

TRAVAUX D'ENTRETIEN DU BARRAGE DE LIESLE (25)

ETUDE D'OPPORTUNITÉ DE MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE

POINT SUR LE TRANSIT SEDIMENTAIRE

GESTION DU DÉBIT RÉSERVÉ



Etude financée par l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse à 70 %.

Département du Doubs (25) – Rivière Loue – Commune de Liesle.

INTRODUCTION.

La DDT du Doubs par courrier en date du 16 février 2015 a demandé au propriétaire du moulin de Larnaude situé sur la rivière la Loue et la commune de Liesle dans le département du Doubs, d'étudier l'impact de l'ouvrage (barrage code ROE 6664) sur le transit sédimentaire et la circulation des poissons migrateurs et si cela s'avère nécessaire de mettre en place des mesures d'équipement ou de gestion visant à restaurer la continuité écologique au droit de cet ouvrage.

A titre indicatif, la DDT 25 précise que concernant la continuité écologique les groupes d'espèces cibles à retenir sont :

Salmonidés – Truite fario, ombre commun.

Cyprinidés – Toxostome, blageon.

Petites espèces de fond – Lamproie de planer, chabot, apron.

A titre indicatif, la DDT 25 précise que l'étude du transport sédimentaire est non prioritaire mais à considérer.

L'ouvrage est situé sur la rivière la Loue sur le tronçon « L2 63-4 – La Loue du Lison à l'aval d'Arc et Senans ». Ce tronçon est classé en liste II au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement.

Le module de la Loue au niveau de la commune de Liesle est de 52,40 m³/s (station de référence : Champagne sur Loue).

L'article L 214-18 du code de l'environnement indique que le débit réservé ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau ou au débit à l'amont de l'ouvrage si celui est inférieur.

Le barrage de Liesle forme un barrage épais, à seuil incliné et orienté à 45° environ par rapport à l'axe du court d'eau. Le niveau moyen de la crête du barrage est de l'ordre de 236,85 m NFG et le barrage présente de nombreuses irrégularités qui contribuent à l'intérêt paysager du site. Cet intérêt paysager est renforcé par une forte irrégularité naturelle de forme semi circulaire formant une suite de vasques dont les niveaux d'eau vont décroissants. Le tuff si présent dans notre région contribue à donner un caractère naturel à l'ensemble du barrage.

Cet ensemble naturel est constitué de bancs calcaires subhorizontaux de niveau décroissant vers l'aval. Le choix de l'implantation du moulin au XVIII^{ème} siècle avait été conduit par la présence sur le site de bancs rocheux formant par place une chute d'eau naturelle. Le coût de la réalisation (et sa facilité de construction) était réduit à l'époque par la présence d'une chute d'eau naturelle sur une partie du linéaire du barrage.

Cette forte irrégularité naturelle semi-circulaire ne dégrade cependant pas le niveau d'eau à l'amont du barrage car le niveau de la crête sur ce secteur reste relativement constant.

PHOTOS VASQUES NATURELLES



1. LES NIVEAUX AMONT ET AVAL DE L'EAU.

La connaissance des niveaux de l'eau à l'amont et en aval du barrage est déterminante pour dimensionner les ouvrages de montaison des poissons.

1.1. GESTION DU NIVEAU ET DES DEBITS.

Les niveaux sont gérés pour maintenir la retenue à son niveau nominal et pour laisser transiter le débit réservé.

Un relevé topographique détaillé a été réalisé le 21/10/2015, moulin en activité. Le niveau minimale d'exploitation est de 236,90 m NGF (Niveau d'eau à l'amont du barrage – Etiage à 7,24 m³/s – Moulin en fonctionnement à 40 % du débit nominale de 5,13 m³/s soit 2 m³/s).

1.2. DONNEES DE BASE POUR LE CALCUL DES NIVEAUX.

Les données de base sont les relevés topographiques effectués, ainsi que des mesures de niveaux effectuées pour des débits différents.

1.3. METHODOLOGIE UTILISEE POUR LE CALCUL DES NIVEAUX.

La méthode utilisée pour simuler les niveaux d'eau est l'intégration de l'écoulement depuis l'aval vers l'amont.

La perte de charges entre deux sections transversales est la somme des pertes continues et localisées, les pertes continues étant données par la formule de Manning et celles localisées étant liées à la variation de l'énergie cinétique entre les deux sections étudiées.

Pour le calcul du niveau d'eau au droit du barrage de Liesle, étant donnée qu'aucun entretien lourd n'est prévu sur celui-ci, la topographie est discretisée et la formule de l'écoulement sur seuil épais incliné est utilisée.

$$Q = (2 * g)^{1/2} * 0,32 * L * H^{3/2}$$

Q = Débit ; L = Largeur ; H = Hauteur.

La loi de Manning-Strickler est utilisée pour estimer les pertes continues. Cette loi est la plus utilisée pour le calcul du débit d'un cours d'eau car elle est valable pour une large gamme de débits et de rugosité.

