

Annexe 8

Mémoire technique



CENTRALE HYDROELECTRIQUE DU MOULIN GRAND

COURS D'EAU : L'ALAGNON
COMMUNE : MASSIAC
DEPARTEMENT : LE CANTAL (15)

PETITIONNAIRE : **BABEL HYDRO**

SEPTEMBRE 2023

SOMMAIRE

A-	Nomenclature sur l'Eau	3
B-	Nature, consistante, le volume et l'objet des ouvrages	5
C-	Présentation du moulin actuel	8
1.	INTRODUCTION	8
2.	DESCRIPTION DES OUVRAGES	9
2.1.	SEUIL SUR L'ALAGNON	10
2.2.	PRISE D'EAU DU CANAL D'AMENEE	11
2.3.	CANAL D'AMENEE	11
2.4.	PRISE D'EAU ET CENTRALE	12
2.5.	CANAL DE RESTITUTION	14
D-	Projet d'augmentation de puissance	15
1.	TRAVAUX PREVUS	15
2.	FONCTIONNEMENT ACTUEL DE LA CENTRALE	15
3.	FONCTIONNEMENT FUTUR DE LA CENTRALE	15
E-	Débits réservés et ouvrages pour la continuité écologique	16
1.	DEBIT RESERVE	16
1.1.	VALEUR DU DEBIT RESERVE	16
1.2.	DELIVRANCE DU DEBIT RESERVE	17
2.	OUVRAGES POUR LA MONTAISON	18
2.1.	PASSE A POISSONS AU NIVEAU DU SEUIL	18
2.2.	PASSE A POISSONS AU NIVEAU DE L'USINE	19
2.2.1.	PASSE A POISSONS EXISTANTE	19
2.2.2.	ADAPTATION DE LA PASSE ENVISAGE	20
3.	OUVRAGES POUR LA DEVALAISON	24
3.1.	PLAN DE GRILLE	24
3.2.	DEVALAISON VERS L'AVAL	25

A- Nomenclature sur l'Eau

Les rubriques définies au tableau de l'article R214-1 du Code de l'Environnement concernées par le projet d'augmentation de puissance de la centrale du Moulin Grand sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

RUBRIQUE	INTITULE	REGIME
1.2.1.0	<p>A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L.214-9 du Code de l'Environnement, prélèvements et installation et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :</p> <p>1° D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1000 m³/heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (A).</p> <p>2° D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1000 m³/h ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (D).</p>	<p>36 000 m³/heure => Autorisation</p> <p>Note : L'intégralité des débits est restituée en aval de la turbine 18 000 m³/heure sont déjà autorisés</p>
2.2.1.0	<p>Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2. 1. 5. 0 ainsi que des rejets des ouvrages visés aux rubriques 2. 1. 1. 0 et 2. 1. 2. 0, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 10 000 m³/j ou à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (A)</p> <p>2° Supérieure à 2 000 m³/j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieure à 10 000 m³/j et à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (D)</p>	<p>36 000 m³/heure => Autorisation</p> <p>Note : Pas de modification des qualités physico chimiques de l'eau 18 000 m³/heure sont déjà autorisés</p>
3.1.1.0	<p>Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</p> <p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;</p> <p>2° Un obstacle à la continuité écologique :</p> <p>a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ;</p> <p>b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation(D).</p> <p>Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.</p>	<p>Seuil créant une chute de 3,1 m en eaux moyennes => Autorisation</p> <p>Note : le seuil est existant et est déjà autorisé</p>

RUBRIQUE	INTITULE	REGIME
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3. 1. 4. 0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau : 1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D). Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.	Tronçon court-circuité de 365 m => Autorisation
3.2.3.0	Plans d'eau, permanents ou non : 1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) ; 2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D)	Retenue créée par le seuil de 7 240 m² => Déclaration Retenue déjà autorisée

Le projet est donc soumis à **AUTORISATION** au titre des rubriques **1.2.1.0, 2.2.1.0, 3.1.1.0 et 3.1.2.0 de la nomenclature sur l'eau** et **DECLARATION** au titre de la rubrique **3.2.3.0**.

B- Nature, consistante, le volume et l'objet des ouvrages

La centrale hydroélectrique de Moulin Grand est réalisée au niveau d'un ancien moulin fondé en titre.

Les caractéristiques de l'aménagement autorisé sont les suivantes :

- Puissance maximale brute : 283 kW ;

Il est prévu de solliciter une augmentation de puissance de 283 kW. Aucune modification des ouvrages et des équipements n'est requise, en dehors de travaux pour la continuité écologique.

