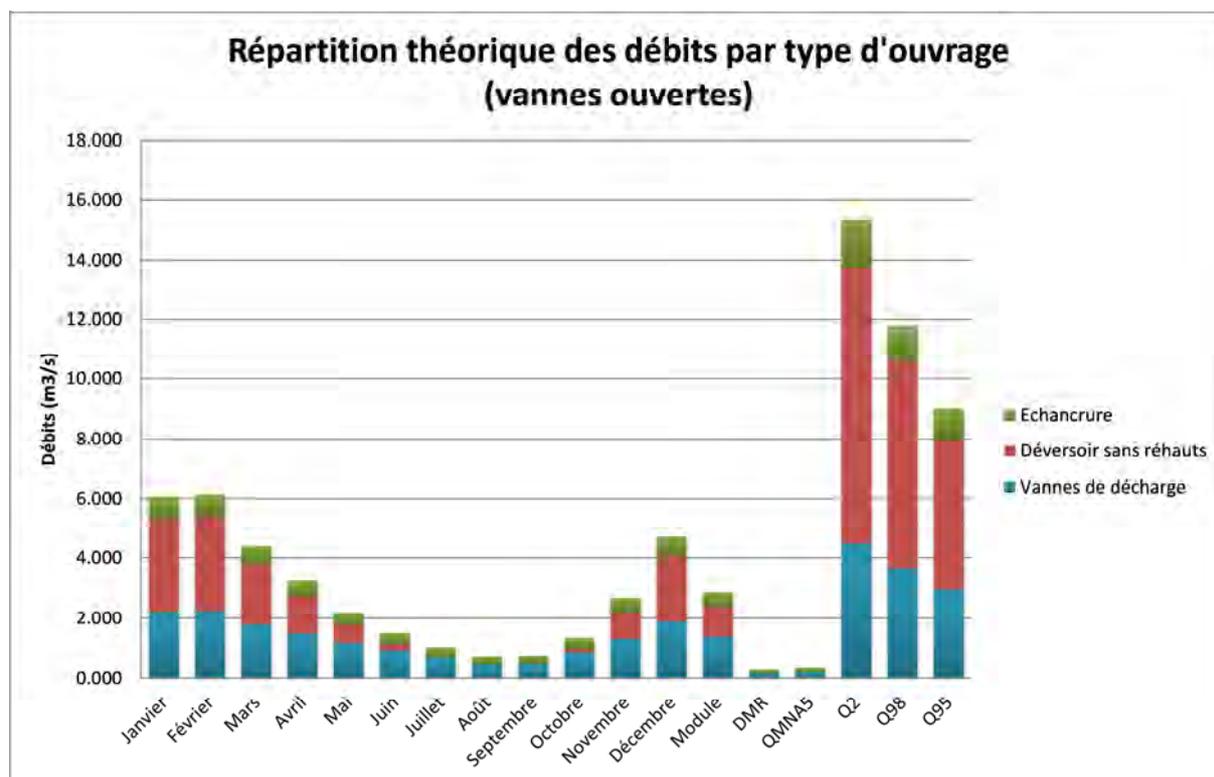


Figure 12 : Répartition du débit après aménagement du scénario 2 en vannes ouvertes

Le débit en bleu représente le débit transitant dans les pertuis usiniers en vannes de décharge ouvertes. Cette configuration d'ouvrages permet de maintenir le Débit Minimum Réserve dans l'échancrure tout en conservant des écoulements dans les pertuis usiniers.

### Etat hydro morphologique

Effets positifs	Effets négatifs
- Amélioration de la diversité des habitats	- Aucun

aquatiques : variations de vitesses d'eau, substrats moins colmatés, réapparition d'herbiers aquatiques, etc... - Restauration de la continuité écologique : franchissement piscicole et meilleur transit sédimentaire	
---	--

### Bilan sur la morphologie :

Compartiment	Etat initial	Etat projeté après aménagement
Lit mineur	Moyen	Bon
Berges et ripisylve	Bon	Bon
Annexe et lit majeur	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Bon
Transit sédimentaire	Mauvais	Bon
Franchissement piscicole	Mauvais	Bon

### Qualité de l'eau

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration du pouvoir autoépurateur du cours d'eau (meilleure oxygénation, réchauffement des eaux limité)</li> <li>- Amélioration de la qualité hydrobiologique et piscicole grâce à des habitats plus diversifiés (substrats, vitesses)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun</li> </ul>

### Aspect esthétique et paysager

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les berges mises à nue se végétaliseront.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les berges à nue les premières années peuvent choquer les usagers du site</li> <li>- Passe à poisson actuelle condamnée</li> </ul>

### Usages

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation d'un écoulement dans les pertuis usiniers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte d'une partie du potentiel hydro électrique due à la diminution de la hauteur de chute et du débit transitant dans les pertuis usiniers</li> </ul>

### Aspect réglementaire

Ce scénario nécessite une modification du règlement d'eau.

### Coûts

Coût approximatif des aménagements pour la tranche ferme : environ 37 000 € T.T.C.

Subventions maximales : 80 %

➤ *Conclusions*

Ce scénario est un bon compromis entre les gains sur l'hydro morphologie du cours d'eau et le respect des usages.

#### 4.1.6 Scénario 3 : Ouverture du barrage et transparence par gestion des vannes

➤ *Description des travaux*

##### Plan 7 : Scénario 3 : Ouverture du barrage et transparence par gestion des vannes

Cet aménagement n'a pas été dessiné car la configuration des ouvrages ne change pas. Il présente l'intérêt de maintenir la structure des ouvrages du moulin telle quelle mais ne suffit pas pour assurer le franchissement piscicole de toutes les espèces visées, et notamment les espèces holobiotiques.

Les seuls travaux envisagés sont la remise en place des chevrons de 30 cm dans la passe à poissons, afin de ralentir les écoulements.

➤ *Estimation du montant des travaux*

Environ 5 000 € T.T.C.

➤ *Incidences*

#### Répartition des débits

Le graphique ci-dessous présente la répartition théorique des débits après aménagement :

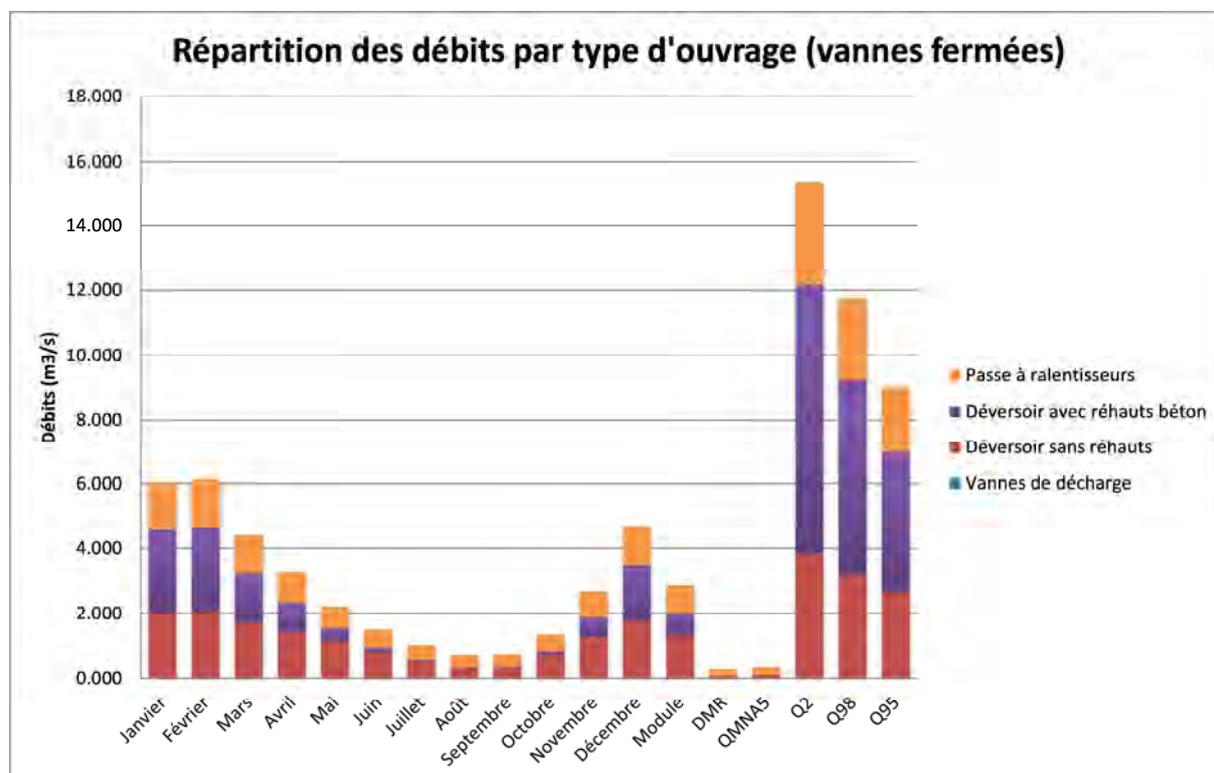


Figure 13 : Répartition du débit après aménagement du scénario 2 en vannes ouvertes

Le débit transitant dans la passe est restreint par les chevrons. Le débit d'attrait n'est pas suffisant dans la passe, même en vannes fermées.

### Etat hydro morphologique

Effets positifs	Effets négatifs
- Aucun	- Pas d'amélioration de la diversité des habitats aquatiques en amont - Peu d'amélioration sur la ligne d'eau - Pas d'amélioration du transit sédimentaire

### **Bilan sur la morphologie :**

Compartiment	Etat initial	Etat projeté après aménagement
Lit mineur	Moyen	Moyen
Berges et ripisylve	Bon	Bon
Annexe et lit majeur	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Mauvais
Transit sédimentaire	Mauvais	Mauvais
Franchissement piscicole	Mauvais	Moyen

La remise en place des chevrons n'aura aucun effet sur la diversité des habitats en amont de l'ouvrage. Elle permet juste d'améliorer la franchissabilité.

### Qualité de l'eau

Effets positifs	Effets négatifs
- Aucun	- Pas d'amélioration du pouvoir autoépurateur du cours d'eau - Pas d'amélioration de la qualité hydrobiologique et piscicole

### Aspect esthétique et paysager

Effets positifs	Effets négatifs
- Structure des ouvrages et intégrité paysagère du site conservée	- Conservation de l'effet « plan d'eau » - Conservation des structures existantes

### Usages

Effets positifs	Effets négatifs
- Conservation de la répartition des écoulements	- Aucun

### Aspect réglementaire

Ce scénario ne nécessite pas de modification du règlement d'eau.

### Coûts

Coût approximatif des aménagements pour la tranche ferme : environ 5 000 € T.T.C.

Subventions maximales : 0 %

➤ *Conclusions*

Les vitesses dans la passe sont fortement diminuées mais cela ne suffit pas pour que les critères de franchissabilité imposés par les services de l'état soient respectés pour les petites espèces. Ce scénario ne permet donc pas de répondre à la réglementation en terme de franchissement piscicole pour les espèces visées.