Formule de Manning-Strickler (écoulement uniforme) :

$$Q = S * (Rh^{2/3} * i^{1/2} * n)$$

Q = Débit ; S = Section mouillée ; Rh = Rayon hydraulique ; i = Pente hydraulique ; n = coefficient de Manning-Strickler

Le coefficient n est choisi à $42 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

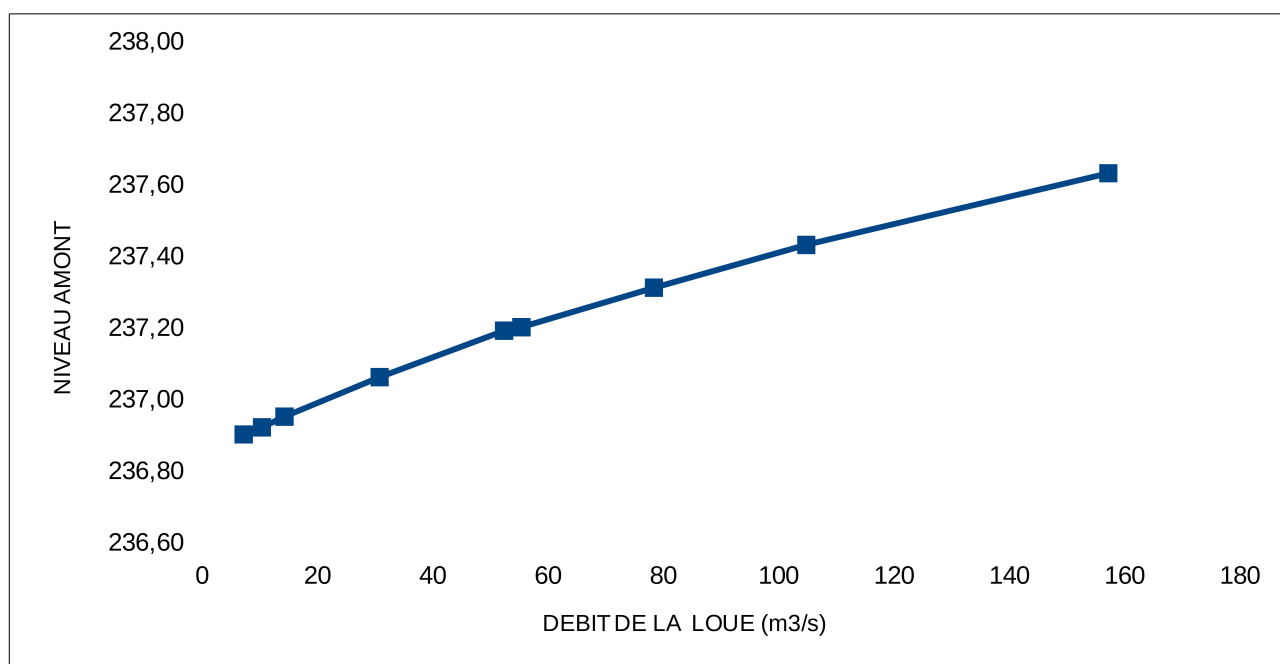
1.4. SIMULATIONS D'ECOULEMENT.

1.4.1. NIVEAU D'EAU EN AMONT DU SEUIL DE LIESLE.

Le niveau d'eau est calculé à partir des caractéristiques du déversoir. Compte tenu de la proximité du barrage aval et des observations réalisées par les exploitants, il s'avère que la remontée en aval du seuil n'affecte pas l'écoulement sur ce seuil (pas de submersion par l'aval du seuil) jusqu'à des débits de l'ordre de 2 fois le module.

Ci dessous le tableau des niveaux d'eau à l'amont du barrage en fonction des débits du cours d'eau ainsi qu'un graphique en échelle logarithmique. L'incidence du prélèvement du moulin sur les niveaux d'eau amont est relativement faible. Sauf indication contraire, les niveaux d'eau sont calculés moulin en activité.

	ETIAGE (7,24 m ³ /s)	Quartile 10 % (10,40 m ³ /s)	Quartile 20 % (14,30 m ³ /s)	Médiane (30,80 m ³ /s)	Module (52,40 m ³ /s)	Quartile 70 % (55,40 m ³ /s)	Quartile 80 % (78,40 m ³ /s)	2*module (104,80 m ³ /s)	3*module (157,20 m ³ /s)
Niveau Amont	236,90	236,92	236,95	237,06	237,19	237,20	237,31	237,43	237,63



1.4.2. NIVEAU D'EAU DANS LES VASQUES.

Les dégradations du barrage, les bancs rocheux subhorizontaux, la formation de tuff et les atterrissements de graviers forment un ensemble de vasques naturelles mais dont les interconnexions ne sont pas optimisées par rapport au franchissement piscicole de l'ouvrage.

Dans la configuration actuelle, du point de vue piscicole, cet ensemble peut être considéré comme un ensemble de trois barrages successifs avec trois franchissements à effectuer par les poissons pour effectuer leur montaison.

Pour mémoire à l'étiage, les plans d'eau s'établissent aux cotes de 235,74 – 236,04 – 236,15 – 236,90 ; soit des chutes successives de 0,30 m – 0,11 m – 0,75 m. La montaison n'est donc pas possible même pour les espèces les plus véloce (voir tableau ci dessous).