Localisation

- Adresse centrale : Moulin Grand – 15 500 Massiac
- Cours d'eau : L'Alagnon

Hydrologie

- Module : 8,26 m³/s
- Débit crue cinquantennale : 210 m³/s
- Débit d'étiage (QMN_A quinquennale sèche) : 1,20 m³/s

Débits projet :

- Débit maximal dérivé actuel : 5,0 m³/s (+ 0,1 m³/s pour réalimenter le bief et 0,25 m³/s pour la passe à poissons à la centrale)
- Débit maximal dérivé après augmentation puissance : 10,0 m³/s (+ 0,1 m³/s pour réalimenter le bief)
- Débit maximum turbiné (après augment. de puissance) : 10 m³/s
- Débit réservé actuel : 870 l/s
- Débit réservé proposé (avec augmentation puissance) : 1600 l/s
- Débit passe à poisson Centrale : 250 l/s
- Débit dévalaison : 900 l/s

Niveaux eaux et hauteurs de chute

- Niveau eau amont normal : 539,77 m
- Niveau eau amont exceptionnel (Crue) : 541,49 m
- Niveau eau aval : 534,00 m
- Chute brute eau moyenne : 5,77 m

Seuil :

- Type : Ouvrage de maçonnerie
- Hauteur au-dessus du terrain naturel : 3,7 m
- Chute au niveau du seuil : 3,1 m
- Longueur en crête : 61 m dont 31 m de déversoir
- Cote NGF de la crête du barrage : 539,77 m

Plan d'eau crée :

- Longueur : 400 m
- Superficie : 7 240 m²
- Volume : 15 000 m³

Il convient de noter que le seuil est existant et qu'aucune superficie additionnelle ne sera inondée par rapport à la situation actuelle.

Le seuil a une hauteur H de 3,7 m au-dessus du terrain naturel et crée un réservoir V de 0,015 millions de m³.

$$H^2 \times V^{0,5} = 1,68 < 20$$

Compte tenu de ces caractéristique, le seuil ne fait pas partie des ouvrages classés A, B ou C au sens de l'Article R. 214-112 du Code de l'Environnement.

Vannes de décharge du seuil : 2 vannes actuelles maintenues :

- Largeur : 3,7 m
- Cote seuil : 538,46 m

Circuit de dérivation :

- Canal d'amenée :
 - o Longueur : 208 m
- Canal de restitution :
 - o Longueur : 120 m

Configuration des unités :

2 turbines Kaplan Siphon de 5 m³/s chacune – 227 kW nets

Régulation des débits :

- Régulation des débits : Aucune – Centrale au fil de l'eau

Projet en amont : Moulin de Courcelle :

0,60 km en amont sur l'Alagnon.

Le projet n'aura aucun impact dans la mesure où les caractéristiques du seuil ne sont pas modifiées.

Projet en aval : Moulin de Notre Dame:

1,87 km en aval sur l'Alagnon.

Le projet n'aura aucun impact dans la mesure où il n'y a aucune altération du régime de la rivière.

Puissances :

- Augmentation de puissance : Puissance maximale brute hydraulique (5,77 m de chute et 5 m³/s turbinés) : 283 kW
- Puissance maximale brute après augmentation de puissance : 566 kW
- Production annuelle ; 1 486 000 kWh/an

Puissance	ACTUEL	FUTUR
Puissance maximale brute P.M.B. ($g \times Q \times H$)	$9,81 \times 5 \times 5,77 =$ 283 kW	$9,81 \times 10 \times 5,77 =$ 566 kW
Puissance maximale disponible P.M.D. ($\rho \times g \times Q \times (H-p)$)	$8,4 \times 5 \times 5,4 =$ 227 kW	$8,4 \times 10 \times 5,4 =$ 433 kW
Production annuelle	987 000 kWh	1 486 000 kWh

Capacité de production, les techniques utilisées, ses rendements énergétiques et les durées prévues de fonctionnement

- Capacité de production :
 - o Débit équipé total : 10 m³/s
 - o Débit armement : 2 m³/s
 - o Puissance nette maximale : 433 kW
- Techniques utilisées
 - o Dérivation par canal d'amenée et de restitution
 - o Type de turbine : Kaplan simple réglage à axe incliné
 - o Type multiplicateur : A courroie
 - o Type génératrice : Asynchrone
- Rendements énergétiques :
 - o Rendement groupe turbine/génératrice : 86%
- Durée de fonctionnement :
 - o Durée : Toute l'année, 24/24H en fonction des débits disponibles.

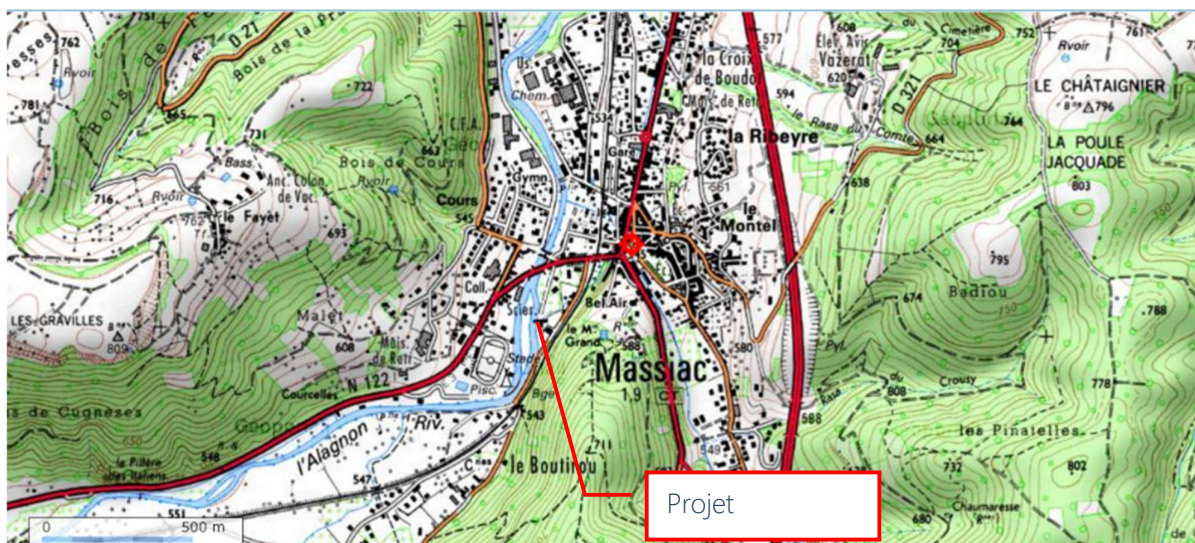
C- Présentation du moulin actuel

1. INTRODUCTION

Le présent document a pour objet de décrire les ouvrages actuels du Moulin Grand à Massiac (Cantal).