#### 4.1.7 Scénario 4 : Aménagement d'un dispositif de franchissement piscicole

➤ *Description des travaux*

##### Plans 9, 10 et 11 : Scénario 4 : Aménagement d'un dispositif de franchissement piscicole

Cet aménagement présente l'intérêt pour les propriétaires de maintenir la cote d'arase du déversoir (sans les rehauts béton) et de préserver l'intégrité paysagère du site. L'alimentation des pertuis usiniers n'est ainsi que peu modifiée. Ce scénario n'a cependant pas de gain sur la ligne d'eau et sur le transit sédimentaire.

Les travaux envisagés sont les suivants :

- Création d'une échancrure dans le déversoir pour les faibles débits, calibré pour le maintien du DMR au droit de cet ouvrage
- Suppression des rehauts béton du déversoir
- Condamnation de la passe à poissons actuelle
- Construction d'un mur en béton en rive droite de la rampe afin de limiter le volume à combler
- Aménagement de la rampe de blocs régulièrement répartis apposée au déversoir et comblant la fosse de dissipation en aval du déversoir
  - o Caractéristique de la rampe: cote d'arase = 3.75 m, largeur = 9 m, longueur = 35 m, pente longitudinale = 5 %, pente transversale = 10 %
- Protections de berge en rive gauche de la rampe (enrochements)

Les plans ci-dessous permettent de mieux comprendre les aménagements proposés :

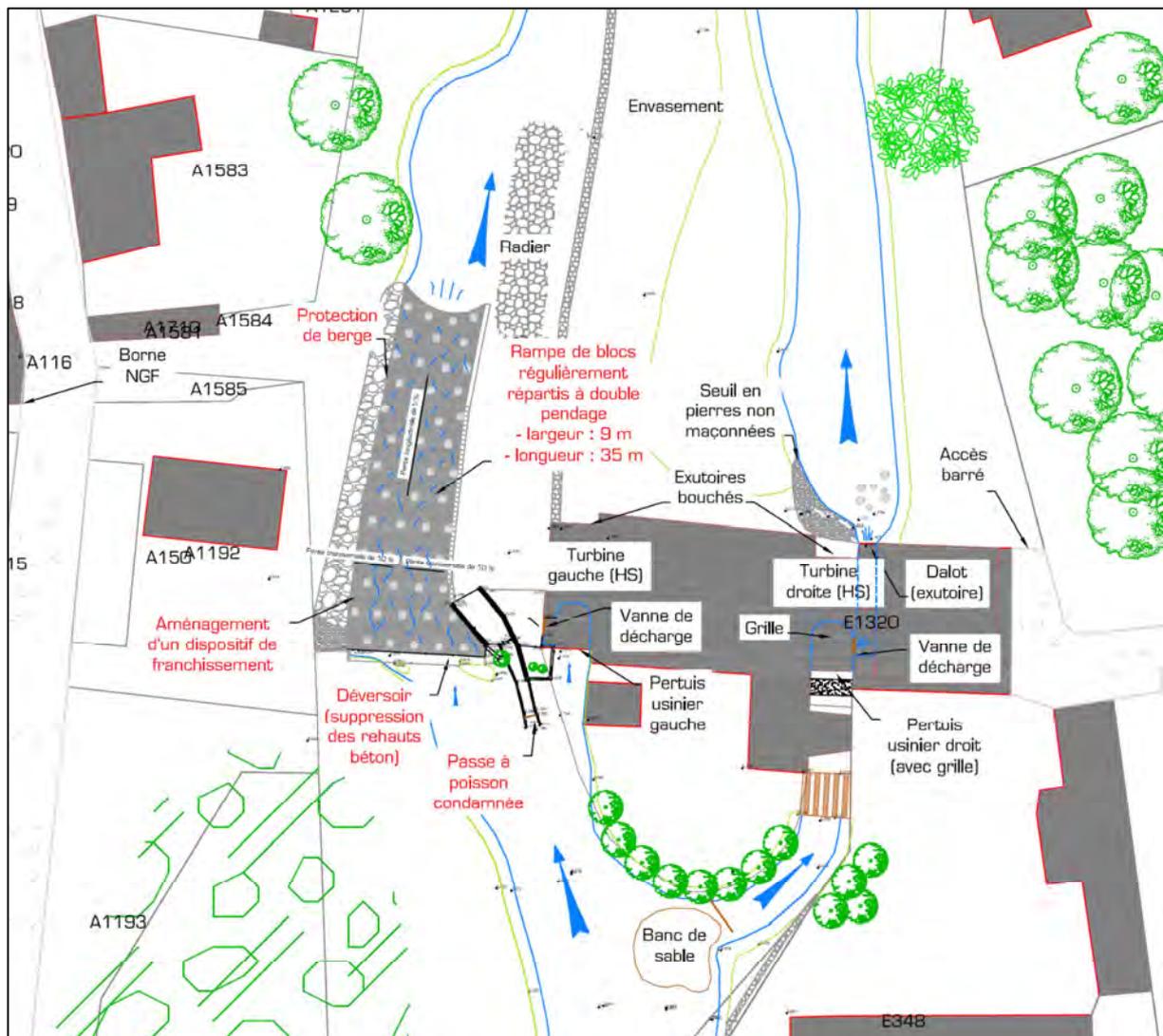


Figure 14 : Vue en plan du scénario 4

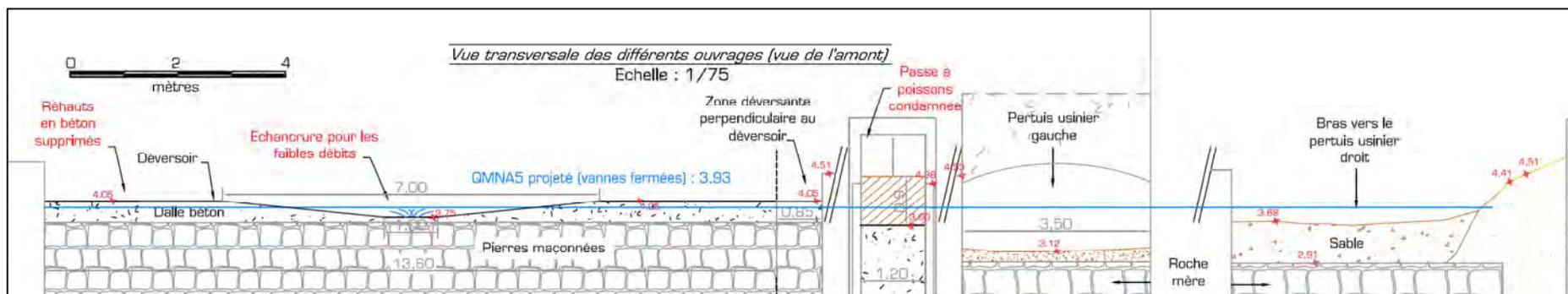


Figure 20 : Vue transversale des ouvrages dans le scénario 4

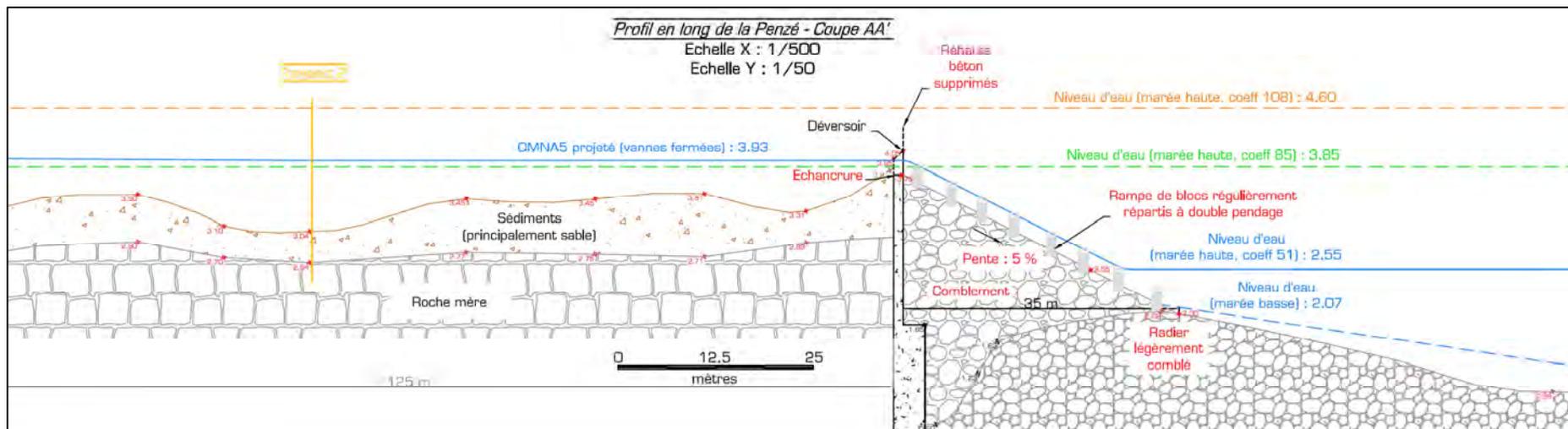


Figure 21 : Profil en long du scénario 4

La photo ci-dessous permet de mieux comprendre la réalisation de la rampe de blocs régulièrement répartis :



Exemple d'aménagement similaire

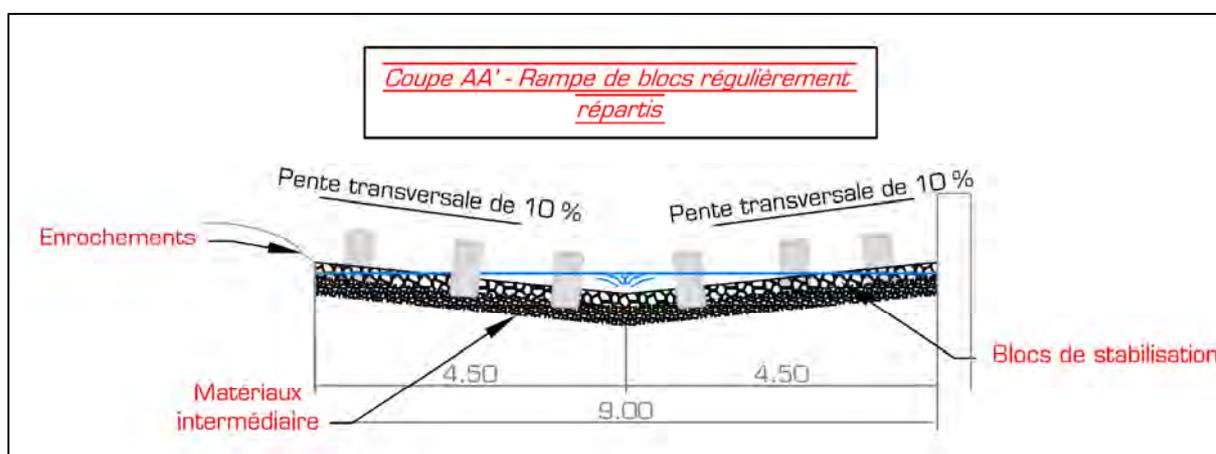


Figure 22 : Coupe transversale de la rampe de blocs régulièrement répartis

**NB** : Les fondations de l'actuelle passe à poissons ne peuvent pas être réutilisées car elles offrent des volumes de dissipation trop faibles pour répondre aux critères de franchissabilité fixés aujourd'hui par les services de l'Etat. Elle est condamnée pour ne pas absorber de débit et privilégier la rampe de blocs régulièrement répartis.