1.4.3. NIVEAU D'EAU A L'AVANT DU SEUIL DE LIESLE

SITUATION ACTUELLE :

CARACTERISTIQUES (Moulin en fonctionnement).

	ETIAGE (7,24 m³/s)	Quartile 10 % (10,40 m³/s)	Quartile 20 % (14,30 m³/s)	Médiane 50 % (30,80 m³/s)	Module (52,40 m³/s)	Quartile 70 % (55,40 m³/s)	Quartile 80 % (78,40 m³/s)	2*module (104,80 m³/s)	3*module (157,20 m³/s)
Niveau Amont	236,90	236,92	236,95	237,07	237,19	237,20	237,31	237,43	237,63
Niveau 2	236,15	236,21	236,26	236,41	236,58	236,59	236,72	236,99	237,35
Niveau 1	236,04	236,07	236,10	236,20	236,30	236,31	236,41	236,77	237,17
Niveau Aval	235,74	235,78	235,85	236,01	236,16	236,17	236,41	236,68	237,12
Vitesse max	0,53	0,58	0,63	0,79	0,94	0,95	1,06	1,17	1,33

1.5. CONCLUSION SUR LA SITUATION ACTUELLE.

Le barrage du moulin de Liesle sur la Loue présente des irrégularités qui ne permettent pas la montaison. L'objectif de continuité de la circulation des espèces piscicoles ne peut être atteint dans la configuration actuelle.

Il convient donc soit de créer une nouvelle passe à poisson soit d'optimiser la passe naturelle existante. Par des aménagements simples s'intégrant dans les bancs rocheux formant la passe naturelle, il est possible de permettre la circulation piscicole y compris pour des espèces peu mobiles dans cet ensemble qui pourra conserver son aspect paysager actuel.

2. LE FRANCHISSEMENT PISCICOLE.

2.1. LES ESPECES CIBLES.

Le nombre d'espèces piscicoles susceptibles d'effectuer leur montaison au niveau du barrage de Liesle est limité compte tenu des caractéristiques actuels du barrage.

Les modifications à apporter à l'ouvrage pour en permettre le franchissement par des espèces peu mobiles tel l'Apron sont significatives.

L'emplacement des équipements qui permettront le franchissement par toutes les espèces cibles (liste ci dessous) sera déterminé en fonction des caractéristiques actuels du seuil, des différents écoulements hydrauliques en amont, dans l'ouvrage et à l'aval de celui-ci et dans le but de conserver au mieux les caractéristiques paysagères existantes.

Les espèces piscicoles à prendre en compte sont les suivantes :

Salmonidés – Truite fario, ombre commun.

Cyprinidés – Toxostome, blageon.

Petites espèces de fond – Lamproie de planer, chabot, apron.

L'Apron ayant les plus faibles capacités de nage, cette espèce va être très importante pour le dimensionnement des équipements. Il ne faudra cependant pas non plus oublier les contraintes liées aux espèces plus performantes comme la truite fario qui nécessite des profondeurs plus importantes.

2.2. ATTRACTIVITE DES EQUIPEMENTS DE MONTAISON.

L'efficacité d'une passe à poissons dépend de la facilité des espèces à en trouver l'entrée notamment en montaison. Cette entrée est étroite en regard de la largeur totale du seuil et alimentée par une faible proportion du débit total du cours d'eau.

Compte tenu du faible débit prélevé par le moulin (5,13 m³/s maximum), le canal de fuite de celui-ci ne constitue pas le point d'attrait principal pour le franchissement de l'ouvrage.

Trois solutions potentielles peuvent être envisagées pour ce site :

Une passe à bassins en béton en rive droite.

Une rivière de contournement en rive gauche.

Une insertion dans l'ouvrage existant qui forme un ensemble de vasques naturelles (voir plan joint).

Passe à bassins en béton en rive droite :

La vanne de décharge (fermée) constitue par sa sur-verse un point d'attrait en rive droite du cours d'eau. Le débit est cependant insuffisant pour constituer un point d'attrait principal. Si on y ajoute le débit de la passe à poisson, l'attrait est amélioré mais le débit proposé reste tout de même faible en comparaison du débit de surverse sur l'ensemble du barrage. Les poissons auront tendance à remonter le barrage vers la rive gauche compte tenu de l'implantation du barrage en biais sur le cours d'eau. Cette solution n'est donc pas optimum.

Rivière de contournement en rive gauche :

Etant donné l'angle que forme le barrage avec la direction du cours d'eau, les poissons ont tendance à remonter le courant le long de l'ouvrage et de tenter le franchissement à proximité de berge gauche du cours d'eau. Une rivière de contournement pourrait donc être une bonne solution. La longueur devrait être de l'ordre de 70 m et le coût de l'ordre de 70 k€. L'emprise de cette ouvrage en rive gauche serait cependant conséquente au détriment de la surface agricole. Il y aurait également un risque de déstabilisation de la berge au-delà des bancs rocheux qui forment le flanc gauche du barrage. C'est pourquoi cette solution n'est pas retenue en priorité.