Les principales caractéristiques du projet actuel sont :

- Cours d'eau : L'Alagnon ;
- Superficie bassin versant : 518 km² ;
- Localisation : Massiac – Cantal ;
- Niveau amont (Seuil) : 539,77 m
- Chute brute : 5,77 m ;
- Débit dérivé autorisé : 5 m³/s ;
- Projet fondé en titre : Arrêtés préfectoraux du 26/06/1990, 14/03/2012 et 16/07/2013



Carte – Localisation projet

2. DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les ouvrages qui constituent le projet actuel sont :

- Seuil équipé
- Passe à poissons en marge gauche du seuil ;
- Vannes de décharges du seuil ;
- Prise d'eau du canal d'amenée équipée de 3 vannes de tête ;
- Canal d'amenée ;
- Prise d'eau de la centrale et bâtiment de la centrale ;
- Passe à poissons au niveau de la centrale (ou usine) ;
- Canal de restitution.



Photographie aérienne – Projet

2.1. SEUIL SUR L'ALAGNON

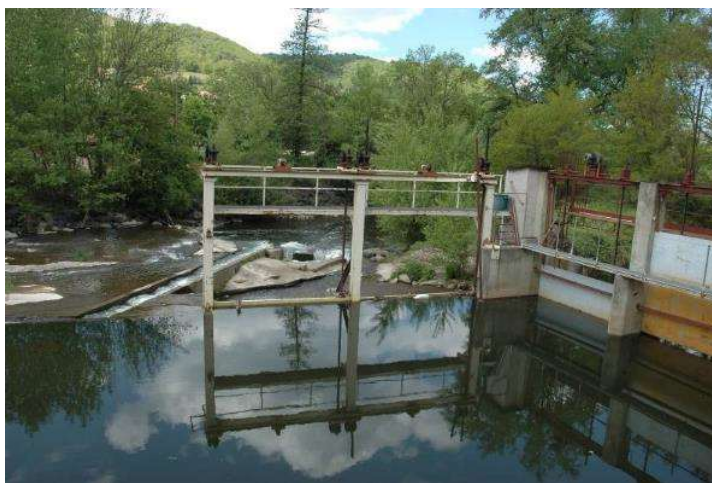
L'ouvrage considéré est un barrage transversal sur l'Alagnon. C'est un barrage maçonné sur environ 61 m. Sa crête est à la cote 539,77 m. Sa hauteur, par rapport à sa base, est de l'ordre de 3,7 m.

Le seuil a une crête déversoir en ligne brisée de 31 m.



Photographie – Seuil

L'ouvrage comporte 2 vannes de décharge en rive droite, de 3,7 m de large et leur seuil est à la cote 538,47 m. Les vannes sont motorisées.



Photographie – Vanne décharge seuil

Une passe à poissons de type naturelle à enrochements régulièrement répartis a été réalisée en marge gauche du seuil en 2013. Le Chapitre E présente plus en détail les passes à poissons.

Cette passe à poissons est dimensionnée pour un débit de 500 l/s et est conçue pour la montaison des saumons et des truites.

2.2. PRISE D'EAU DU CANAL D'AMENEE

Le seuil présente une prise d'eau en rive droite équipée de vannes de régulation : 3 vannes de 3,2 m de large manœuvrées avec des crics électriques. Les seuils des vannes sont à la cote 538,32 m.

La prise d'eau est équipée d'une sonde de niveau, d'un câble téléphonique enterré pour la transmission d'informations et un câble électrique pour la transmission de puissance.



Photographie – Vanne prise d'eau

La section des vannes est de $\sim 14 \text{ m}^2$. Cette section est compatible avec un débit dérivé de $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il est prévu d'installer un dispositif de dévalaison au niveau de la prise d'eau. Celle-ci est présentée au Chapitre E.

2.3. CANAL D'AMENEE

D'une longueur de 208 m, le canal a une largeur moyenne de 10 m et une profondeur de 1,4 m.



Photographie - Canal d'amenée

Ce canal d'une section de 14 m^2 , est en mesure de dériver les $10,10 \text{ m}^3/\text{s}$ projetés.

2.4. PRISE D'EAU ET CENTRALE

La prise d'eau de la centrale a une largeur de 15 m et une profondeur de 1,3 m, soit une section de 19,5 m². Elle est équipée d'un plan de grilles. La prise d'eau est munie d'un dégrilleur équipé d'une goulotte de défeuillage.



Photographie – Prise d'eau

La prise d'eau comporte un clapet latéral de 3 m de large et 1 m de hauteur afin de permettre l'évacuation des flottants devant la prise d'eau.

