

Dossier de régularisation au titre de la loi sur l'eau d'un plan d'eau

Propriétaire : Mme De Raynal
21 rue Saint-Martin du Crot
18220 Sainte-Solange



Ecolimneau

1 place Rivierre-Casalis
45400 Fleury les Aubrais
contact@ecolimneau.fr
0778199895

TABLE DES MATIERES

Résumé	2
I. Etat des lieux de l'Étang de la Foresterie	3
Contexte	4
Localisation :	4
Plan cadastral	5
Date de création de l'étang de la Foresterie	5
Caractéristiques de l'étang :	8
Etude géographique et hydrologique du bassin versant :	12
Incidence- Espaces protégés	17
II. Compatibilité avec les documents en vigueur	18
Liste des objectifs du SAGE et compatibilité du projet :	19
Liste des objectifs du SDAGE Loire-Bretagne et compatibilité du projet :	23
III. Propositions d'aménagements pour la mise en conformité de l'étang	24
Débit réservé – Non opérant dans ce cas de figure	25
Analyse hydraulique	27
Nouveau chenal de contournement de l'étang	30
Incidence des ouvrages et travaux	51
Mesures de réduction des impacts	51

RESUME

Les travaux de restauration du ruisseau de l'étang de la foresterie sur le bassin versant du Barangeon visent à créer un lit mineur à une rivière ayant été contrainte par la présence d'un étang, l'étang de la foresterie. La photographie la plus ancienne sur laquelle apparaît l'étang de la Foresterie remonte à 1947, cependant celui-ci a pu être créé antérieurement. L'étang n'est pas non plus visible sur la carte de l'Etat-Major, réalisée entre 1820 et 1866. L'étang de la Foresterie a été créé entre 1866 et 1947.

L'étang est situé en barrage de cours d'eau, sur le ruisseau des Noues. Le tributaire est issu d'un autre étang à 800m en amont. L'émissaire se jette dans l'étang des Noues, un autre étang sur le ruisseau des Noues à 2km en aval.

Situé sur la commune sur la commune d'Allogny (18110), la demande, porté par Mme Helene de Raynal, vise à la déconnexion du plan d'eau dans un cadre de restauration du milieu aquatique avec création d'un lit mineur avec diversification des habitats et restauration de la continuité écologique (biologique et sédimentaire). Pour ce faire 445 ml de cours d'eau sont créés à partir d'un ouvrage de répartition situé en amont. Ce nouveau chenal rejoint en aval de l'étang le lit existant du ruisseau de l'étang de la foresterie. Cette action doit permettre une régularisation de l'étang de la foresterie.

Le nouveau chenal reprend la morphologie de la rivière non impactée en amont, la pente de la rivière ainsi créée est de 0.58%. Un ouvrage de franchissement permettant de réaliser l'entretien du site sera mis en place. L'ensemble du chantier se déroulera à sec. En effet, tout l'eau sera dérivée par l'étangs pendant la création de la rivière. Enfin, l'eau s'écoulera dans le nouveau chenal pendant la réalisation de l'ouvrage de répartition.

I. ETAT DES LIEUX DE L'ETANG DE LA FORESTERIE

CONTEXTE

La date de création exacte de l'étang de la Foresterie n'est pas connue par le propriétaire. D'après une analyse photo-aérienne, nous pouvons attester d'une date de création antérieure à 1947.

Tableau n°1 : Réglementation appliquée aux étangs étudiés

Etang	Date de création	Statut	Réglementation
Etang de la Foresterie	1947 ou avant	Antérieur à 1955	Loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux Décret du 1 ^{er} août 1905

LOCALISATION :

L'étang de la Foresterie est situé sur la commune d'Allogny (18110), dans le Cher. Il est situé dans un domaine forestier à l'est de la route départementale D944. L'étang est situé sur le ruisseau des Noues, prenant sa source quelques kilomètres au sud-est de l'étang de la Foresterie. Le ruisseau des Noues est un affluent du Barangeon (classé 1^{ère} catégorie piscicole) ; la confluence se situe à Vouzeron, à 6 kilomètres à l'ouest de l'étang.