Insertion dans l'ouvrage existant :

Il existe plusieurs brèches sur le barrage qui peuvent constituer des points d'attrait suffisants pour favoriser la montaison. Ces brèches au nombre de trois positionnées à proximité de la rive gauche du cours d'eau et de l'irrégularité semi-circulaire naturelle formant vasques constituent dans la configuration actuelle du barrage la zone principale d'attrait pour la montaison des poissons.

Pour conserver au mieux l'intérêt paysager du site, il apparaît que le dispositif de franchissement piscicole doive s'intégrer à cet ensemble constitué de vasques naturelles en en conservant globalement les caractéristiques d'aspect mais en optimisant les caractéristiques hydrauliques pour en permettre le franchissement par les espèces cibles et en particulier l'Apron du Rhône.

D'un point de vue géotechnique, insérer l'ouvrage de franchissement piscicole dans une zone où le substratum calcaire affleure, paraît particulièrement opportun. Les risques de déchaussement de l'ouvrage sont quasiment nuls. L'utilisation des strates calcaires permettra de réduire le coût de la construction.

C'est donc cette solution qui est retenue, elle permettra de concilier les intérêts paysagers et piscicoles sur ce barrage de Liesle.

2.3. PROTECTION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE.

Un ouvrage semi-naturel de franchissement piscicole doit comme toute passe à poisson être conçu pour éviter son encombrement par des flottants charriés par la Loue. Il est donc essentiel de positionner la sortie amont perpendiculairement à l'écoulement principal de manière à ce que les flottants soient directement dirigés vers l'aval sans entrer dans la passe à poissons.

2.4. PRINCIPE DE LA PASSE A POISSON PROPOSEE.

La passe à poisson proposée est une passe à bassins successifs à fentes verticales. La hauteur et la largeur des fentes seront proportionnées pour une bonne intégration paysagère de l'ouvrage. La plage de fonctionnement souhaitée est de 7,24 m³/s à 30,80 m³/s (Etiage – Quartile médian 50 %) pour les espèces les moins mobiles (Apron, Chabot, Lamproie de planer) même si pour certaines espèces comme la Truite fario ou Ombre commun la plage de fonctionnement est plus importante de 7,24 m³/s à 55,40 m³/s (Etiage - Quartile 70%).

Les capacités de franchissement pour les espèces cibles sont rappelées ci dessous :

Espèces	Chute maximale (en m)	Vitesse de sprint minimum (en m/s)	Profondeur minimale de bassin (en m)
Salmonidés			
Truite fario (15-30 cm)	0,30	2,5	0,75
Ombre commun	0,30	3	0,75
Cyprinidés			
Toxostome	0,25	1,5	0,75
Blageon	0,25	1,5	0,75
Petites espèces de fond			
Lamproie de planer	0,20	1,5	0,50
Chabot	0,20	1,5	0,50
Apron	0,20	1,5	0,50

Etant donné les dimensions (volume et longueur) des différents bassins, la hauteur de chute à franchir entre deux bassins se répartit mieux dans le sens de la longueur ce qui facilite la montaison même des espèces moins véloce. Le franchissement restera possible pour ces espèces tant que la différence de niveau entre deux bassins reste inférieure ou égale à 0,30 m.

Le but de la passe à poisson est de connecter les populations des différentes espèces piscicoles situées à l'amont et l'aval du barrage afin de pérenniser la présence sur ce cours d'eau des espèces les plus fragiles comme l'Apron du Rhône.

2.5. DETERMINATION DU NOMBRE ET DE LA GEOMETRIE DES BASSINS.

Il est prévu que l'ouvrage de franchissement s'intègre au mieux à la configuration géométrique existante. Les vasques naturelles existantes sont de formes et de géométries diverses. Pour optimiser la construction, il est opportun d'en réutiliser la configuration en plan avec comme contrainte de répartir l'énergie dissipée et donc de modifier la hauteur de certains bords de vasques, la position des fentes et leur profondeur. La vasque amont qui est de plus grande dimension devra être coupée en deux pour que l'ensemble constitue quatre vasques permettant de répartir au mieux la hauteur de chute totale et l'énergie dissipée (**Voir plan joint**).

La cote amont en étiage est de 236,91 m NGF. La cote aval à l'étiage est de 235,74 m NGF. La chute totale à l'étiage est donc de 1,17 m.

Cette configuration devrait permettre de limiter l'énergie dissipée dans les bassins à 100 watt/m³ sur une large plage de débit.

Pour conserver une bonne intégration paysagère, le niveau des bords des vasques seront fixés pour que l'eau soit affleurante à l'étiage (7,24 m³/s), le barrage sera consolidé en particulier au niveau des brèches.

Les entrées de bassins seront constituées de 3 fentes d'une largeur de 0,325 m séparées par des plots d'une largeur de 0,65 m et 0,90 m de hauteur.

Le radier de la passe sera équipé d'un substrat rugueux sur une largeur de 4 m. La longueur et la largeur des bassins seront variables pour tenir compte des caractéristiques géométriques pré-existantes. La pente moyenne du radier est inférieure à 2 % (entre 1,37 % et 1,8%) et la longueur total de la passe à poisson est de 70 m.

La puissance volumique dissipée ne devra pas dépassée 150 Watts/m³ sur une large plage de débit compte tenu de l'espèce cible, l'Apron du Rhône.