Une passe à poissons relie la prise d'eau au canal de restitution, pour permettre la montaison des poissons qui arriveraient à la restitution des turbines. Cette passe à poissons sera adaptée et est présentée au Chapitre E.

Les équipements de la centrale :

- Dégrilleur :
 - Fabrication : Neyrpic
 - Type : A pas de pèlerin
 - Fonctionnement : Avec minuterie ou manuel
- Vannes de garde des turbines :
 - 2 vannes à commande hydraulique
 - 2 centrales hydrauliques de commande des vannes
- Turbines :
 - Nombre : 2
 - Type : Kaplan à axe incliné simple régulation (Pâles réglables)
 - Marque : Dumont
 - Débit équipé : 5000 l/s
 - Puissance nominale : 227 kW
 - Année construction : ~1983
 - 2 centrales hydrauliques pour commandes des turbines

- Génératrice :
 - Nombre : 2
 - Entraînée par une courroie plate
 - Type : Asynchrone
 - Marque : Siemens
 - Rembobinés en 2007
 - Puissance maxi : 250 KVA
 - Tension production : 400 V
 - Année de construction : 1983

- Transformateur principal :
 - Marque : France Transfo
 - Basse tension : 500 V
 - Haute tension : 20 000 V
 - Puissance : 800 KVA
 - Année de construction : 1983

- Tension de raccordement : 20 KV

Les installations électriques ont été rénovées en 2012.

L'état général des équipements est bon. Les équipements sont conçus pour un débit de 10 m³/s et une puissance totale de 433 kW nets.



Photographie – Turbine et alternateur



Photographie – Armoire automatique



Photographie – Tableaux HT

CENTRALE HYDROELECTRIQUE DU MOULIN GRAND

2.5. CANAL DE RESTITUTION



Photographie – Canal de restitution

D'une longueur de 120 m, le canal a une largeur moyenne de 11 à 15 m. La profondeur dépend du niveau aval et donc du débit. Ce canal a une capacité de plus de 10,00 m³/s.

D- Projet d'augmentation de puissance

La centrale et tous les ouvrages hydrauliques sont aujourd'hui dimensionnés pour 10 m³/s. Le projet consiste à exploiter la centrale avec ce débit de 10 m³/s, soit une augmentation de 5 m³/s par rapport au débit dérivé actuel autorisé.

La puissance maximale brute actuelle est de 283 kW. La puissance future sera de 566 kW.

Le productible moyen attendu est de 1 486 000 kWh/an, contre 987 000 kWh/an aujourd'hui.

1. TRAVAUX PREVUS

Les ouvrages sont dimensionnés pour un débit de 10 m³/s et cette augmentation de puissance n'implique pas de modification des ouvrages.

La principale modification est une augmentation du débit réservé à 1200 l/s, l'adaptation de la passe à poissons de la centrale et la mise en place d'une dévalaison en tête de canal d'amenée (Voir Chapitre E).

L'augmentation de puissance n'implique aucune modification des ouvrages actuels en dehors de la mise en place de la dévalaison et de l'adaptation de la passe à poissons de la centrale.

2. FONCTIONNEMENT ACTUEL DE LA CENTRALE

La centrale est une centrale au fil de l'eau qui fonctionne en régulation de niveau.

La centrale fonctionne avec une seule turbine Kaplan de type simple régulation, la régulation étant effectuée en régulant l'ouverture ou la fermeture des pâles de la turbine. La seconde turbine sert de turbine de secours, les deux turbines ne fonctionnant pas ensemble.

La turbine a un débit nominal de 5 m³/s et un débit minimum de 2 m³/s.

3. FONCTIONNEMENT FUTUR DE LA CENTRALE

Le débit additionnel turbiné est de 5 m³/s. Le débit total turbiné sera de 5 + 5 = 10 m³/s, soit le débit des 2 turbines actuelles. Aucune turbine additionnelle n'est envisagée.

Le mode de fonctionnement est proche du mode actuel. La centrale fonctionne d'abord avec une turbine. Lorsque la turbine est ouverte complètement et que le débit dépasse le niveau normal d'exploitation, la seconde turbine est progressivement ouverte jusqu'à ce que le niveau soit maintenu au niveau du niveau normal d'exploitation.

E- Débits réservés et ouvrages pour la continuité écologique

1. DEBIT RESERVE

1.1. VALEUR DU DEBIT RESERVE

L'association LOGRAMI a réalisé des suivis sur les migrateurs amphihalins au niveau de l'Alagnon. Il s'agit notamment du rapport sur les poissons grands migrateurs de Loire dans le contexte de l'Alagnon (LOGRAMI, C. Leon & A. Baisez, 2020).

Les pourcentages de capacité d'accueil de juvéniles actuels sur le bassin de l'Allier rapportés à 100% font état de 13% de capacité de production (équivalent radier-rapide) sur l'Alagnon dont 75% en amont de Chambezou.