➤ *Estimation du montant des travaux*

Récapitulatif par type d'intervention		
Total 1	Travaux de préparation et d'installation de chantier	7 000.00 €
Total 2	Travaux de terrassement et génie civil	172 625.00 €
Total 3	Aménagement paysager et mesures compensatoires	1 000.00 €
Total 4	Information, suivi et communication (optionnel)	5 200.00 €
Total général H.T.		185 825.00 €
T.V.A.		36 421.70 €
Total général T.T.C.		222 246.70 €
Montant de la tranche ferme T.T.C.		216 027.50 €
Montant de la tranche optionnelle T.T.C.		6 219.20 €

➤ Incidences

### Répartition des débits

Dans ce scénario, le débit de la Penzé transite par la nouvelle rampe et par les pertuis usiniers du moulin. La rampe doit être privilégiée pendant les périodes de bas débits afin d'absorber le DMR. Les vannes de décharge doivent dans ce cas être fermées.

Le graphique ci-dessous présente la répartition théorique des débits après aménagement, en vanne de décharge gauche fermée et vanne de décharge droite entre-ouverte :

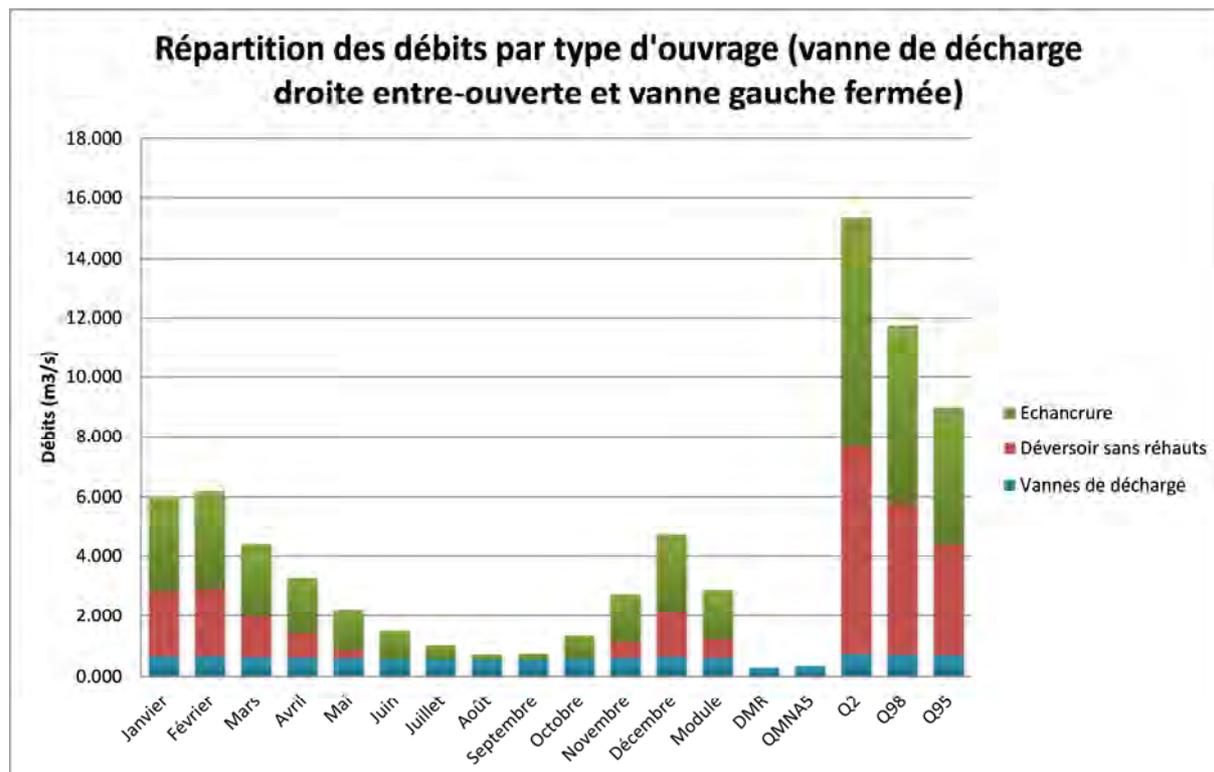


Figure 23 : Répartition du débit après aménagement du scénario 4

Le débit en bleu représente le débit transitant dans le pertuis usinier droit. Les débits en rouge et en vert sont les débits transitant dans la rampe. Cette configuration d'ouvrages permet de maintenir le Débit Minimum Réservé dans la rampe en vannes fermées. Les écoulements dans les pertuis usiniers seront possibles pour des débits plus conséquents.

La répartition des débits toutes vannes ouvertes et toutes vannes fermées est disponible en annexe 5.

### Etat hydro morphologique

Effets positifs	Effets négatifs
- Restauration de la continuité piscicole	- Pas d'amélioration de la diversité des habitats aquatiques en amont - Peu d'amélioration sur la ligne d'eau - Pas d'amélioration du transit sédimentaire

**Bilan sur la morphologie :**

Compartiment	Etat initial	Etat projeté après aménagement
Lit mineur	Moyen	Moyen
Berges et ripisylve	Bon	Bon
Annexe et lit majeur	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Moyen
Transit sédimentaire	Mauvais	Mauvais
Franchissement piscicole	Mauvais	Bon

**Qualité de l'eau**

Effets positifs	Effets négatifs
- Aucun	- Pas d'amélioration du pouvoir autoépurateur du cours d'eau - Pas d'amélioration de la qualité hydrobiologique et piscicole

**Aspect esthétique et paysager**

Effets positifs	Effets négatifs
- Structure des ouvrages et intégrité paysagère du site conservée - Rampe de blocs régulièrement répartis en harmonie avec le reste du site	- Passe à poisson actuelle condamnée

**Usages**

Effets positifs	Effets négatifs
- Conservation de la répartition des écoulements - Conservation de l'effet « plan d'eau »	- Aucun

**Aspect réglementaire**

Ce scénario nécessite une modification du règlement d'eau.

**Coûts**

Coût approximatif des aménagements pour la tranche ferme : environ 216 000 € T.T.C.

Subventions maximales : 50 %

➤ *Conclusions*

Ce scénario permet de rétablir la continuité piscicole mais ne restaure pas la continuité sédimentaire. Il ne répond que partiellement aux objectifs visés par le code de l'environnement. Il n'offre de plus aucun gain sur les habitats en amont. Cependant, il permet aux propriétaires de garder leur cote de niveau d'eau telle qu'elle l'est actuellement. Enfin, ce scénario est très onéreux compte tenu des difficultés d'accès et du volume à combler par la rampe.

#### 4.1.8 Scénario 5 : Réhabilitation de la passe existante et transparence par gestion des vannes

➤ *Description des travaux*

##### Plans 12 et 13 : Scénario 5 : Réhabilitation de la passe existante et transparence par gestion des vannes

Cet aménagement présente le double intérêt pour les propriétaires de maintenir la cote d'arase du déversoir (sans les rehauts béton) et de préserver l'intégrité paysagère du site tout en conservant les structures béton déjà existantes. L'alimentation des pertuis usiniers n'est ainsi que peu modifiée. Ce scénario n'a cependant pas de gain sur la ligne d'eau et sur le transit sédimentaire.

Les travaux envisagés sont les suivants :

- Suppression des rehauts béton du déversoir
- Suppression de la vanne de la passe à poisson existante
- Suppression des glissières béton existantes
- Pente longitudinale de la passe existante à reprofiler
- Aménagement d'une passe à ralentisseurs de fond suractifs de pente 10 % à l'emplacement de la passe actuelle qui absorbe l'intégralité du débit jusqu'au Débit Minimum Réservé
  - o Caractéristique de la passe à ralentisseurs de fond suractifs : cote d'arase = 3.70 m NGF, largeur = 1.20 m, longueur = 15 m, pente = 10 %
- Construction d'un muret latéral gauche pour la passe
- Comblement du bassin de dissipation de la passe existante
- Rehaussement des murets latéraux de la partie aval de la passe existante
- Mise en place d'une passe à anguille (tapis-brosse)

Les plans ci-dessous permettent de mieux comprendre les aménagements proposés :