Les crêtes des bassins auront les niveaux suivants :

Crête barrage au niveau de la passe à poisson : 236,85 m NGF, 236,90 m NGF et 237,00 m NGF.

Vasque n° 1 : 236,70 m NGF.

Vasque n° 2 : 236,45 m NGF.

Vasque n° 3 : 236,25 m NGF.

Vasque n° 4 : 236,00 m NGF.

2.6. CALCUL DU FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS.

ETIAGE : 7,24 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m ³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m ³ /s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	236,91	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,71	15	135	0,12	235,95	0,20	236,10	0,63	0,92
2	236,46	32	91	0,17	235,68	0,25	235,80	0,76	0,99
3	236,26	19	130	1,16	235,45	0,20	235,55	0,76	0,96
4	236,01	14	184	0,15	235,23	0,25	235,35	0,76	0,99
AVAL	235,74	-	-	-	235,00	0,26	235,10	0,76	1,01

QUARTILE 10 % : 10,40 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m ³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m ³ /s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	236,94	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,74	18	110	0,15	235,95	0,20	236,10	0,67	0,93
2	236,49	46	68	0,22	235,68	0,25	235,80	0,81	0,99
3	236,28	26	84	0,20	235,45	0,21	235,55	0,81	0,97
4	236,03	20	150	0,17	235,23	0,25	235,35	0,79	1,00
AVAL	235,78	-	-	-	235,00	0,25	235,10	0,79	0,99

QUARTILE 20 % : 14,30 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	236,97	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,76	22	90	0,18	235,95	0,21	236,10	0,71	0,95
2	236,52	62	54	0,28	235,68	0,24	235,80	0,85	1,00
3	236,30	50	66	0,26	235,45	0,22	235,55	0,87	0,99
4	236,05	27	125	0,21	235,23	0,25	235,35	0,83	1,00
AVAL	235,85	-	-	-	235,00	0,20	235,10	0,83	0,97

QUARTILE MEDIAN 50 % : 30,80 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	237,09	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,86	54	42	0,40	235,95	0,23	236,10	0,91	1,00
2	236,65	137	24	0,60	235,68	0,21	235,80	1,07	1,02
3	236,40	91	29	0,58	235,45	0,25	235,55	1,17	1,06
4	236,18	94	51	0,52	235,23	0,22	235,35	1,04	1,02
AVAL	236,01	-	-	-	235,00	0,17	235,10	1,12	1,01

MODULE : 52,40 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	237,22	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,98	99	24	0,67	235,95	0,24	236,10	1,22	1,10
2	236,80	216	15	0,98	235,68	0,18	235,80	1,39	1,05
3	236,50	193	16	1,04	235,45	0,30	235,55	1,60	1,13
4	236,34	196	27	1,00	235,23	0,16	235,35	1,30	1,03
AVAL	236,16	-	-	-	235,00	0,18	235,10	1,57	1,07

QUARTILE 70 % : 55,40 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	237,24	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	236,99	112	22	0,73	235,95	0,25	236,10	1,28	1,07
2	236,82	227	15	1,03	235,68	0,17	235,80	1,42	1,05
3	236,52	202	16	1,09	235,45	0,30	235,55	1,66	1,14
4	236,36	211	25	1,07	235,23	0,16	235,35	1,36	1,04
AVAL	236,17	-	-	-	235,00	0,19	235,10	1,63	1,08

QUARTILE 80 % : 78,40 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	237,35	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	237,10	151	16	0,99	235,95	0,25	236,10	1,60	1,11
2	236,95	283	11	1,36	235,68	0,15	235,80	1,76	1,08
3	236,61	314	11	1,51	235,45	0,34	235,55	2,09	1,20
4	236,51	285	18	1,49	235,23	0,10	235,35	1,63	1,04
AVAL	236,41	-	-	-	235,00	0,10	235,10	2,13	1,10

2 * MODULE : 104,80 m³/s.

Vasque n°	Niveau d'eau	Puissance dissipée (W/m³)	Temps moyen (s)	Vitesse débitante (m/s)	Cote moyenne radier	Chute (m)	Cote radier amont	Débit PAP (m³/s)	Vitesse fente (m/s)
AMONT	237,47	-	-	-	236,20	-	-	-	-
1	237,21	202	13	1,27	235,95	0,26	236,10	1,99	1,13
2	237,08	342	9	1,71	235,68	0,13	235,80	2,13	1,11
3	236,74	388	9	1,88	235,45	0,34	235,55	2,57	1,24
4	236,70	322	14	1,88	235,23	0,04	235,35	1,95	1,03
AVAL	236,68	-	-	-	235,00	0,02	235,10	2,68	1,09

2.5. CONCLUSION SUR LE FRANCHISSEMENT PISCICOLE.

Malgré les contraintes liées au positionnement de la passe à poissons au sein d'une configuration géométrique existante et du choix d'un cheminement pour partie parallèle à la crête du barrage, la passe à poissons ainsi défini répond à ces objectifs à savoir permettre la montaison de l'Apron du Rhône sur une large plage de débit tout en restant attractive pour les espèces plus véloces et/ou nécessitant une profondeur de bassin plus importante.