L'Axe Allier-Alagnon accueille 82% des saumons. Cependant, il faut noter l'absence de station de comptage sur l'Alagnon qui ne permet pas de connaître la part de cet axe. Les principaux résultats sont ceux du radio pistage de 2009 : Suivi de la migration du saumon sur l'Allier par radiopistage entre Vichy et les zones de frayères en 2009 par Jean Michel BACH, Aurore BAISEZ, Cédric LEON, Timothé PAROUTY (LOGRAMI)

50% des saumons vivant après l'été s'engagent sur l'Alagnon. Les simulations effectuées sur l'axe Alagnon, en supposant une efficacité des passes de 90%, ~60% des saumons s'engageant sur l'axe Alagnon atteignent le Moulin Grand.

Il convient de prendre en compte la présence de Saumons atlantiques au niveau du projet.

Le « Suivi complémentaire à l'étude de Débit Minimum Biologique à la centrale électrique de Moulin Grand à Massiac », réalisé par ATHOS Environnement en août 2017, montre qu'il n'y a aucune zone favorable à la fraie du Saumon Atlantique au niveau du tronçon court-circuité.

La fraie n'est donc pas à considérer pour la détermination du DMB. Par contre, il faut considérer les stades alevin et juvénile du Saumon atlantique.

En considérant l'étude DMB réalisée par Athos Environnement en juillet 2013, le débit réservé proposé est de 1,6 m³/s.

Il convient de rappeler que le débit QMNA₅ est de 1,2 m³/s et le module de 8,26 m³/s.

Le débit réservé proposé est de 1,6 m³/s.

1.2. DELIVRANCE DU DEBIT RESERVE

Le débit à laisser en aval du seuil est de :

$$1,60 \text{ (Débit réservé)} + 0,25 \text{ (Débit passe à poissons usine)} = 1,85 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le débit réservé, laissé à la rivière en aval du barrage et de la prise d'eau, était initialement de 1/40ème du module. Il a été revu dans un nouveau règlement d'eau : 220 l/s jusqu'au 01/01/2014 puis porté à 870 l/s à partir du 01/01/2014, soit 1/10ème du module (débit moyen mensuel interannuel).

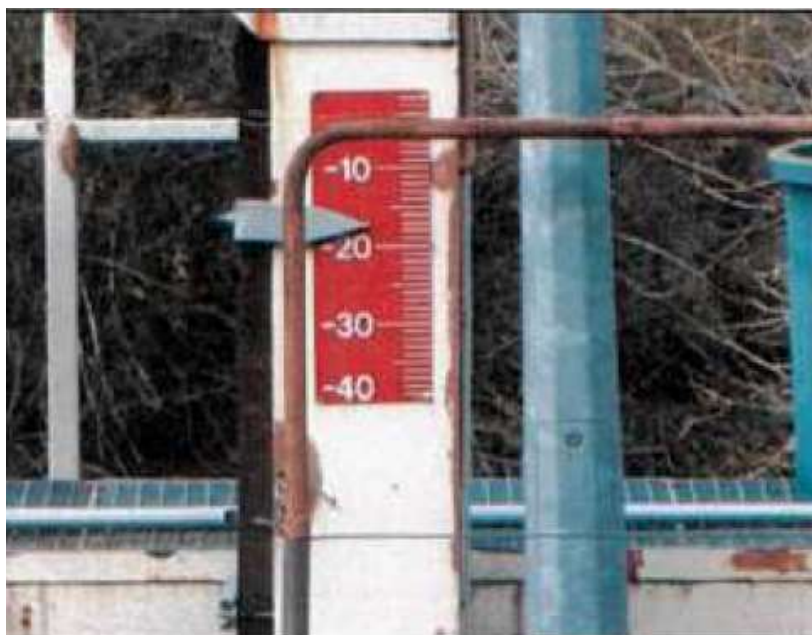
Le débit réservé proposé est délivré par :

- | | |
|--|----------|
| • La passe à poissons située au niveau du barrage: | 500 l/s |
| • La dévalaison : | 900 l/s |
| • L'échancrure vanne décharge : | 450 l/s |
| • Total : | 1850 l/s |

Avec l'augmentation du débit réservé, le débit déversé au niveau de la vanne de décharge est de 0,45 m³/s. L'abaissement de la vanne de décharge doit être de 17,5 cm.

$$\text{Débit (m}^3/\text{s)} = \mu \times (2 \times g)^{0,5} \times H^{1,5} = 0,40 \times (2 \times 9,81)^{0,5} \times 0,175^{1,5} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

Une règle indiquant la cote normale d'exploitation sera positionnée à proximité de l'entrée hydraulique de la passe à poissons située au niveau du barrage. Cette règle sera en complément du repère de la vanne de décharge.



Photographie – Repère sur vanne décharge

2. OUVRAGES POUR LA MONTAISON

Le projet comporte 2 passes à poissons, une au niveau du seuil et la seconde au niveau de l'usine.

Il n'est pas prévu de modifier la passe à poissons au niveau du seuil.

Il est par contre prévu d'adapter la passe à poissons de l'usine de manière à ce qu'elle soit raccordée au TCC et non au canal d'amenée.

2.1. PASSE A POISSONS AU NIVEAU DU SEUIL

La passe à poissons a été réalisée en 2013.

Les caractéristiques de la passe amont au barrage sont :

- Type de passe : chenal à pente constante et enrochements régulièrement répartis ;
- Nature et taille des gros blocs (macrorugosités) : orgues basaltiques ou blocs préfabriqués, diamètre 0,4 m, hauteur 0,8 m
- Nature et taille des blocs du fond : enrochement non gélifs, diamètre 0,3 m ;
- Pente du chenal : 6,5 % ;
- Longueur totale de l'ouvrage : 60 mètres.