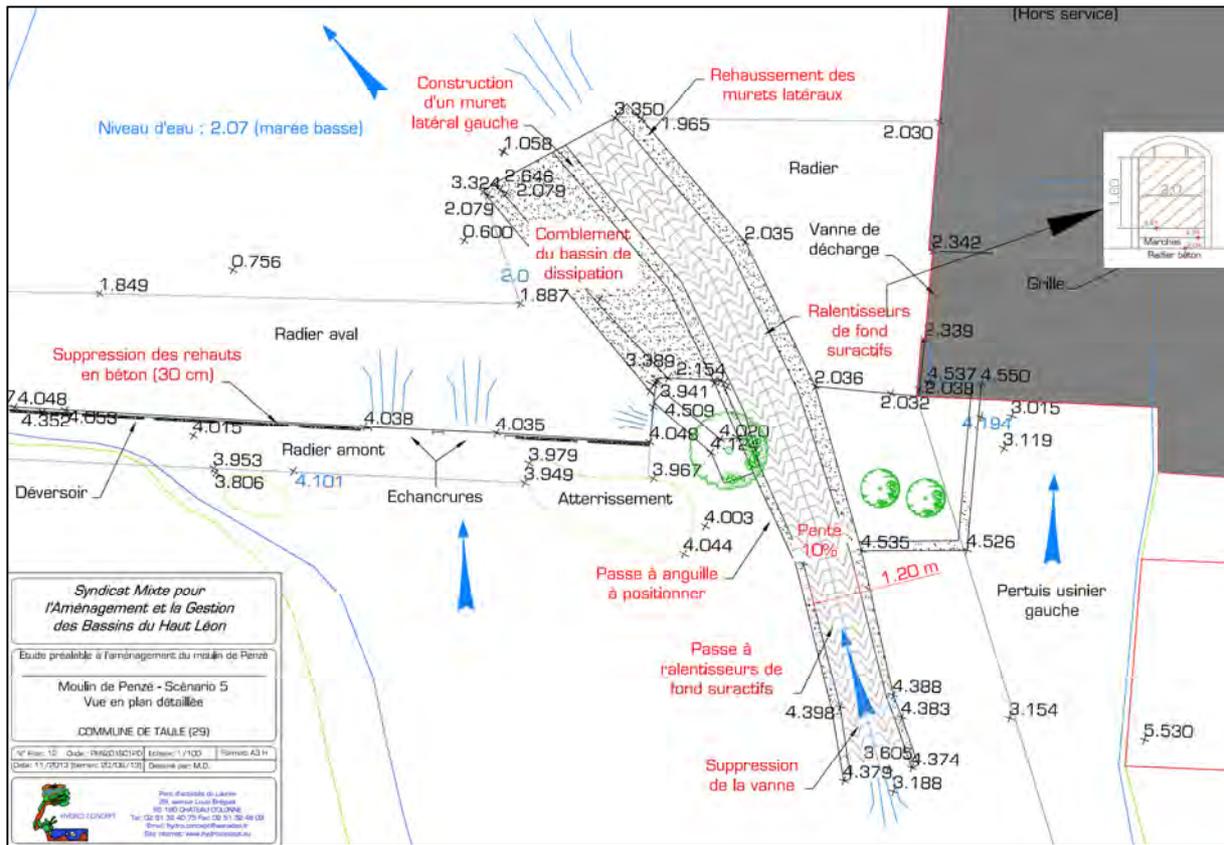


Figure 15 : Vue en plan du scénario 5

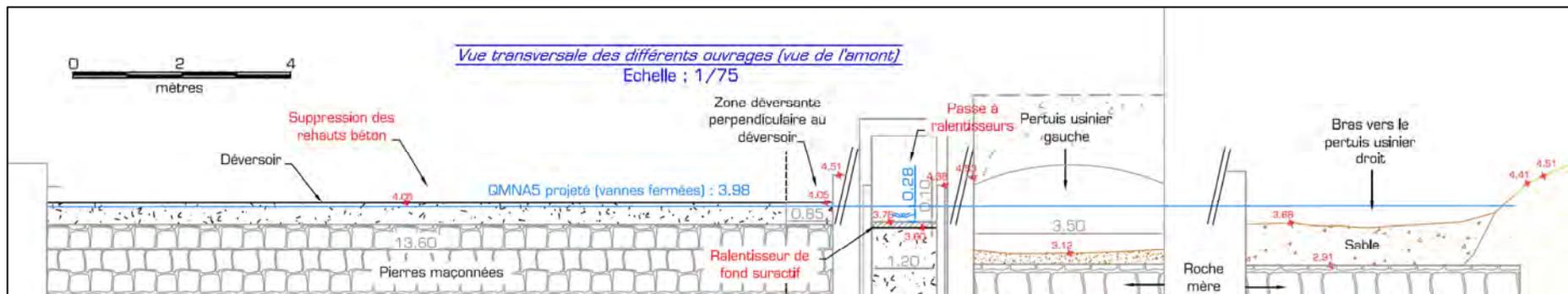


Figure 25 : Vue transversale des ouvrages dans le scénario 5

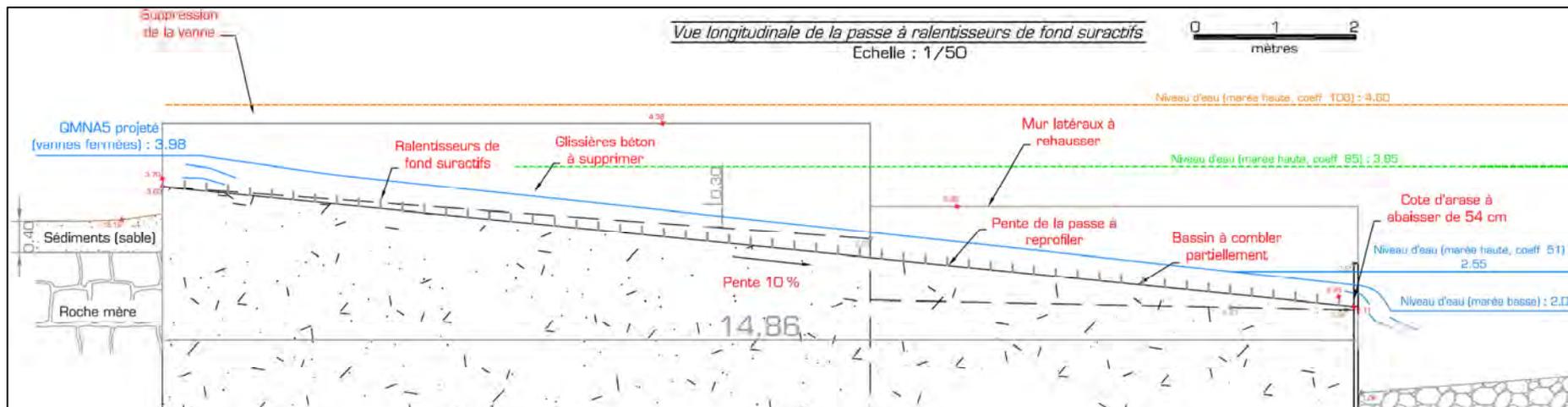
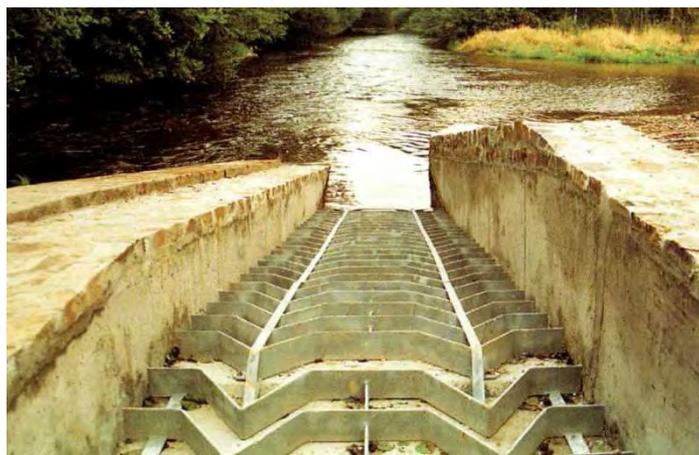


Figure 26 : Vue longitudinale de la passe à ralentisseurs de fond suractifs

La photo ci-dessous permet d'illustrer la passe à ralentisseurs de fond suractifs :



Exemple de passe à ralentisseurs de fond suractifs

➤ *Estimation du montant des travaux*

Récapitulatif par type d'intervention		
Total 1	Travaux de préparation et d'installation de chantier	7 000.00 €
Total 2	Travaux de terrassement et génie civil	17 050.00 €
Total 3	Aménagement paysager et mesures compensatoires	5 500.00 €
Total 4	Information, suivi et communication (optionnel)	5 200.00 €
Total général H.T.		34 750.00 €
T.V.A.		6 811.00 €
Total général T.T.C.		41 561.00 €
Montant de la tranche ferme T.T.C.		35 341.80 €
Montant de la tranche optionnelle T.T.C.		6 219.20 €

➤ *Incidences*

### Répartition des débits

Les aménagements entraîneraient une nouvelle répartition des débits. La passe à ralentisseurs de fond suractifs absorberait l'intégralité des écoulements pour des débits inférieurs au Débit Minimum Réservé. Ainsi, pour ces faibles débits, les vannes usinières devront être fermées. Pour des débits supérieurs, les vannes usinières pourront être ouvertes afin d'absorber un débit à turbiner, **tout en assurant que le niveau d'eau amont ne se situe pas en-dessous de la cote légale**, afin que le Débit Minimum Réservé transite toujours dans la passe.

Le graphique ci-dessous présente la répartition théorique des débits après aménagement, avec les deux vannes de décharge fermées :

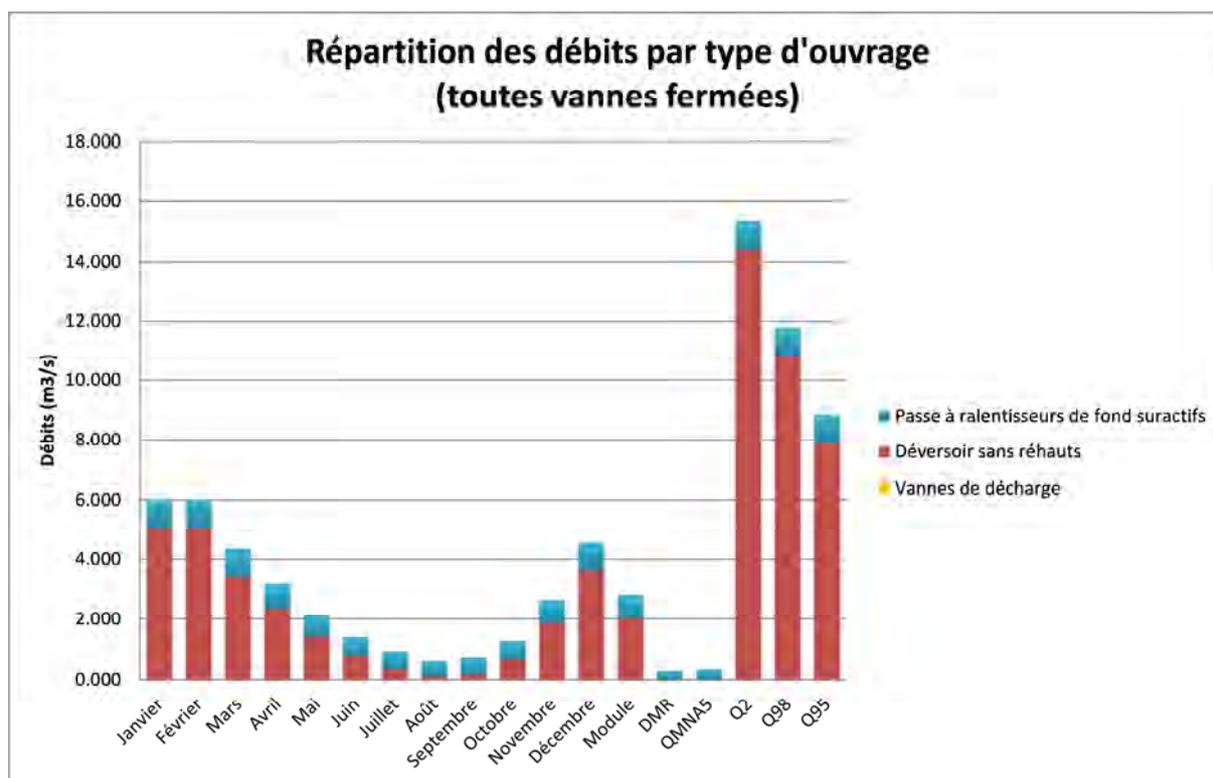


Figure 27 : Répartition du débit après aménagement du scénario 5

Le débit en bleu représente le débit transitant dans la passe à ralentisseurs de fond suractifs. Le débit en rouge est le débit théorique absorbé par le déversoir. Cette configuration d'ouvrages permet de maintenir le Débit Minimum Réservé dans la passe en vannes fermées. Les écoulements dans les pertuis usiniers seront possibles pour des débits plus conséquents (répartition des débits en vannes ouvertes non représentée ici).