Le débit minimum de la passe à poisson (à l'étiage) est de 630 l/s et la hauteur d'eau dans les bassins est supérieure 0,75 m.

Les vitesses au niveau des fentes sont inférieures à 1,5 m/s et les puissances dissipées sont inférieures à 150 Watt/m³ sur une large plage de débit (de l'étiage à un peu plus de la médiane) soit plus de la moitié de l'année. L'Apron du Rhône pourra donc effectuer facilement le franchissement du barrage de Liesle. La continuité écologique pour cette espèce et également pour les autres espèces cibles est donc assurée.

Les salmonidés pourront franchir la passe à poissons jusqu'au quartile 70 % (55,40 m³/s) voir même jusqu'au quartile 80 % compte tenu du volume des bassins qui permettent de retenir une valeur de puissance dissipée sensiblement supérieure à 200 Watt/m³. Le barrage de Liesle sera donc franchissable pour les salmonidés pendant plus de 70 % de l'année (plus de 255 jours/an) voir 80 % de l'année (soit 292 jours) pour les individus de taille plus importante.

Espèces	PLAGE DE FONCTIONNEMENT POUR LA MONTAISON	NOMBRES DE JOURS/AN
Salmonidés		
Truite fario (15-30 cm)	ETIAGE – QUARTILE 70 %	255
Ombre commun	ETIAGE – QUARTILE 70 %	255
Cyprinidés		
Toxostome	ETIAGE – QUARTILE 50 %	185
Blageon	ETIAGE – QUARTILE 50 %	185
Petites espèces de fond		
Lamproie de planer	ETIAGE – QUARTILE 50 %	185
Chabot	ETIAGE – QUARTILE 50 %	185
Apron	ETIAGE – QUARTILE 50 %	185

3. DIAGNOSTIC SUR LE TRANSPORT SEDIMENTAIRE.

3.1. CONTEXTE.

La morphologie d'un cours d'eau et son évolution sont étroitement liées aux écosystèmes qui s'y développent. Il est donc indispensable de situer les projets dans l'hydrosystème fluvial et d'analyser à proximité d'un ouvrage le transport sédimentaire et son incidence locale sur la morphologie du cours d'eau.

La Loue dans le secteur Liesle (25) est située à proximité d'un changement majeur dans la morphologie du cours d'eau, le passage du Jura calcaire au fossé plio-quaternaire bressan. Cette limite franche au droit de la forêt de Chaux n'est pas sans incidence sur le transport sédimentaire notamment au regard des énergies disponibles pour le transport sédimentaire.

Il faut noter également que malgré son éloignement de la source de la Loue ou de celle du Lison, le cours d'eau conserve une particularité, sa capacité à créer des dépôts de tuffs calcaires.

3.2. CONFIGURATION DU SITE.

La Loue à Liesle et Champagne sur Loue forme un large méandre après la traversée du dernier « verrou » du parcours de la Loue dans le Jura calcaire avant son entrée dans le fossé bressan. La plaine s'élargit brusquement pour atteindre une largeur de plusieurs kilomètres. Les derniers signes du Jura calcaire dans cette plaine élargie sont des affleurements calcaires dans le cours d'eau qui créèrent par le passé l'opportunité de l'implantation de plusieurs moulins (dont le moulin de Larnaude à Liesle).

La pente et la géométrie de la vallée de la Loue sur le secteur de Liesle correspond à une forme caractéristique de vallée liée aux dépôts fluvio-glaciaires des dernières glaciations (Riss, Wurm...).

Les alluvions de la Loue sont encore très majoritairement calcaires et liés à l'érosion du massif du Jura. Ce caractère va lentement évoluer en aval par l'apport des dépôts plio-quaternaires (surtout après Arc et Senans).

La position du lit mineur du cours d'eau a peu évolué sur ce secteur dans les derniers siècles contrainte par les différents ouvrages. Les crues permettent de matérialiser un lit majeur très large ou les vitesses d'écoulement sont relativement faibles.

Le lit moyen diffère peu du lit mineur, les berges sont pour la plupart végétalisées, les bancs alluviaux sont rares et parfois végétalisés.

De ce fait on constate que la Loue sur le secteur de Liesle a de très faibles oscillations de sa morphologie et qu'il n'y a pas localement de changement profond dans sa morphologie.

La morphologie du cours d'eau découle d'un ajustement permanent des conditions d'érosion et de dépôt. Les profils en amont et en aval du barrage sont relativement similaires avec une profondeur du cours d'eau de l'ordre de 1,80 m et une largeur de l'ordre de 60 m (profil 5 et profil 1). La charge solide et en particulier la charge de fond n'est pas stockée que ce soit sur le tronçon amont ou sur le tronçon aval. Le substratum calcaire est affleurant ou sub-affleurant tant en amont et qu'en aval du barrage (et au niveau du barrage).

On note la présence de deux petits atterrissements de sables et graviers en aval immédiat du barrage en rive droite et en rive gauche (voir plan joint). Ces atterrissements devraient être rapidement remobilisés lors d'une prochaine crue. Les faibles volumes de ces atterrissements nous indiquent que la dynamique des sédiments en aval du barrage de Liesle n'est pas modifiée par l'ouvrage.