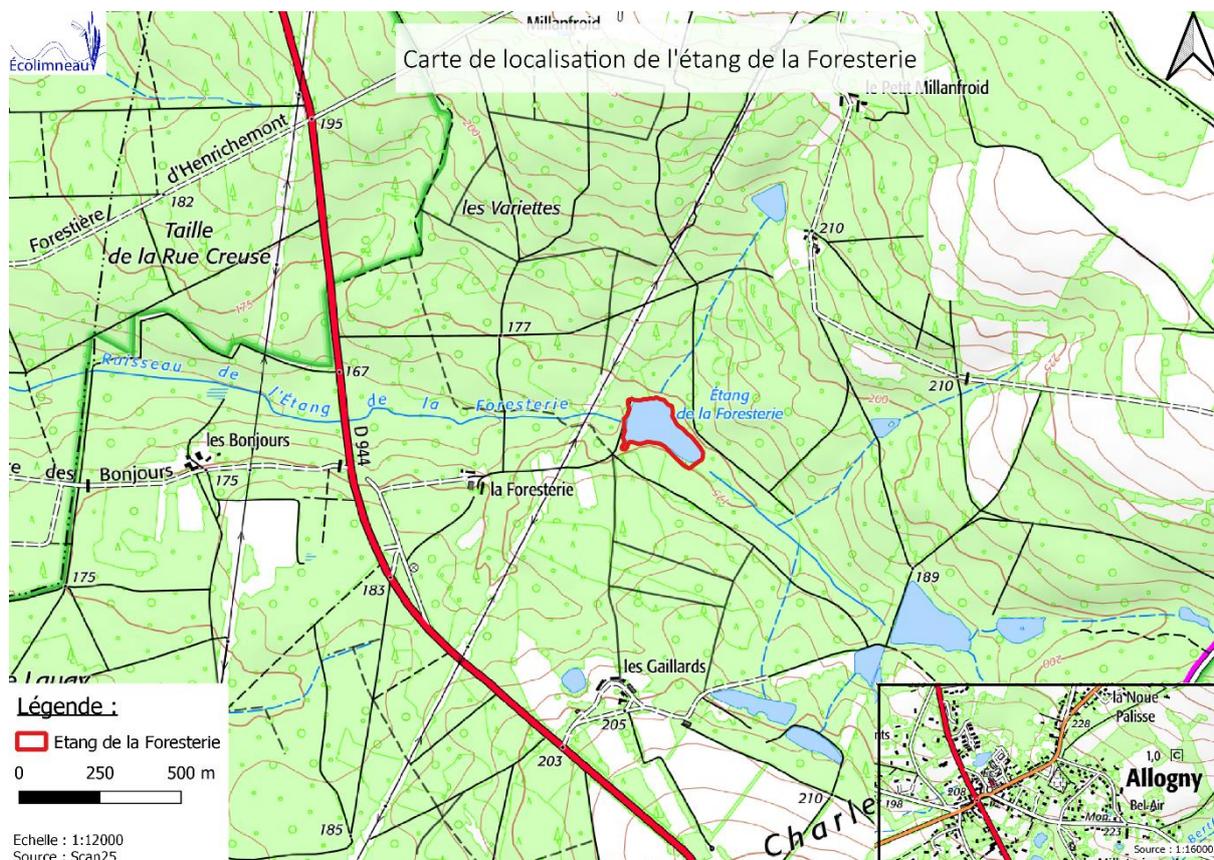


Figure 1 : Carte de la localisation de l'étang de la Foresterie (fond Scan 25)

PLAN CADASTRAL



Figure 2 : Carte des parcelles cadastrales de l'étang de la Foresterie

Pour son étang, le propriétaire possède les parcelles cadastrales suivantes dans la commune d'Allogny :

Tableau n°2 : Parcelles cadastrales correspondant aux étangs

Type	Feuille	Section	Numéro parcelle cadastrale	Superficie (ha)
Etang	3	0A	0648	3.0
Potentielle dérivation	3	0A	0643	6.89
	3	0A	0644	0.8
	3	0A	0645	0.11
	3	0A	0647	0.74

DATE DE CREATION DE L'ETANG DE LA FORESTERIE

L'étang de la foresterie n'est pas présent sur les cartes historiques. Le lieudit « la Foresterie » permet de bien se situer et d'attester de l'absence de l'étang sur la carte de Cassini et le cadastre napoléonien.



Figure 3 : Carte de Cassini du site étudié encadré en rouge

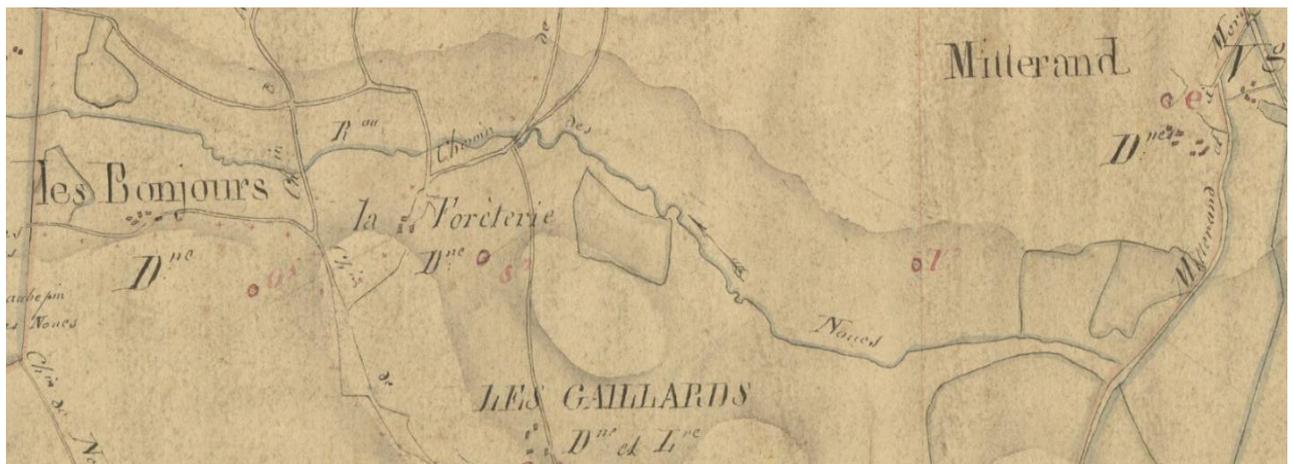


Figure 4 : Extrait du cadastre napoléonien de la zone étudiée (source : archives départementales du Cher)



Figure 5 : Comparaison de l'étang du plan IGN (à gauche) avec la carte de l'état-major de 1820-1866 (à droite). La zone de l'étang actuel est représentée par le rectangle en pointillé.