### Etat hydro morphologique

Effets positifs	Effets négatifs
- Restauration de la continuité piscicole	- Pas d'amélioration de la diversité des habitats aquatiques en amont - Peu d'amélioration sur la ligne d'eau - Pas d'amélioration du transit sédimentaire

### Bilan sur la morphologie :

Compartiment	Etat initial	Etat projeté après aménagement
Lit mineur	Moyen	Moyen
Berges et ripisylve	Bon	Bon
Annexe et lit majeur	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Moyen
Transit sédimentaire	Mauvais	Mauvais
Franchissement piscicole	Mauvais	Bon

### Qualité de l'eau

Effets positifs	Effets négatifs
- Aucun	- Pas d'amélioration du pouvoir

	autoépurateur du cours d'eau - Pas d'amélioration de la qualité hydrobiologique et piscicole
--	---

### Aspect esthétique et paysager

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure des ouvrages et intégrité paysagère du site conservée</li> <li>- Passe à ralentisseurs de fond suractifs aménagée sur les structures existantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun</li> </ul>

### Usages

Effets positifs	Effets négatifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation de la répartition des écoulements</li> <li>- Conservation de l'effet « plan d'eau »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun</li> </ul>

### Aspect réglementaire

Ce scénario nécessite une modification du règlement d'eau.

### Coûts

Coût approximatif des aménagements pour la tranche ferme : environ 35 000 € T.T.C.

Subventions maximales : 50 %

#### ➤ *Conclusions*

Ce scénario permet de rétablir la continuité piscicole mais ne restaure pas la continuité sédimentaire. Il ne répond que partiellement aux objectifs visés par le code de l'environnement. Il n'offre de plus aucun gain sur les habitats en amont. Cependant, il répond pleinement aux attentes des propriétaires en leur permettant de garder leur cote de niveau d'eau amont actuelle et en conservant toutes les structures béton actuelles. Enfin, ce scénario est moins onéreux car il s'appuie au maximum sur l'existant.

## 4.2 Tableau comparatif des aménagements proposés

	Etat initial	Scénario 1 : arasement total	Scénario 2 : arasement partiel	Scénario 3 : Gestion des vannes	Scénario 4 : Rampe de blocs régulièrement répartis	Scénario 5 : Réhabilitation de la passe existante
<b>Hydro morphologique</b>						
Lit mineur	Moyen	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Moyen
Berges	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon
Lit majeur	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Ligne d'eau	Mauvais	Très bon	Bon	Mauvais	Moyen	Moyen
Transit sédimentaire	Mauvais	Très bon	Bon	Mauvais	Mauvais	Mauvais
Franchissement	Mauvais	Très bon	Bon	Moyen	Bon	Bon
<b>Qualité de l'eau</b>						
Physico- chimique	Réchauffement des eaux, oxygénation faible	Salinité augmentée	<b>Amélioration significative</b>	Aucune amélioration	Aucune amélioration	Aucune amélioration
Hydrobiologique et piscicole	Milieu défavorable à certaines espèces	<b>Nette amélioration</b>	<b>Amélioration significative</b>	Très faible amélioration	Faible amélioration	Faible amélioration
<b>Aspect esthétique et paysager</b>	Intérêt du site lié au moulin en eau	Suppression de l'effet « plan d'eau » mais perte du patrimoine du moulin	Intérêt du site lié au moulin en eau conservé sauf pour la passe à poisson	Intérêt du site lié au moulin en eau conservé	Intérêt du site lié au moulin en eau conservé	Intérêt du site lié au moulin en eau conservé, structures génie civil existantes conservées
<b>Usages</b>	Maintien en eau des fossés, turbinage possible	Pertuis usiniers asséchés	Pertuis usiniers en eau mais pas de turbinage possible	Conservation de la cote d'arase du déversoir	Conservation de la cote d'arase du déversoir	Conservation de la cote d'arase du déversoir
<b>Contraintes d'entretien ultérieur</b>	Nécessite entretien régulier des ouvrages	Effet positif : entretien limité	Nécessite entretien régulier des ouvrages	Nécessite entretien régulier des ouvrages	Nécessite entretien régulier des ouvrages	Nécessite entretien régulier des ouvrages
<b>Coûts tranche ferme</b>		<b>58 000 € TTC (80 % financement)</b>	<b>37 000 € TTC (80 % financement)</b>	<b>5 000 € TTC (0 % financement)</b>	<b>216 000 € TTC (50 % financement)</b>	<b>34 000 € TTC (50 % financement)</b>
<b>Coût de revient</b>		<b>11 600 € TTC</b>	<b>7 400 € TTC</b>	<b>5 000 € TTC</b>	<b>108 000 € TTC</b>	<b>17 000 € TTC</b>

## 4.3 Plans des aménagements

Voir plans des aménagements projetés n°5 à 13 sur le dossier annexe

## 5 ANNEXES

### 5.1 Hydrologie

## L'hydrologie du cours d'eau au niveau du site

## Moulin de Penzé PENZO1

Surface du bassin versant 141 km<sup>2</sup>      Module 2,895 m<sup>3</sup>/s

Station limnimétrique J2723010      La Penze à Taulé [Penhoat]

Fréquence de non-dépassement des débits en m<sup>3</sup>/s

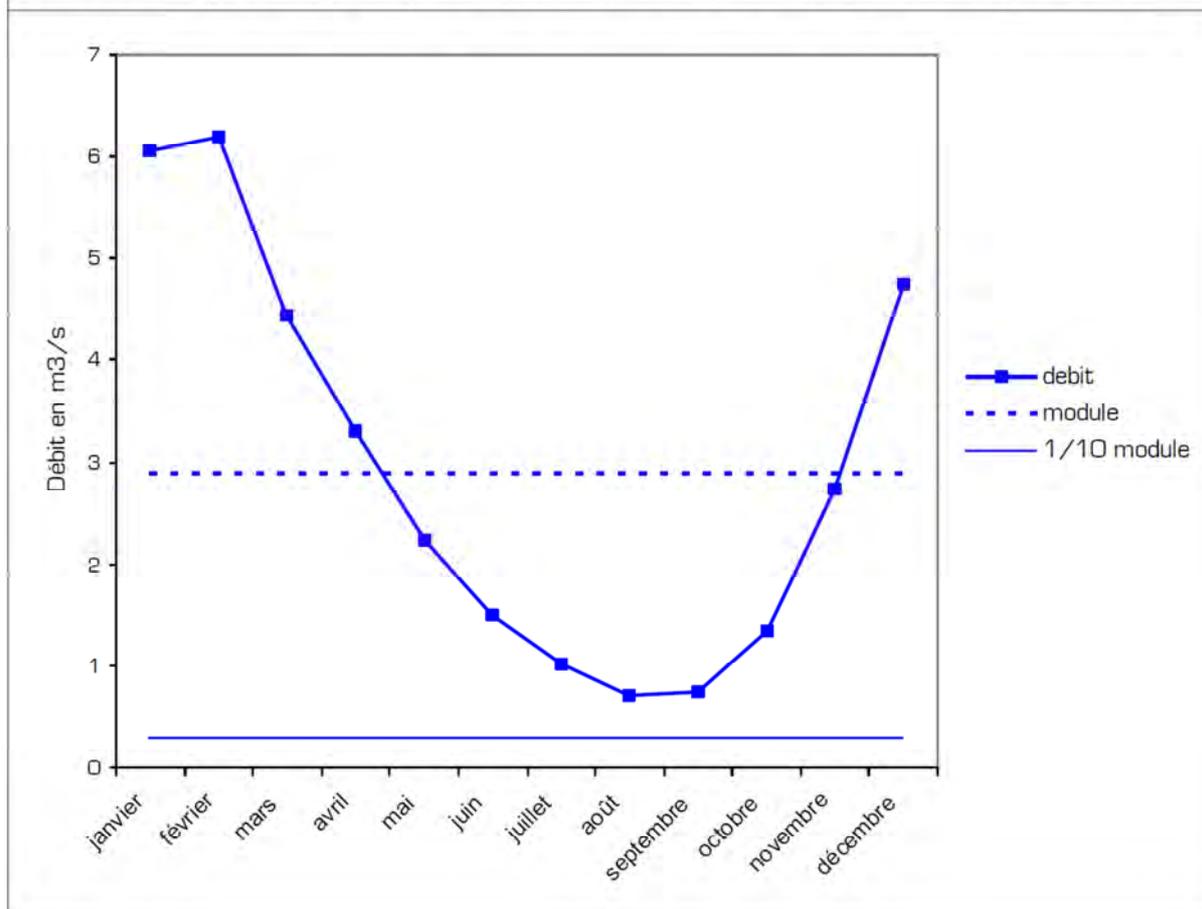
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
14,269	11,806	9,034	6,888	4,548	3,285	2,433	1,817	1,355	0,998	0,744	0,513	0,388	0,266	0,195

Débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s

janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
6,057	6,190	4,435	3,295	2,228	1,499	1,011	0,708	0,736	1,345	2,731	4,743

Débits d'étiage | Débits de crues instantanées en m<sup>3</sup>/s | Débits de crues journaliers en m<sup>3</sup>/s

DMR	QMNA	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50
0,289	0,349	20,532	30,797	36,957	43,116	50,302	15,399	22,585	26,691	30,797	36,957



## 5.2 Grille de qualité des eaux

### 5.2.1 Grille de qualité des eaux

Classe de qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité	80	60	40	20	

#### 1. Matières organiques et oxydables

Oxygène dissous (mg/l)	8	6	4	3	
Taux sat. O <sub>2</sub> (%)	90	70	50	30	
DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3	6	10	25	
DCO (mg/l O <sub>2</sub> )	20	30	40	80	
KMnO <sub>4</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3	5	8	10	
COD (mg/l C)	5	7	10	12	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l-NH <sub>4</sub> )	0,5	1,5	2,8	4	
NKJ (mg/l-N)	1	2	4	6	

#### 2. Matières azotées

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l NH <sub>4</sub> )	0,1	0,5	2	5	
NKJ (mg/l N)	1	2	4	10	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l NO <sub>2</sub> )	0,03	0,1	0,5	1	

#### 3. Nitrates

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l NO <sub>3</sub> )	2	10	25	50	
--	---	----	----	----	--

#### 4. Matières phosphorées

Phosphore total (mg/l)	0,05	0,2	0,5	1	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l PO <sub>4</sub> )	0,1	0,5	1	2	

#### 5. Particules en suspension

MES (mg/l)	5	25	38	50	
Turbidité (NTU)	2	35	70	105	
Transparence (m)	2	1,6	1,3	1	

#### 6. Couleur

Couleur (mg/l pt/Co)	15	58	100	200	
----------------------	----	----	-----	-----	--

#### 7. Température

Température (°C)	21,5	23,5	25	28	
Δ T (°C) <sup>(1)</sup>	1,5	2	2,5	3	

(1) Température à l'aval d'un rejet, après déduction de la température à l'amont.