La passe à poissons a été dimensionnée pour un débit de 500 l/s.

Il n'est pas prévu d'apporter de modification à cette passe en dehors de l'installation d'une drome de protection au droit de l'entrée hydraulique.



Photographie – Drome passe à poissons

2.2. PASSE A POISSONS AU NIVEAU DE L'USINE

2.2.1. PASSE A POISSONS EXISTANTE

Cette passe a pour objectif de permettre la montaison des poissons qui emprunteraient le canal de restitution au lieu du TCC. La passe réalisée en 2013 relie les canaux de restitution et d'amenée.

La passe actuelle est constituée de 3 tronçons :

- Tronçon amont : Passe naturelle à rangées périodiques ;
- Tronçon intermédiaire : Passe à bassins à échancrures et orifices de fond ;
- Tronçon aval : Passe naturelle à rangées périodiques.

Les caractéristiques des tronçons amont et aval :

- Type de passe : Passe naturelle à pente constante et rangées périodiques ;
- Largeur : 2 m ;
- Pente : 6,9 % ;
- Distance entre des rangées : 3,0 m ;
- Nature et taille des blocs constitutifs des rangées : blocs béton hauteur 1 m, blocs moyens hauteur 0,7 m, largeur déversante sur les blocs moyens : 1 m ;
- Nature et taille des petits blocs du fond : enrochement non gélifs, diamètre 0,3 m.

Les caractéristiques de la partie intermédiaire :

- Type de passe : Passe à bassins avec échancrures et orifices de fond ;
- Longueur bassin : 3,5 m ;
- Largeur bassin : 2 m ;
- Chute entre bassins : 0,25 m ;
- Orifices de fond : 0,2 x 0,2 m².



Photographies – Passe à poissons au niveau de l'usine

La passe à poissons existante relie le canal de restitution et le canal d'amenée.

La modification proposée est le raccordement de la passe à poissons avec le tronçon court-circuité.

Cette configuration présente deux avantages : la chute à gérer est plus faible et la sortie piscicole est dans le TCC et non dans le canal d'amenée.

Le projet proposé consiste à récupérer la partie en aval de la passe actuelle et de la raccorder au tronçon court circuité. Les Plans 4 et 6 illustrent la nouvelle implantation proposée pour la passe à poissons.

La future passe serait constituée de (De l'amont vers l'aval) :

- Une prise d'eau au niveau du TCC équipée d'une grille et de rainures pour le réglage du débit ;
- Un canal entre la prise d'eau et le tronçon du milieu de la passe existante ;
- Deux ouvertures, entre le canal et la passe existante, celle en aval équipée d'une vanne automatique dont l'ouverture est commandée en fonction du niveau de l'eau dans la passe ;
- La partie finale de la passe existante.

Espèces cibles :

Les espèces cibles de la passe à poissons sont la truite fario et le saumon atlantique.

Débits caractéristiques, et niveaux considérés pour le dimensionnement :

Les conditions d'écoulement sont déterminées au paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Les niveaux considérés pour le dimensionnement des ouvrages pour les débits caractéristiques sont donnés par le tableau à suivre :

Tableau – Niveaux calcul PAP Usine

	Scénario	Débit réservé	Armement	Nominal	Hautes eaux
Débit	m ³ /s	1,85	3,35	12,15	24,78
Débit canal	m ³ /s	0,25	1,50	10,25	10,25
Niveau aval	m	534,47	534,54	534,95	535,13
Niveau amont	m	535,54	535,54	535,54	535,95
Chute	m	1,07	1,00	0,59	0,82

Attractivité et localisation de la passe à poissons :

Il n'y a pas de modification de l'entrée piscicole par rapport à la passe actuelle. L'entrée piscicole est au niveau de la restitution des turbines.

L'entrée hydraulique de la passe à poissons est au niveau du TCC. Une grille épaisse avec un espacement entre barreaux de 40 cm est prévue pour éviter l'entrée d'embâcles dans la passe à poissons. L'entrée hydraulique est perpendiculaire par rapport à l'écoulement principal ce qui limite le risque de colmatage de la grille en amont de la passe à poissons.

Les Plans 4 et 6 joints montrent l'implantation de la passe à poissons. L'entrée hydraulique est définie sur les Plans 10 et 12 joints.

La géométrie de la passe, fonctionnement de la vanne automatique :

Les Plans 10 à 13 joints correspondent à la passe à poissons.

La cloison 2 est susceptible d'être court-circuitée en fonction de l'ouverture ou de la fermeture de la vanne.

Entrée hydraulique :

L'entrée hydraulique est un ouvrage maçonné avec une largeur nette de 2 m. Elle comporte des rainures de batardeau de manière à pouvoir limiter à 1 m la largeur de l'entrée hydraulique et mettre des bastinges pour régler le débit de 250 l/s dans la passe.

Le lit du TCC est susceptible d'évoluer après chaque crue

Le niveau de l'eau dans le TCC peut être différent, et l'objectif des bastinges est de facilement pouvoir régler le débit dans la passe à poissons.

Canal de raccordement à la passe actuelle :

Le canal de raccordement aura une largeur de 2 m et un tirant d'eau minimum de 40 cm.