Sur l'extrait de carte de l'Etat-Major, l'étang de la foresterie n'est pas non plus visible. Celui-ci a donc été créé après 1866.

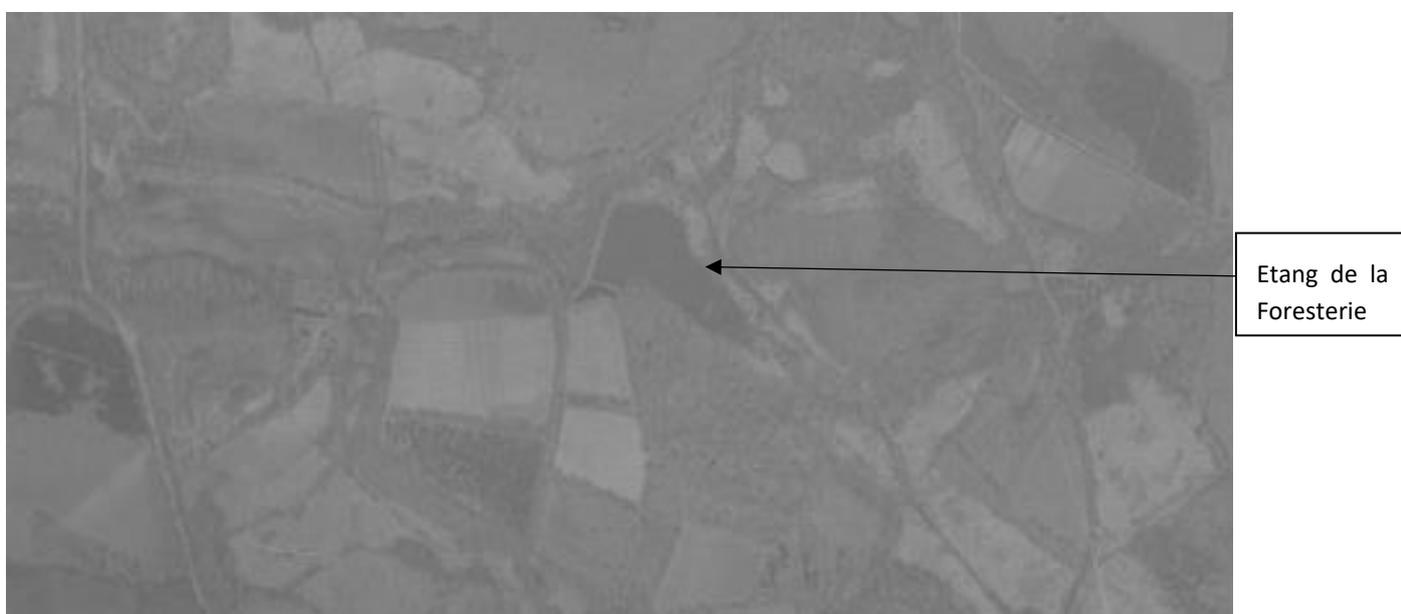


Figure 6 : Photographie aérienne de l'étang de la Foresterie en 1947

La photographie aérienne la plus récente sur laquelle l'étang de la Foresterie est visible correspond à 1947. On observe distinctement l'étang, ainsi que la D944 à l'ouest de l'étang servant de repère. Aucune autre carte entre l'Etat-Major et la photographie aérienne de 1947 ne permet d'affiner la date de création de cet étang.

RESUME DE LA DATE DE CREATION DE L'ETANG :

La photographie la plus ancienne remonte à 1947 sur laquelle apparaît l'étang de la Foresterie, cependant celui-ci a pu être créé **antérieurement**. L'étang n'est pas non plus visible sur la carte de l'Etat-Major, réalisée entre 1820 et 1866.

L'étang de la Foresterie a été créé entre 1866 et 1947. Cet intervalle de temps ne peut pas être plus précis du fait du manque de photographies aériennes et de cartes avant 1947.

Le ruisseau sur lequel est situé l'étang actuellement était déjà présent sur la carte de Cassini puis sur le cadastre napoléonien.

CARACTERISTIQUES DE L'ETANG :

L'étang est situé en barrage de cours d'eau, sur le ruisseau des Noues. Le tributaire est issu d'un autre étang à 800m en amont. L'émissaire se jette dans l'étang des Noues, un autre étang sur le ruisseau des Noues à 2km en aval.

L'étang est composé d'une chaussée de 4m de hauteur, avec une vanne de fond et un déversoir de crue. Lors de la visite, et du fait de la brèche dans la digue en rive gauche, la hauteur d'eau était réduite, et aucune sortie d'eau n'était effective par la vanne. L'ensemble du flux, le 18 mai 2022, était drainé par la brèche et via le fossé longeant l'étang.