Un atterrissement au cœur du projet de montaison sur ce site semble plus stable par la présence de quelques saules. Il est prévu que cet atterrissement soit intégré à l'ouvrage de montaison et de ce fait stabilisé par celui-ci pour permettre une meilleure intégration paysagère du projet.

Le niveau d'eau à l'étiage est quasiment plan sur une grande longueur en aval du barrage de Liesle ce qui indique que le barrage de Roche sur Loue (Arc et Senans) contrôle le niveau aval à Liesle.

Les niveaux aval et amont à Liesle étant contrôlés par les deux barrages, il en découle une plus lente diminution de la hauteur de chute brute sur ce site de Liesle en fonction du débit du cours d'eau.

La pente du cours d'eau est relativement constante en amont et en aval du barrage de Liesle. La faible hauteur de cet ouvrage ne constitue pas un obstacle au transport solide en particulier au niveau de la charge de fond.

3.3. CONCLUSION SUR LE TRANSIT SEDIMENTAIRE.

La Loue est en quasi-équilibre dynamique sur le secteur de Liesle. Il n'y a pas eu de forte érosion ou d'important dépôt de sédiments sur le secteur dans les périodes récentes. La configuration géométrique du site, l'absence de stockage de matériaux grossiers en amont du barrage, l'absence d'érosion des berges et le fait qu'elles soient bien végétalisées indique que l'érosion à aval de Liesle est faible.

L'ensemble de ces éléments montre que le barrage de Liesle n'est pas un obstacle au niveau du transport sédimentaire en particulier au niveau de la charge de fond. Il n'y a pas lieu de prévoir de mesures particulières ou de consignes sur les ouvrages existants pour faciliter le transit sédimentaire.

4. PROPOSITIONS POUR LA GESTION DU DEBIT RESERVE.

4.1. LES USAGES DE L'EAU.

La Loue sur le secteur de Liesle est une rivière qui a de nombreux usages. Certains usages sont prioritaires, il est donc essentiel de fixer les priorités dans les utilisations de l'eau que ce soit en période d'étiage ou dans le reste de l'année.

Les usages prioritaires sont bien entendu lié à l'alimentation en eau potable et au maintien de la qualité écologique du cours d'eau.

Les usages économiques sont liés à l'agriculture (irrigation) et à la production d'hydroélectricité. A noter la particularité du moulin de Larnaude à Liesle qui conserve un usage de minoterie en utilisant directement l'énergie hydraulique pour produire de la farine.

La Loue est aussi un cours d'eau qui accueille nombreuses activités de loisir : pêche, sports d'eau vives, baignade...

Le secteur de Liesle est marqué par la présence voisine de la Saline Royale d'Arc et Senans (classée au patrimoine mondiale par l'UNESCO). L'attrait touristique de la région est donc fortement lié à l'histoire et au patrimoine.

Le barrage de Liesle conjugue plusieurs intérêts, un intérêt historique et touristique, un intérêt économique, un intérêt écologique par l'aménagement prochain d'un ouvrage de montaison.

La gestion du débit réservé doit donc prendre en compte l'ensemble des usages du cours d'eau en privilégiant les intérêts les plus importants.

Le projet du moulin de Larnaude est le suivant :

A- Création d'un site touristique avec visite des installations en fonctionnement dans la configuration de la fin du XIX^{ème} siècle.

B- Production de farine.

C- Création d'un point éducatif concernant l'écologie du cours d'eau et la continuité écologique (avec visite de la passe à poisson).

D- Production d'hydroélectricité (non prioritaire) lorsque la marche de la minoterie et le débit du cours d'eau le permettent.

Concernant le moulin de Larnaude, la priorité absolue est de présenter au public un site en fonctionnement dans sa configuration de la fin du XIX^{ème} siècle.

Le débit d'amorçage de la turbine fontaine est d'environ 1,7 m³/s. Avec cette énergie, il est possible de faire fonctionner une partie des installations. Pour faire fonctionner l'ensemble des installations de la minoterie, en particulier les meules, le débit nécessaire est de 5,13 m³/s. Si le débit est de l'ordre de 3,5 m³/s, il est possible de faire fonctionner une meule et la majorité de l'installation.

La gestion du moulin concernant l'aspect touristique et historique accepte donc trois niveaux de fonctionnement :

Configuration minimale : 1,7 m³/s.

Configuration intermédiaire : 3,5 m³/s.

Configuration optimum : 5,13 m³/s.

Concernant l'aspect écologique du projet touristique du moulin de Larnaude, le fonctionnement de la passe à poisson nécessite un débit minimal de 630 l/s (cote niveau d'eau amont 236,91 m NGF).

Hors période touristique et lorsque la minoterie n'a pas un usage de la totalité de la puissance fondé en titre, le projet prévoit une utilisation du surplus d'énergie pour la production d'hydroélectricité.

Le module du cours d'eau est de 52,40 m³/s, la loi impose donc que le débit réservé soit à minima de 5,24 m³/s. Le débit réservé proposé est de un dixième du module, soit 5,24 m³/s.