Vanne automatiques entre le canal et la passe à poissons existante :

Il y a deux ouvertures, celle en aval régulée par une vanne. Cette vanne permet en fonction du niveau en amont de court-circuiter l'un des bassins (pour les débits et niveaux faibles dans le TCC) ou d'ajouter un bassin et une chute de 25 cm (Pour les débits plus élevés dans le TCC).

La vanne (qui permet de court-circuiter un bassin) est ouverte aux conditions nominales. Dès que le niveau en amont de cette vanne augmente de ~25 cm (Une sonde de niveau dans le canal entre le TCC et la passe à poissons permettra de connaître ce niveau), la vanne sera fermée, pour ajouter une chute au niveau de la passe à poissons.

Partie aval de la passe à poissons :

Il s'agit des bassins en aval de la passe à poissons actuelle qui sont récupérés.

La puissance volumique dissipée dans chaque bassin

La difficulté du passage des espèces migratrices augmente avec la turbulence et l'aération dans les bassins. Un indicateur simple du niveau d'agitation dans les bassins est la puissance dissipée volumique (Pv), explicitée par la formule :

$$Pv = (\rho \times g \times Q \times \Delta H) / V$$

avec :

Pv : puissance dissipée volumique en watts/m³ ;

ρ : masse volumique de l'eau constante = 1000 kg/m³ ;

g : accélération de la pesanteur constante = 9,81 m/s² ;

Q : débit dans la passe en m³/s ;

ΔH : chute entre deux bassins en m ;

V : volume d'eau dans le bassin.

Ainsi, cette formule permet de déterminer le volume d'eau minimal en fonction d'une hauteur de chute et d'un débit fixé ou au contraire, le débit maximal à transiter si les chutes et le volume des bassins sont fixés.

La puissance volumique dissipée ne devra pas dépasser ~200 watts/m³, dans la partie de la passe à bassins et peut atteindre ~250 watts/m³ dans la partie passe naturelle, compte tenu des espèces cibles.

La puissance dissipée est inférieure à 200 watts/m³ dans la passe à bassins et 250 watts/m³ dans la passe naturelle.

Il convient de noter que les puissances dissipées ne sont supérieures à ~160 W/m³ que dans le cas où le débit dans le tronçon court-circuité est important. Dans ce cas, le tronçon court-circuité devient plus attractif que le canal de restitution.

3. OUVRAGES POUR LA DEVALAISON

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'ouvrage permettant d'assurer une dévalaison des espèces au niveau de la prise d'eau. Par ailleurs, l'enjeu en termes d'attrait se situe essentiellement au niveau du plan de grille dont le débit attire les poissons lorsque la centrale fonctionne.

Le présent paragraphe vise à décrire l'ouvrage de dévalaison proposé. Cela permettra de valider le principe et le dimensionnement de l'ouvrage avant de réaliser le dossier d'exécution.

Afin de réduire le risque de passage des espèces piscicoles dans la turbine, le choix d'utiliser un plan de grilles fines reste l'unique procédé technique potentiellement efficace, à défaut de stopper le turbinage.

Cet aménagement (plan de grille et canal de dévalaison) répond aux critères préconisés par les travaux ADEME/GHAAPPE sur la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques.

La plan de grille sera implanté en tête de canal d'amenée. La restitution de la dévalaison se fera au pied du seuil, en marge droite de celui-ci.

Les Plans 4 et 5 montrent où sera implantée la future prise d'eau, les Plans 7 à 9 montrant les futurs ouvrages.

3.1. PLAN DE GRILLE

L'écartement des barreaux du plan de grille

Afin de réduire le risque de passage des espèces piscicoles dans la turbine, le choix d'utiliser un plan de grille fine reste l'unique procédé technique potentiellement efficace, à défaut de stopper le turbinage.

De ce fait, l'écartement entre chaque barreau est fixé à 20 mm pour garantir la dévalaison piscicole d'un grand nombre d'espèces.

L'inclinaison de la grille

Le guidage des poissons est obtenu en disposant le plan de grille de biais par rapport à la direction générale de l'écoulement.

La configuration retenue est un plan de grille dans le sens de l'écoulement avec un angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale de 26°.

La vitesse de l'eau au niveau de la grille

Pour le plan de grille à installer, nous retiendrons la vitesse normale maximale V_N de 0,50 m/s.

La vitesse normale maximale admissible V_N détermine la surface minimale de grille pour un débit donné.

La vitesse normale V_N au plan de grille est de 0,24 m/s. Cette vitesse est inférieure à la vitesse maximale de 0,50 m/s.

La vitesse tangentielle V_T au plan de grille est de 0,50 m/s.

Le calcul de la grille figure au tableau à suivre.

Tableau - Calcul grille

Largeur grille	l	m	12,00
Cote radier prise d'eau		m	538,10
Niveau minimum d'exploitation		m	539,77
Niveau supérieur grille		m	539,27
Hauteur eau		m	1,67
Section de la prise d'eau	S	m ²	20,04
Débit maximum turbinable	Q	m ³ /s	11,20
Vitesse d'approche	V_A	m/s	0,56
Angle grille / horizontale	b	°	26,00
Longueur grille	L	m	3,81
Surface plan de grille	S_N	m ²	45,71
Vitesse normale	V_N	m/s	0,24
Vitesse tangentielle	V_T	m/s	0,50

3.2. DEVALAISON VERS L'AVAL

Ce paragraphe porte sur le dispositif de dévalaison au niveau du plan de grilles.