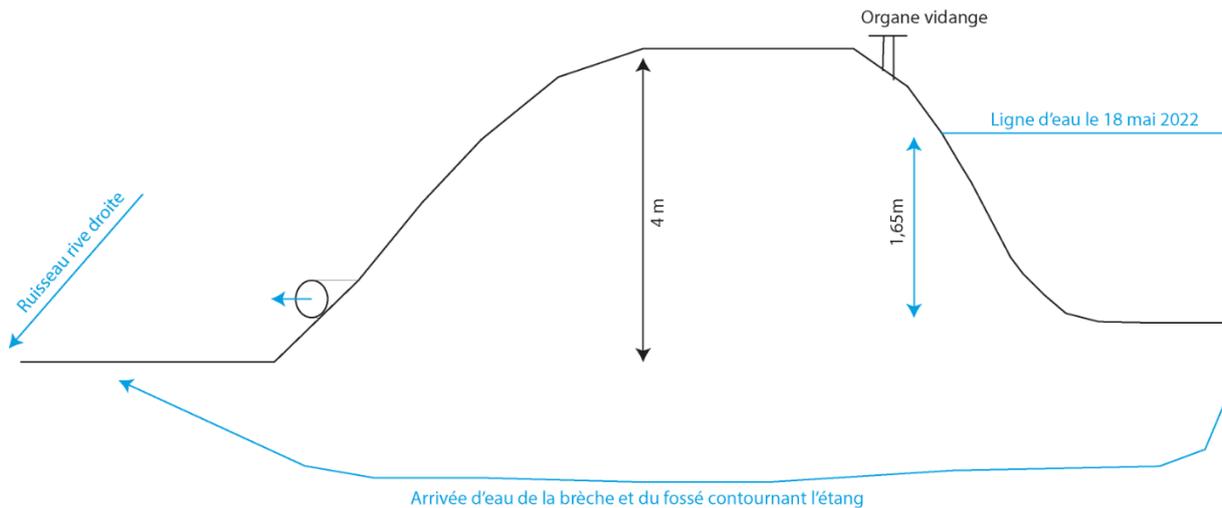


Figure 7: Croquis de la chaussée et des arrivées d'eau en aval de l'étang



Figure 8 : Photographie du tributaire, Ecolimneau, mai 2022

L'étang de la Foresterie est d'une superficie de 3ha. Il est équipé d'un moine, d'un déversoir de crue et d'un autre déversoir. **Une brèche est présente du côté de la berge en rive gauche.** Une intervention est nécessaire pour combler cette brèche. Actuellement, la totalité du débit se déverse à travers cette brèche.