Classe de qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité	80	60	40	20	

## 8. Minéralisation

Conductivité (µS/cm)		2500	3000	3500	4000	
Chlorures (mg/l)		62,5	125	190	250	
Sulfates (mg/l)		62,5	125	190	250	
Calcium (mg/l)	min	24	18	12	(2)	
	MAX	160	230	300	500	
Magnésium (mg/l)		50	75	100	400	
Sodium (mg/l)		200	225	250	750	
Potassium (mg/l)		12	13,5	15	70	
TA, TAC (d°F)	min	6	4,5	3	(2)	
	MAX	40	58	75	100	
Dureté (d°F)	min	8	6	4	(2)	
	MAX	50	70	90	125	

## 9. Acidification

pH	min	6,5	6,0	5,5	4,5	
	MAX	8,2	8,5	9,0	10	
Aluminium (mg/l)	pH < 6,5	0,005	0,01	0,05	0,1	
	pH > 6,5	0,1	0,2	0,4	0,8	

## 10. Micro-organismes

Coliformes thermotolérants (u/100ml) <sup>(3)</sup>		20	100	1000	2000	
Streptocoques fécaux (u/100ml)		20	100	250	400	
Coliformes totaux (u/100ml)		50	500	5000	10000	

## 11. Phytoplancton

Taux de saturation en O <sub>2</sub> (%) <sup>(4)</sup>		110	130	150	200	
pH <sup>(4)</sup>		8,0	8,5	9,0	9,5	
Δ O <sub>2</sub> (mini-maxi) (mg/l O <sub>2</sub> )		3	6	9	12	
Δ pH (mini-maxi)		0,3	0,7	1,1	1,4	
Algues (unité/ml)		2500	25000	50000	500000	
Chlorophylle a + phéopigments (µg/l)		10	60	120	240	

## 12. Micropolluants minéraux sur eau brute

Arsenic (µg/l)		10	40	70	100	
Cadmium (µg/l)						
CaCO <sub>3</sub> < 50mg/l		0,01	0,1	0,37	2,5	
50 < CaCO <sub>3</sub> < 200 mg/l		0,04	0,37	1,3	5	
CaCO <sub>3</sub> > 200 mg/l		0,09	0,85	3	5	
Chrome total (µg/l)						
CaCO <sub>3</sub> < 50mg/l		0,4	3,6	27	50	
50 < CaCO <sub>3</sub> < 200 mg/l		1,8	18	34	50	
CaCO <sub>3</sub> > 200 mg/l		3,6	36	43	50	

(2) Le plus mauvais indice de qualité pour ce paramètre est 20 (et non pas 0).

(3) assimilables à *Escherichia coli*.

(4) pH et taux de saturation doivent être pris en compte simultanément.

### 5.2.2 Conséquences des paramètres sur l'environnement

MOOX : altération par les matières organiques et oxydables			
Formule	Nom	Précisions	Effets néfastes
O <sub>2</sub>	Oxygène dissous	Dépend de la température	De nombreuses espèces aquatiques ne peuvent pas se développer dans une eau présentant des valeurs de concentration en oxygène dissous trop faible
% saturation O <sub>2</sub>	Saturation en oxygène du milieu	Rapport entre concentration observée et concentration théorique maximale	En-dessous de 75% de saturation en oxygène, la vie aquatique est perturbée Des taux de saturation en oxygène supérieurs à 120% (sursaturation) provoquent des brûlures et des lésions pour les poissons et sont le signe d'une eutrophisation importante
DCO	Demande Chimique en Oxygène	Quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques, par voie chimique et biologique	Consommation de l'oxygène dissous du milieu
DBO <sub>5</sub>	Demande Biologique en Oxygène	Quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques, par voie biologique	Signe d'une quantité importante de matière organique. Les bactéries utilisent, pour les éliminer, l'oxygène du milieu
COD	Carbone Organique Dissous	Représente la matière organique carbonée	Consommation d'oxygène du milieu
Altération par les matières azotées			
Formule	Nom	Précisions	Effets néfastes
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium	Azote réduit, se trouve en équilibre avec NH <sub>3</sub> , en fonction du pH	La forme NH <sub>3</sub> est toxique pour la faune et pour l'homme, elle prédomine en solution lorsque le pH > 9,2 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> est une substance nutritive pour les plantes
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrite	Instable en solution car état d'oxydation intermédiaire entre NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> et NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Très toxiques pour la faune, ils entraînent des mortalités de poisson importantes à partir de 0,5 mg/L
NK	Azote Kjeldahl	Somme de l'azote ammoniacal et organique	Il s'agit de l'azote réduit, qui a tendance à être oxydé dans l'eau, entraînant une consommation d'oxygène dans le milieu, préjudiciable à la faune
Altération par les nitrates			
Formule	Nom	Précisions	Effets néfastes
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrates	Stade ultime de l'oxydation de l'azote	Impact sur la production d'eau potable : seuil de potabilité fixé à 50 mg/l Participation au phénomène d'eutrophisation des cours d'eau

<b>Altération par les matières phosphorées</b>			
<b>Formule</b>	<b>Nom</b>	<b>Précisions</b>	<b>Effets néfastes</b>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phosphate	Se fixe facilement sur les sols et les sédiments	Les phosphates constituent le paramètre déterminant dans le processus d'eutrophisation car ils sont le facteur limitant de la croissance du phytoplancton
Ptot	Phosphore total	Se fixe facilement sur les sols et les sédiments	Le phosphore total constitue, lorsqu'il est piégé dans les sédiments une réserve susceptible d'être relarguée et de se transformer en orthophosphates solubles et assimilables par le phytoplancton
<b>Altération par les proliférations végétales</b>			
<b>Formule</b>	<b>Nom</b>	<b>Précisions</b>	<b>Effets néfastes</b>
Chlorophylle a + phéopigments		Molécules résultant de l'activité photosynthétique	Témoignent de l'état d'eutrophisation de l'écosystème
% saturation O <sub>2</sub>	Saturation en oxygène du milieu	Rapport entre concentration observée et concentration théorique maximale	En-dessous de 75% de saturation en oxygène, la vie aquatique est perturbée Des taux de saturation en oxygène supérieurs à 120% (sursaturation) provoquent des brûlures et des lésions pour les poissons et sont le signe d'une eutrophisation importante
Variation de pH		Différence mini-maxi	Des pH trop acides ou basiques peuvent perturber le milieu En fonction du pH, la toxicité de certains paramètres augmente (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Des variations de pH induisent des modifications des équilibres chimiques dans l'eau
Algues		Nombre d'algues par ml	Témoignent de l'état d'eutrophisation de l'écosystème Provoquent des variations du taux d'oxygène et des sursaturations pendant les périodes ensoleillées
Variation d'oxygène		Différence mini-maxi	Des variations importantes du taux d'oxygène peuvent entraîner la mort de certaines espèces du milieu aquatique
<b>Altération par les particules en suspension</b>			
<b>Formule</b>	<b>Nom</b>	<b>Précisions</b>	<b>Effets néfastes</b>
MES	Matières en suspension		Les MES, la turbidité et la transparence sont des paramètres qui sont liés. Une mauvaise qualité d'eau pour ces paramètres est due à la présence de particules organiques ou minérales dans l'eau Les effets néfastes sont le colmatage du lit (destruction de zones de frayères potentielles pour les poissons, ainsi que le colmatage des branchies des poissons, pouvant entraîner la mort par asphyxie. Les MES peuvent également gêner la pénétration de la lumière dans l'eau La décomposition des MES organiques dans la vase provoque des dégagements gazeux (H <sub>2</sub> S)
Turbidité		La turbidité de l'eau est liée à la présence de matières en suspension	
Transparence		Mesurée en mètre à partir de la surface à l'aide d'un disque blanc de Secchi, plongée dans l'eau	

## 5.3 Grille de qualité hydrobiologique

Etat écologique des cours d'eau - Invertébrés - Indice Biologique Global Normalisé

(norme NF T90-350 et circulaires DCE 2007/22 du 11 avril 2007 et son rectificatif DCE 2008/27 du 20 mai 2008 relatifs au protocole de prélèvement et de traitement des échantillons d'invertébrés)

			Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN				
			8, 7	6	5	4	3, 2, 1
IBGN		Rangs (bassin Loire-Bretagne)	8, 7, 6	5	4	3	2, 1
Hydroécocorégions de niveau 1		Rangs (autres bassins)	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits
		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2					
20	DEPOTS ARGILO SABLEUX	Cas général		15-13-9-6		15-13-9-6	15-13-9-6
		Exogène de l'HER 9		14-12-9-5			
		Exogène de l'HER 21		#	18-15-11-6		
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		#	18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6
		Exogène de l'HER 19			17-15-10-6		
3	MASSIF CENTRAL SUD	Exogène de l'HER 8			18-15-11-6		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		17-15-10-6			
		Cas général			15-13-9-6	15-13-9-6	15-13-9-6
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Exogène de l'HER 3 ou 21	#	#	18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6
		Exogène de l'HER 3 ou 21					
15	PLAINE SAONE	Exogène de l'HER 5		#	14-12-9-5		
		Cas général	#		14-12-9-5		14-12-9-5
		Exogène de l'HER 10	#				
5	JURA / PRE-ALPES DU NORD	Cas général		#	14-12-9-5	14-12-9-5	14-12-9-5
		Exogène de l'HER 2	#		14-11-8-5		
TTGA	FLEUVES ALPINS	Cas général	#				
2	ALPES INTERNES	Cas général		14-11-8-5	14-11-8-5		14-11-8-5
		Cas général			15-12-9-5		15-12-9-5
7	PRE-ALPES DU SUD	Exogène de l'HER 2	#	14-11-8-5			
		Exogène de l'HER 2 ou 7					
		Exogène de l'HER 7		16-13-9-6			
6	MEDITERRANEE	Exogène de l'HER 8	#	15-13-9-6			
		Exogène de l'HER 1		16-14-10-6			
		Cas général		16-14-10-6	16-14-10-6		16-14-10-6
		Cas général		15-13-9-6		15-13-9-6	
8	CEVENNES	A-her2 n°70		14-12-9-5		14-12-9-5	
		A-her2 n°22		17-15-10-6	16-14-10-6		16-14-10-6
16	CORSE	B-her2 n°88			17-15-10-6		17-15-10-6
		Cas général				14-12-9-5	
19	GRANDS CAUSSES	Exogène de l'HER 8		17-15-10-6			
		Cas général				15-13-9-6	15-13-9-6
11	CAUSSES AQUITAINS	Exogène de l'HER 3 et/ou 21	#	17-15-10-6	17-15-10-6		17-15-10-6
		Exogène des HER 3, 8, 11 ou 19	#	17-15-10-6	17-15-10-6		17-15-10-6
		Exogène de l'HER 3 ou 8		17-15-10-6			
14	COTEAUX AQUITAINS	Cas général		15-13-9-6		15-13-9-6	15-13-9-6
		Exogène de l'HER 1	#	#	16-14-10-6	16-14-10-6	
13	LANDES	Cas général		15-13-9-6		15-13-9-6	15-13-9-6
1	PYRENEES	Cas général		#	16-14-10-6	16-14-10-6	16-14-10-6
12	ARMORICAIN	A-Centre-Sud		#	15-13-9-6	15-13-9-6	15-13-9-6
		B-Ouest-Nord Est			16-14-10-6	16-14-10-6	16-14-10-6
TTGL	LA LOIRE	Cas général	#				
9	TABLES CALCAIRES	A-her2 n°57			14-12-9-5	14-12-9-5	
		Cas général	#	14-12-9-5	14-12-9-5	16-14-10-6	16-14-10-6
		Exogène de l'HER 10		16-14-10-6	16-14-10-6		
10	COTES CALCAIRES EST	Exogène de l'HER 21	#	#	18-15-11-6		
		Exogène de l'HER 21					
		Cas général	#	16-14-10-6	16-14-10-6	15-13-9-6	15-13-9-6
4	VOSGES	Exogène de l'HER 4		#	15-13-9-6		
		Cas général			15-13-9-6	15-13-9-6	15-13-9-6
22	ARDENNES	Exogène de l'HER 10	#				
		Cas général			18-15-11-6	18-15-11-6	18-15-11-6
18	ALSACE	Cas général			15-13-9-6		15-13-9-6
		Exogène de l'HER 4		#	15-13-9-6	15-13-9-6	