Les espèces piscicoles, lors de la dévalaison, se laissent guider et « porter » par les veines de courant d'eau. Sur l'arrivée d'un seuil, les lignes de courant les plus rapides sont vers le chenal de prise d'eau des groupes hydroélectriques.

Les exutoires doivent se situer à l'extrémité aval du système d'arrêt et de guidage, dans la zone où se concentrent généralement les poissons.

Les conditions hydrauliques à la liaison entre le plan de grille et les exutoires et à l'entrée même des exutoires, se révèlent primordiales pour son efficacité. À l'entrée des exutoires, l'écoulement ne doit pas être turbulent (pas de décollement) et l'accélération modérée.

Le dispositif choisi ne nécessitera pas de régulation de débit en fonction de la variation du niveau de la retenue en amont.

Le débit d'eau transitant par ce dispositif doit représenter au moins 2 % du débit maxi turbiné soit au minimum un débit de 200 l/s. La largeur des exutoires doivent être au minimum de 20% de la largeur totale du plan de grille et la vitesse d'entrée dans les exutoire doit être au moins 10% supérieure à la vitesse d'approche. Ces considérations conduisent à choisir un débit de 900 l/s pour le dispositif de dévalaison.

Compte tenu de la largeur de la grille, le dispositif comporte 3 exutoires dont les axes sont écartés de moins de 4 m. Les exutoires ont une largeur de 80 cm afin que la largeur totale des exutoires représente 20% de la largeur de la grille.

Le débit dans le dispositif est déterminé de manière à ce que la vitesse dans les exutoires soit au moins égale à 1,1 fois la vitesse d'approche.

Le dispositif de dévalaison est constitué de :

- Trois échancrures (exutoires) dans la partie supérieure du plan de grille :
 - Distance maximale entre les échancrures < 4 m ;
 - Les échancrures représentent 20% de la largeur de la grille ;
- Un canal de liaison entre les exutoires ;
- Une section de contrôle constituée d'un pan incliné, réglable en angle ;
- Une transition vers l'aval, avec un tirant d'eau supérieur à 15 cm ;
- Une goulotte vers l'aval pour diriger le jet de restitution en aval vers la fosse de réception d'une profondeur de plus d'un mètre.

Le dispositif de dévalaison est dimensionné pour ne pas déborder pour un débit jusqu'à 3 fois le module.

Le tableau à suivre, correspond au calcul du débit et des vitesses d'écoulement dans le dispositif de dévalaison.

Tableau – Dévalaison

			Etiage (Sans turb)	Nominal	Hautes eaux
Scénario					
Niveau eau amont (Prise d'eau)		m	539,69	539,77	540,00
Exutoire					
Cote radier		m	539,27	539,27	539,27
Nombre			3	3	3
Hauteur eau	H	m	0,42	0,50	0,73
Largeur	L	m	0,80	0,80	0,80
Section		m²	0,34	0,40	0,58
Débit	Q	m³/s	0,21	0,30	0,59
Vitesse eau exutoire	V	m/s	0,64	0,75	1,01
		% vit app.	NA.	134%	180%
Goulotte amont					
Cote radier			539,27	539,27	539,27
Largeur	L	m	2,00	2,00	2,00
Section	S	m²	0,84	1,00	1,45
Vitesse eau	V	m/s	0,76	0,90	1,21
Section de contrôle					
Cote seuil		m	539,37	539,37	539,37
Pelle	P	m	0,10	0,10	0,10
Cote radier		m	539,27	539,27	539,27
Largeur	L	m	2,00	2,00	2,00
Charge eau	H1	m	0,32	0,40	0,63
Formule	Q = C x (2 g) ^0,5 x L x H1^1,5				
Coefficient écoulement	m		0,40	0,40	0,40
Débit	Q	m³/s	0,64	0,90	1,76
Goulotte aval					
Longueur		m	8,86	8,86	8,86
Radier départ		m	539,27	539,27	539,27
Radier arrivée		m	539,10	539,10	539,10
Pente	i	%	1,87%	1,87%	1,87%
Largeur	L	m	2,00	2,00	2,00
Hauteur eau dans goulotte	H	m	0,121	0,150	0,231
Section	S = L x H	m²	0,242	0,300	0,462
Périmètre	P = L + 2 H	m	2,24	2,30	2,46
Rayon hydraulique	R = S/P	m	0,11	0,13	0,19
Formule	Q = S * 1/N *R^(2/3) * i^(1/2)				
Coefficient Manning	N		85,00	85,00	85,00
Débit	Q	m³/s	0,64	0,90	1,76
Vitesse eau	V	m/s	2,63	2,99	3,81
Jet en aval					
Vitesse verticale (positive vers le bas)		m/s	0,00	0,00	0,00
Vitesse horizontale		m/s	2,63	2,99	3,81
Cote base goulotte			534,00	534,50	534,73
Cote eau fosse de réception		m	532,00	532,00	532,00
Cote fond fosse de réception		m	5,39	4,92	4,77
Chute		m	1,05	1,00	0,99
Durée jet		s	2,76	2,99	3,76
Distance impact		m	85,00	85,00	85,00