Figure 9 : Photographie de la brèche en rive gauche, Ecolimneau, mai 2022

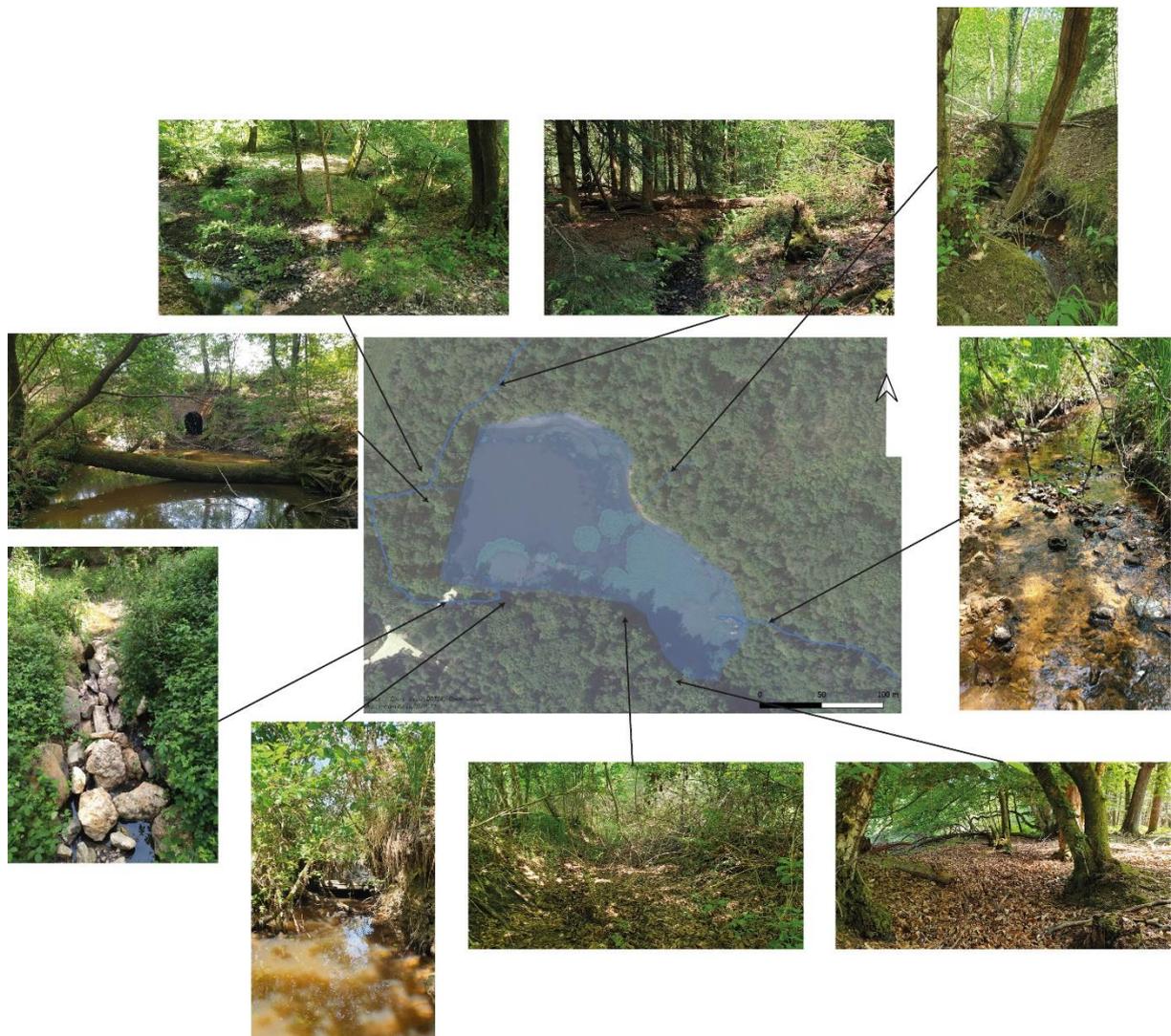


Figure 10 : Photographies des observations réalisées sur le terrain le 18 mai 2022, Ecolimneau

CAS PARTICULIER DU COURS D'EAU EN RIVE DROITE

Le cours d'eau en rive droite (sans toponyme) est présenté comme passant dans l'étang de la Foresterie. Cependant, après visite terrain, celui-ci rejoint l'émissaire de l'étang de la Foresterie en aval de celui-ci. L'étang de la Foresterie n'est pas un obstacle à l'écoulement du ruisseau en rive droite.



Figure 11: Cours d'eau en rive droite, à l'aval de l'étang. Prise de vue depuis le pied de la chaussée vers l'aval. Ecolimneau, 2022

L'étang de la Foresterie ne barre que le seul cours d'eau des Noues.

ETUDE GEOGRAPHIQUE ET HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT :

L'étang de la Foresterie est situé dans le bassin hydrographique du Cher et dans le sous bassin versant du Barangeon. Le bassin versant de l'étang se jette dans le ruisseau des Noues, avant sa confluence avec le Barangeon.