Les usages prioritaires de l'eau sont la consommation AEP et la qualité écologique du cours d'eau. Pour cela, il est indispensable de maintenir un niveau minimal dans le plan d'eau à l'aval du barrage de Liesle.

Dans la configuration actuelle, le niveau d'eau à l'étiage (7,24 m³/s) est de 236,91 m NGF. Cette configuration permet le passage du débit réservé par surverse sur le barrage et le fonctionnement du moulin dans sa configuration minimale.

Lorsque les étiages sont plus sévères (moins de 6,9 m³/s), le débit d'amorçage de la turbine n'est pas disponible. Le fonctionnement de la turbine est stoppé (fermeture des vannes de garde).

L'amélioration de la continuité écologique au droit du barrage de Liesle est une nécessité qui est claire pour l'ensemble des parties prenantes. Le maintien d'un niveau d'eau suffisant à l'amont du barrage de Liesle est aussi une nécessité pour la qualité écologique du plan d'eau en période d'étiage et pour le maintien du niveau des nappes d'eau souterraines à l'amont du barrage.

La gestion du débit réservé en période d'étiage sévère doit prendre en compte ces deux impératifs.

La proposition de gestion du débit réservé est la suivante :

Maintien du niveau du plan d'eau à l'étiage (7,24 m³/s) au niveau actuel soit 236,91 m NGF.

Pour cela et compte tenu de la nécessité d'un débit minimum dans la passe à poisson, il est proposé de consolider les trois brèches principales au niveau de la passe à poisson. Dans cette configuration, le prélèvement du moulin de Larnaude devra aussi être limité au minimum (1,7 m³/s au lieu de 2 m³/s actuellement). Ces deux points (consolidations et baisse du prélèvement à 1,7 m³/s) devrait permettre à l'étiage de maintenir le niveau du plan d'eau à l'aval du barrage à la cote de 236,91 m NGF pour un étiage à 7,24 m³/s.

Pour des étiages plus sévères (entre 6,9 et 7,24 m³/s), le prélèvement du moulin de Larnaude (dans sa configuration minimal) pourrait être conservé pendant les heures de visites. Le niveau du plan d'eau à l'amont du barrage ne devra cependant pas être inférieur à la cote de 236,89 m NGF (eau affleurante sur la majorité du barrage).

En deçà de 6,9 m³/s, le moulin de Larnaude ne pourra effectuer aucun prélèvement. L'ensemble du débit du cours d'eau devra passé dans la passe à poisson et en surverse sur le barrage.

Une sonde située en amont du barrage permettra de contrôler le niveau du plan d'eau et donc le débit réservé.

L'exploitant du moulin devra fournir à l'administration un plan de gestion du débit prélevé en fonction du niveau du plan d'eau amont dans un délai de trois ans après la réception des travaux de consolidation de l'ouvrage et de la mise en place du dispositif de montaison.

4.2. CONCLUSION SUR LA GESTION DU DEBIT RESERVE.

Le débit réservé est fixé à 1/10^{ème} du module soit 5,24 m³/s.

La gestion du débit réservé sera contrôlé par une sonde mise en place à l'amont du barrage. Une échelle limnimétrique à proximité permettra un contrôle visuel rapide du bon fonctionnement de la sonde.

Les intérêts historique et touristique du site du moulin de Larnaude nécessite d'avoir deux niveaux minimum possibles à l'amont du barrage en période d'étiage :

* Hors période touristique les prélèvements du moulin devront être stoppés dès que le niveau amont du plan d'eau est inférieur à **236,91 m NGF**. Ce niveau correspondant à un débit de 5,54 m³/s en surverse sur le barrage et dans la passe à poisson et un prélèvement du moulin de 1,7 m³/s.

* Pendant la période touristique, un prélèvement de 1,7 m³/s peut être toléré pour faire fonctionner une partie de la minoterie lors des visites. Le débit réservé de 5,24 m³/s continuant à se déverser sur le barrage et dans la passe à poissons. La cote minimum tolérée du niveau du plan d'eau amont est alors de 236,89 m NGF.

5. ESTIMATION PROVISoire DU COUT PREVISIONNEL DES TRAVAUX.

Les travaux seront obligatoirement réalisés à l'étiage pour limiter les coûts de mise hors d'eau. La longueur du projet est de 70 m avec un aménagement du fond sur une largeur de 4 m. Les volumes de maçonnerie ont été estimés à 38 m³. Le coût total peut être estimé à 49 200 € TTC dont 40 % pour les matériaux.

ANNEXES :

Annexe 1 : Hydrologie de la Loue – Station de Champagne sur Loue – Synthèse.

Annexe 2 : L'Apron du Rhône et les autres espèces cibles.

Annexe 3 : Valeurs guides – Passes à bassins dites « à jet de surface ».

BIBLIOGRAPHIE :

Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière.
ONEMA – Malavoi – 2011.

Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons : Principes et Méthodes.
ONEMA – Baudoin – 2014.

Passes à poissons : Expertise et conception des ouvrages de franchissement.
Larinier.

Les passes à poissons adaptées à l'Apron du Rhône.
GHAAPPE – 2010.

Etude des peuplements de poissons sur 4 stations de la Loue.
ONEMA – 2010.