IBGN		Rangs (bassin Loire-Bretagne)		Valeur de référence par type pour l'IBGN				
		Rangs (autres bassins)		8, 7	6	5	4	3, 2, 1
Hydroécocorégions de niveau 1		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2		8, 7, 6	5	4	3	2, 1
				Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Tres Petits
20	DEPOTS ARGILO SABLEUX	Cas général		#	16		16	16
		Exogène de l'HER 9			15			
		Exogène de l'HER 21			#	19		
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général					19	19
		Cas général		#	19	19		19
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général				18		
		Exogène de l'HER 19				18		
		Exogène de l'HER 8				19		
		Exogène de l'HER 19 ou 8			18			
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Cas général				16	16	16
		Exogène de l'HER 3 ou 21		#	#	19	19	19
15	PLAINE SAONE	Exogène de l'HER 3 ou 21						
		Exogène de l'HER 5			#	15		
		Cas général		#		15		15
5	JURA / PRE-ALPES DU NORD	Exogène de l'HER 10		#				
		Cas général		#	#	15	15	15
TTGA	FLEUVES ALPINS	Exogène de l'HER 2		#		15		
		Cas général		#				
2	ALPES INTERNES	Cas général				15	15	15
		Cas général				15		15
6	MEDITERRANEE	Exogène de l'HER 2		#		14		
		Exogène de l'HER 2 ou 7						
		Exogène de l'HER 7			16			
		Exogène de l'HER 8		#		16		
		Exogène de l'HER 1		#		17		
8	CEVENNES	Cas général				17	17	17
		Cas général				16		16
		A-her2 n°70				15		15
16	CORSE	A-her2 n°22			18	17	17	
		B-her2 n°88				18		18
19	GRANDS CAUSSES	Cas général					15	
		Exogène de l'HER 8				18		
11	CAUSSES AQUITAINS	Cas général					16	16
		Exogène de l'HER 3 et/ou 21		#	18	18	18	
		Exogène des HER 3, 8, 11 ou 19		#	18	18		
14	COTEAUX AQUITAINS	Exogène de l'HER 3 ou 8				18		
		Cas général				16	16	16
		Exogène de l'HER 1		#	#	17	17	
		Cas général				16	16	16
13	LANDES	Cas général				17	17	17
		Cas général			#	17	17	17
12	ARMORICAIN	A-Centre-Sud				16	16	16
		B-Ouest-Nord Est			#	17	17	17
TTGL	LA LOIRE	Cas général		#				
		A-her2 n°57				15	15	
		Cas général		#	15	15	17	17
		Exogène de l'HER 10			17	17		
10	COTES CALCAIRES EST	Exogène de l'HER 21		#	#	19		
		Cas général		#	17	17	16	16
		Exogène de l'HER 4				16		
4	VOSGES	Cas général				16	16	16
		Exogène de l'HER 10		#				
22	ARDENNES	Cas général				19	19	19
		Cas général				16		16
18	ALSACE	Exogène de l'HER 4			#	16	16	
		Cas général						

## Etat écologique des cours d'eau - Diatomées – Indice Biologique Diatomées (norme NF T90-354 – publiée en décembre 2007)

		Valeurs inférieures des limites de Classes d'Etat Ecologique par type					
		Rangs (bassin Loire-Bretagne)	8, 7	6	5	4	3, 2, 1
IBD 2007		Rangs (autres bassins)	8, 7, 6	5	4	3	2, 1
Hydroécorégions de niveau 1	Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits	
20	DEPOTS ARGILO SABLEUX	Cas général		16.5 - 14 - 10.5 - 6		16.5 - 14 - 10.5 - 6	
		Exogène de l'HER 9		16.5 - 14 - 10.5 - 6			
		Exogène de l'HER 21					
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
		Cas général		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général			#		
		Exogène de l'HER 19			#		
		Exogène de l'HER 8			#		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		17 - 14.5 - 10.5 - 6			
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Cas général			16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 3 ou 21	#	#	#	#	#
		Exogène de l'HER 3 ou 21					
15	PLAINE SAONE	Exogène de l'HER 5		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5		
		Cas général	17 - 14.5 - 10.5 - 6		17 - 14.5 - 10.5 - 6		17 - 14.5 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 10	17 - 14.5 - 10.5 - 6				
5	JURA / PRE-ALPES DU NORD	Cas général		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
		Exogène de l'HER 2	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5			
TTGA	FLEUVES ALPINS	Cas général	#				
2	ALPES INTERNES	Cas général		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5		18 - 16 - 13 - 9.5
		Cas général			18 - 16 - 13 - 9.5		18 - 16 - 13 - 9.5
7	PRE-ALPES DU SUD	Cas général					
		Exogène de l'HER 2	17 - 14.5 - 10.5 - 6				
		Exogène de l'HER 2 ou 7		18 - 16 - 13 - 9.5			
		Exogène de l'HER 7		18 - 16 - 13 - 9.5			
		Exogène de l'HER 8		18 - 16 - 13 - 9.5			
		Exogène de l'HER 1	17 - 14.5 - 10.5 - 6		18 - 16 - 13 - 9.5		
		Cas général		17 - 14.5 - 10.5 - 6		17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6
8	CEVENNES	Cas général		18 - 16 - 13 - 9.5		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
		A-her2 n°70		18 - 16 - 13 - 9.5		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
16	CORSE	A-her2 n°22		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
		B-her2 n°88		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
19	GRANDS CAUSSES	Cas général				18 - 16 - 13 - 9.5	
		Exogène de l'HER 8		18 - 16 - 13 - 9.5			
11	CAUSSES AQUITAINS	Cas général				17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 3 et/ou 21	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	
		Exogène des HER 3, 8, 11 ou 19	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6		
		Exogène de l'HER 3 ou 8		17 - 14.5 - 10.5 - 6			
		Cas général		17 - 14.5 - 10.5 - 6		17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 1	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	
13	LANDES	Cas général			18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
1	PYRENEES	Cas général		18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5	18 - 16 - 13 - 9.5
12	ARMORICAIN	A-Centre-Sud		16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
		B-Ouest-Nord Est		16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
TTGL	LA LOIRE	Cas général	17 - 14.5 - 10.5 - 6				
		A-her2 n°57			17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	
9	TABLES CALCAIRES	Cas général	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 10	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6		
		Exogène de l'HER 21	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6		
		Exogène de l'HER 21		17 - 14.5 - 10.5 - 6			
10	COTES CALCAIRES EST	Cas général	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6
		Exogène de l'HER 4		17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6		
4	VOSGES	Cas général		16.5 - 14 - 10.5 - 6		16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
22	ARDENNES	Exogène de l'HER 10	16.5 - 14 - 10.5 - 6			16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
		Cas général		16.5 - 14 - 10.5 - 6		16.5 - 14 - 10.5 - 6	16.5 - 14 - 10.5 - 6
		Cas général			17 - 14.5 - 10.5 - 6		17 - 14.5 - 10.5 - 6
18	ALSACE	Exogène de l'HER 4		17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	17 - 14.5 - 10.5 - 6	

IBD2007			Valeur de référence par type pour l'IBD2007					
			Rangs (bassin Loire-Bretagne)	8, 7	6	5	4	3, 2, 1
Hydroécocorégions de niveau 1			Rangs (autres bassins)	8, 7, 6	5	4	3	2, 1
Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2			Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits	
20	DEPOTS ARGILO SABLEUX	Cas général		17,5		17,5		
		Exogène de l'HER 9		17,5				
		Exogène de l'HER 21						
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		17,5	17,5	17,5	17,5	
		Exogène de l'HER 19		19	19	19	19	
3	MASSIF CENTRAL SUD	Cas général						
		Exogène de l'HER 19			#			
		Exogène de l'HER 8			#			
		Exogène de l'HER 19 ou 8		18				
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Cas général			17,5	17,5	17,5	
		Exogène de l'HER 3 ou 21	#	#	#	#	#	
		Exogène de l'HER 3 ou 21						
15	PLAINE SAONE	Exogène de l'HER 5		19	19			
		Cas général	18			18	18	
		Exogène de l'HER 10	18					
5	JURA / PRE-ALPES DU NORD	Cas général		19	19	19	19	
		Exogène de l'HER 2	19	19				
ITGA	FLEUVES ALPINS	Cas général	#					
2	ALPES INTERNES	Cas général		19	19	19	19	
		Exogène de l'HER 3 ou 21			19		19	
7	PRE-ALPES DU SUD	Cas général			19		19	
		Exogène de l'HER 2	18	19				
		Exogène de l'HER 2 ou 7		19				
6	MEDITERRANEE	Exogène de l'HER 7		19				
		Exogène de l'HER 8	18	19				
		Exogène de l'HER 1		19				
		Cas général		18	18		18	
8	CEVENNES	Cas général		19			19	
		A-her2 n°70			19		19	
		A-her2 n°22		19	19	19	19	
16	CORSE	B-her2 n°88		19		19	19	
		Cas général				19		
19	GRANDS CAUSSES	Exogène de l'HER 8		19				
11	CAUSSES AQUITAINS	Cas général				18	18	
		Exogène de l'HER 3 et/ou 21	18	18	18	18		
		Exogène des HER 3, 8, 11 ou 19	18	18	18			
		Exogène de l'HER 3 ou 8			18			
		Cas général			18	18	18	
13	LANDES	Exogène de l'HER 1	18	18	18	18		
		Cas général				19	19	
1	PYRENEES	Cas général		19	19	19	19	
12	ARMORICAIN	A-Centre-Sud		17,5	17,5	17,5	17,5	
		B-Ouest-Nord Est			17,5	17,5	17,5	
TTGL	LA LOIRE	Cas général	18					
9	TABLES CALCAIRES	A-her2 n°57			18	18		
		Cas général	18	18	18	18	18	
		Exogène de l'HER 10		18	18			
10	COTES CALCAIRES EST	Exogène de l'HER 21	18	18	18			
		Exogène de l'HER 21						
		Cas général		18	18	18	18	
4	VOSGES	Exogène de l'HER 4	18	18	18			
		Cas général			17,5	17,5	17,5	
22	ARDENNES	Exogène de l'HER 10	17,5					
		Cas général		17,5		17,5	17,5	
18	ALSACE	Cas général				18	18	
		Exogène de l'HER 4		18	18	18		