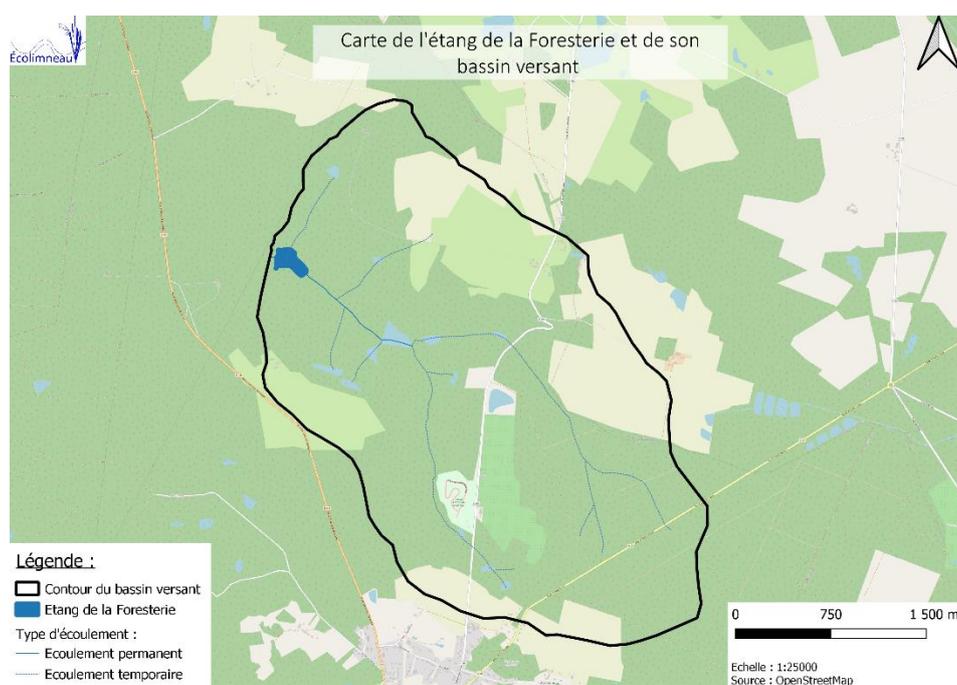


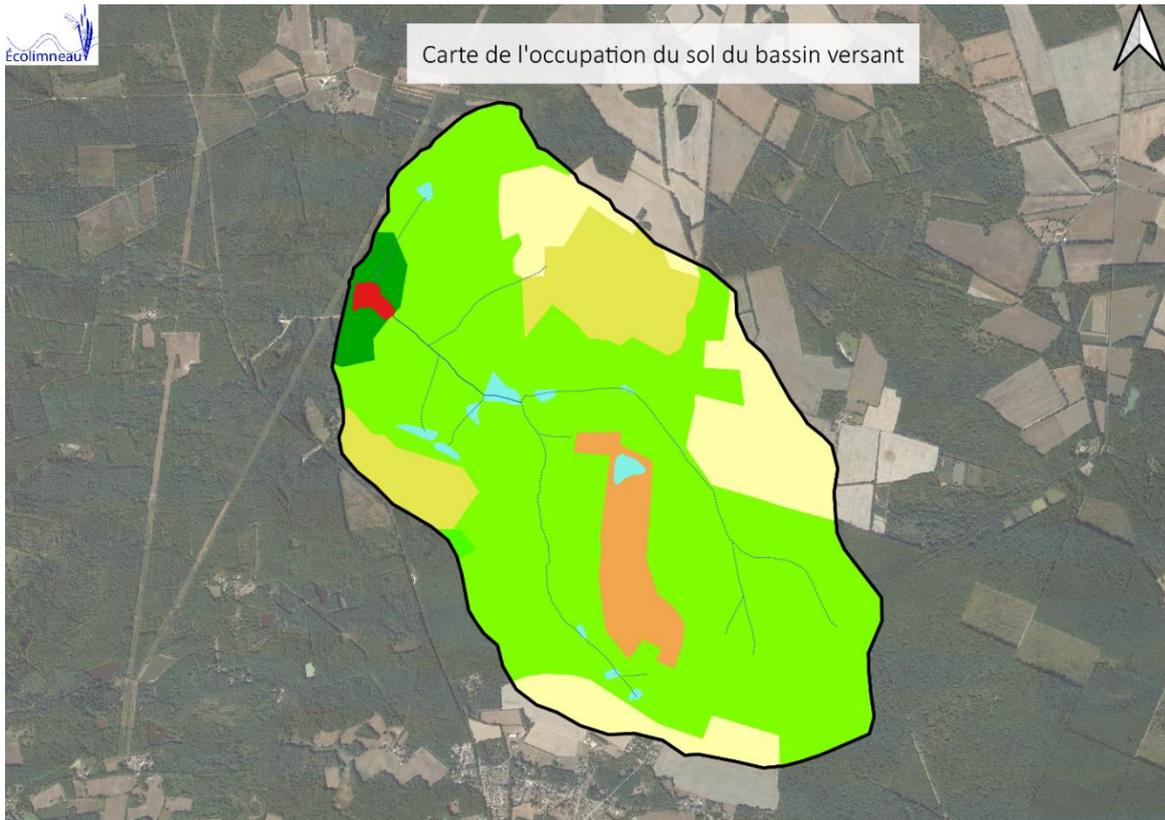
Figure 12 : Carte de l'étang de la Foresterie et de son bassin versant (source : OpenStreetMap)

Tableau n°3 : Caractéristiques hydrologiques du bassin versant des 2 étangs

Nom bassin versant	Etang concerné	Superficie (ha)	Pentes moyennes (°)	Altitude moyenne (m)	Longueur totale de cours d'eau (km)		Superficie de l'étang (ha)	Limnité étendue (surface étangs/surface BV)
					Écoulement permanent	Écoulement temporaire		
Bassin versant de l'étang de la Foresterie	Etang de la Foresterie	944.84	3.29	229.28	1,36	17.81	3	0.32%

OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant de l'étang de la Foresterie a une occupation du sol majoritairement forestière avec 65.88% de forêts de feuillus. Les terres arables représentent 14,7% de la superficie du bassin versant, suivi par des prairies toujours en herbe (10,35%). Le reste du bassin versant est occupé par : des vergers, forêts de conifères, forêts mélangées et les plans d'eau (voir tableau ci-dessous).



Légende :

□ Bassin versant

■ Etang de la Foresterie

Type d'écoulement

— Ecoulement permanent

— Ecoulement temporaire

CLC découpé

■ 211 - Terres arables hors périmètres d'irrigation

■ 222 - Vergers et petits fruits

■ 231 - Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole

■ 311 - Forêts de feuillus

■ 312 - Forêts de conifères

■ 313 - Forêts mélangées

■ 512 - Plans d'eau

0 750 1 500 m

Source : Corine Land Cover, Google Satellite
Echelle : 1:25000

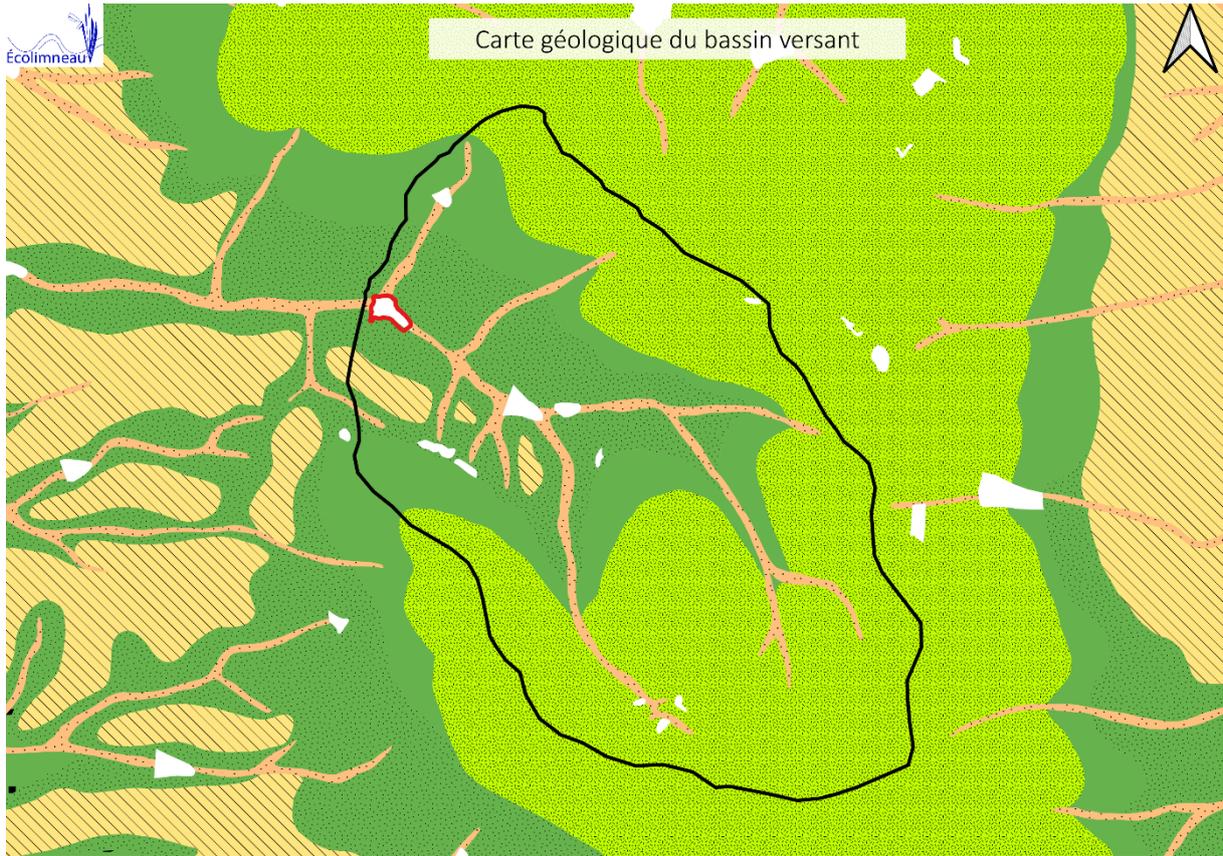
Figure 13 : Carte de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'étang.

Tableau n°4 : Occupation des sols du bassin versant

BV	Code	Type	Superficie (ha)	Occupation des sols (%)
Bassin versant de l'étang de la Foresterie	211	Terres arables hors périmètre d'irrigation	138.9	14.70
	222	Vergers et petits fruits	47.60	5.04
	231	Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	97.84	10.35
	311	Forêts de feuillus	622.51	65.88
	312	Forêts de conifères	21.49	2.27
	313	Forêts mélangées	2.42	0.26
	512	Plans d'eau	14.07	1.49

GEOLOGIE

D'après la carte géologique BRGM du département du cher, l'étang de la Foresterie est situé sur la couche géologique « *Colluvions de fond de vallons secs* ». Les fonds de vallons secs sont des structures hydrologiques formées lors du quaternaire où les cours d'eau étaient plus importants, avec des débits conséquents.



Légende :

Etang de la Foresterie

GEO050K_HARM_018_S_FGEOL_2154

C2, Colluvions de fond de vallons secs (Quaternaire) - 5

eP, Formation caillouteuse à silex roulés ou non, dans matrice sablo-argileuse. Silicification locale (Poudingues siliceux à silex). Formation siliceuse et argileuse résiduelle du Crétacé et de l'Eocène. Cône de déjection. - 82

e/cS, Argile à silex issue du Crétacé supérieur, parfois recouvert de sables à silex (Tertiaire inférieur) - 85

c1bc, Marnes à Ostracées, Argiles ou marnes glauconieuses (Cénomanien moyen-supérieur) - 91

c1ab, Sables de Vierzon : sables glauconieux, fins, jaunes à verts et passées d'argiles calcaires noires (Cénomanien inférieur à moyen) - 94