## 5.4 Données piscicoles

### 5.4.1 Typologie de Verneaux

#### PEUPELEMENTS ICHTYOLOGIQUES POTENTIELS ASSOCIES AUX TYPES DE COURS D'EAU

Niveau typo	(sup) zone à truite (inf)				Zone à ombre		Zone à barbeau		Zone à brème
	B0-B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
	Sources et ruisselets secteurs peu piscicole	Ruisseaux de sources d'altitude	Ruisseaux de montagne	Petites rivières froides	Rivières de pré-montagne	Rivières fraîches	Cours d'eau de plaine aux eaux plus chaudes	Grands cours d'eau de plaine	Bras morts noués, grands cours d'eau lents et chauds
OMBLE DE FONTAINE	▨	▨	▨	▨					
CHABOT	▨	▨	▨	▨	▨	▨			
TRUITE	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨		
VAIRON		▨	▨	▨	▨	▨	▨		
LOCHE FRANCHE			▨	▨	▨	▨	▨	▨	
OMBRE COMMUN				▨	▨	▨	▨	▨	
GOUJON				▨	▨	▨	▨	▨	▨
CHEVESNE				▨	▨	▨	▨	▨	▨
HOTU					▨	▨	▨	▨	
LOTTE					▨	▨	▨	▨	
VANDOISE					▨	▨	▨	▨	
SPIRLIN					▨	▨	▨	▨	
BARBEAU						▨	▨	▨	
PERCHE						▨	▨	▨	▨
BROCHET						▨	▨	▨	▨
BOUVIERE						▨	▨	▨	▨
GARDON						▨	▨	▨	▨
TANCHE						▨	▨	▨	▨
CARPE						▨	▨	▨	▨
GREMILLE						▨	▨	▨	▨
ABLETTE						▨	▨	▨	▨
SANDRE						▨	▨	▨	▨
PERCHE-SOLEIL						▨	▨	▨	▨
BREME							▨	▨	▨
BREME BORDELIERE							▨	▨	▨
ROTENGLE							▨	▨	▨
POISSON CHAT							▨	▨	▨
BLACK BASS							▨	▨	▨



Espèce centrale  
Abondance optimale



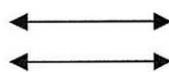
Espèce intermédiaire  
Abondance moyenne



Espèce marginale  
Abondance faible

#### Zonation piscicole théorique

Zone salmonicole  
Zone mixte  
Zone cyprinicole



#### Niveau typologique théorique

B2-B3-B4  
B4-B5-B6  
B6-B7-B8

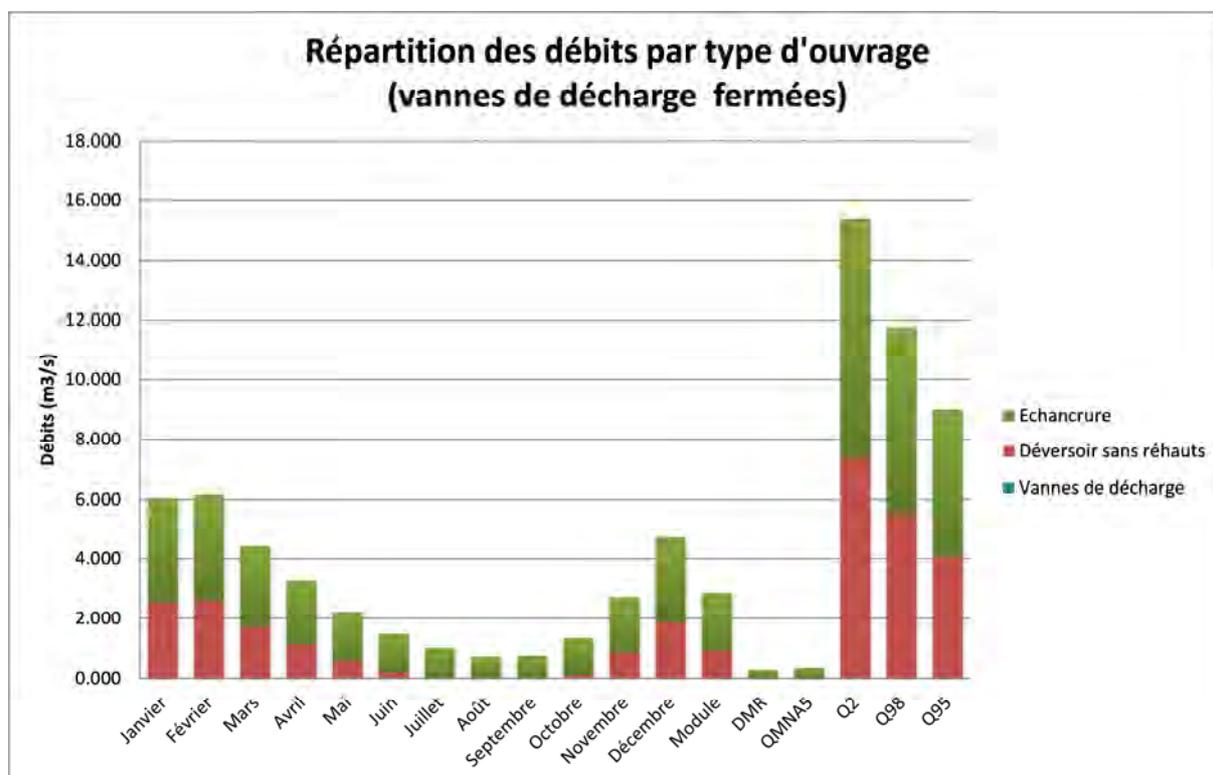
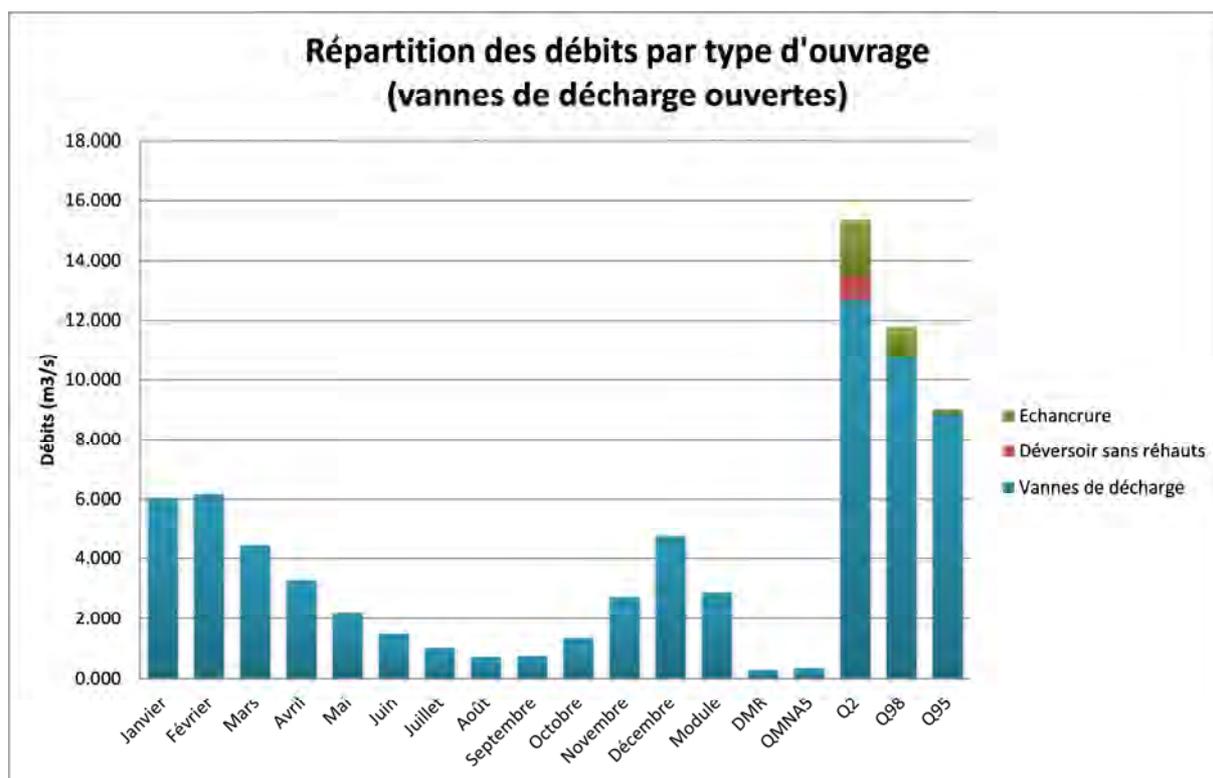
### 5.4.2 Codes poissons

ABL :	ablette
APR :	apron
APP :	Ecrevisse à patte blanche
BAF :	barbeau fluviatile
BAM :	barbeau méridional
BBG :	black bass à grande bouche
BLE :	blennie fluviatile
BLN :	blageon
BOU :	bouvière
BRB :	brème bordelière
BRE :	brème
BRO :	brochet
CAS :	carassin
CCO :	carpe commune
CCU :	carpe cuir
CHA :	chabot
CHE :	chevesne
CMI :	carpe miroir
COR :	corégones
CRI :	crisivomer
EPI :	épinoche
EPT :	épinochette
FLE :	flet
GAR :	gardon
GOU :	goujon
GRE :	grémille
HOT :	hotu
LOF :	loche franche
LOR :	loche de rivière
LOT :	lote
LPP :	lamproie de planer
OBL :	omble chevalier
OBR :	ombre commun
PCH :	poisson-chat
PCF :	perche fluviatile
PER :	perche
PES :	perche soleil
PFL :	écrevisse passive
ROT :	rotengle
SAN :	sandre
SDF :	saumon de fontaine
SIL :	silure glane
SPI :	spirin
TAC :	truite arc-en-ciel
TAN :	tanche
TOX :	toxostome
TRF :	truite fario
TRL :	truite de lac
VAI :	vairon
VAN :	vandoise

#### **Espèces amphibiotes :**

ALA :	grande alose
ALF :	alose feintée
ANG :	anguille
EST :	esturgeon
LPM :	lamproie marine
LPR :	lamproie de rivière
SAT :	saumon atlantique
TRM :	truite de mer

## 5.5 Graphe de répartition des débits pour le scénario 4



## 6 CARTES ET PLANS