hydro, Réseau hydrographique - 183

Source : BRGM
Echelle : 1:25000



Figure 14 : Carte géologique du bassin versant de l'étang de la Foresterie

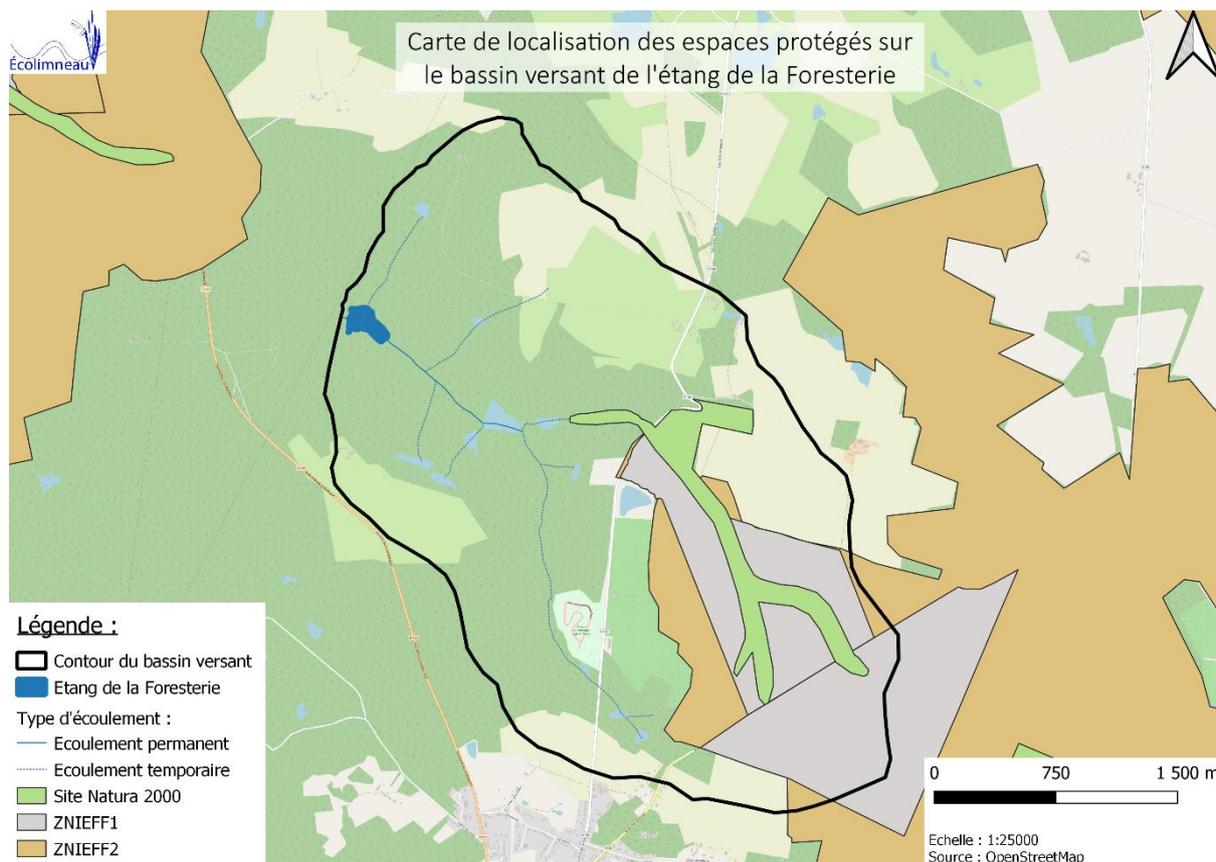


Figure 15 : Carte des zones protégées

Après vérification, le site de l'étang de la Foresterie n'est classé dans aucune zone protégée (ZNIEFF 1, ZNIEFF 2 ou Natura 2000). Cependant des zones à l'amont du ruisseau des Noues sont classées en Site Natura 2000, ZNIEFF 1 et ZNIEFF 2. Ils ne sont pas concernés par les effets possibles de l'étang ou de toute modification sur celui-ci.

II. COMPATIBILITE AVEC LES DOCUMENTS EN VIGUEUR

Le Barangeon et le ruisseau des Noues sont classés en liste 2 d'après l'arrêté du 10 juillet 2012 au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement (figure 16). La liste 2 annule, remplace et complète la notion de « rivières classées » au titre du L.432-6 du code de l'environnement afin d'assurer la compatibilité des ouvrages avec les objectifs de continuité écologique.

La liste 2 impose une restauration de la continuité écologique par effacement, équipement ou gestion dans la recherche d'un équilibre entre les usages et les exigences des milieux aquatiques.

D'après le classement du ruisseau des Noues en liste 2, le propriétaire doit veiller à ce que son étang en barrage de cours d'eau respecte la continuité écologique. Une mise en conformité est nécessaire afin d'assurer la continuité écologique.

LISTE DES OBJECTIFS DU SAGE ET COMPATIBILITE DU PROJET :

L'étang de la Foresterie est compris dans le SAGE Yèvre-Auron, intégré au SDAGE Loire-Bretagne.

L'ARTICLE 6 DU SAGE STIPULE QUE LE DEBIT MINIMUM BIOLOGIQUE DOIT ETRE MAINTENU EN TOUT TEMPS EN AVAL IMMEDIAT OU AU DROIT DE TOUT OUVRAGE CONSTRUIT DANS LE LIT DU COURS D'EAU, OU AU DEBIT A L'AMONT IMMEDIAT DE L'OUVRAGE CONSTRUIT, SI CELUI-CI EST INFÉRIEUR.

Selon l'article L.214-18 du Code de l'Environnement, le « débit minimum biologique » doit être au moins équivalent au 1/10ème du module du cours d'eau défini par le débit moyen interannuel sur une période de 5 années minimales.

Conformément à l'article L.214-18 du Code de l'Environnement, ces ouvrages doivent restituer l'intégralité du débit lorsque le préfet a constaté que le bassin concerné est en situation de crise.

Un débit réservé doit être respecté à l'aval de l'étang de la Foresterie. Celui-ci doit être maintenu toute l'année et équivalent au 1/10ème du module.

L'ARTICLE 7 PRECONISE DE REDUIRE LA POLLUTION A PROXIMITE DES MILIEUX AQUATIQUES. IL S'AGIT SOIT DE POLLUTION D'ORIGINE AGRICOLE, SOIT DE POLLUTION PAR DES COLLECTIVITES OU DES PARTICULIERS.

L'étang de la Foresterie est situé dans un secteur boisé ainsi le ruissellement de polluants d'origine agricole est mineur dans le secteur de l'étang.

L'ARTICLE 11 DU SAGE CHERCHE A PRESERVER ET RESTAURER LA CONTINUITÉ ECOLOGIQUE. POUR CECI, LA DISPOSITION 9B DU SDAGE LOIRE BRETAGNE VISE A ASSURER LA CONTINUITÉ ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU ET L'ARTICLE R.212-47 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT PRÉCISE QU'IL S'AGIT D'AMÉLIORER LE TRANSPORT NATUREL DES SEDIMENTS.

Les équipements susceptibles de constituer un obstacle à la continuité écologique sont obligés d'être ouverts du 1^{er} décembre au 31 mars de chaque année minimum.

Cette règle s'applique à l'ensemble des ouvrages susceptibles de constituer un obstacle à la continuité écologique inventoriés sous la disposition 4.3.1 du PAGD. Après vérification, cette disposition ne mentionne pas le barrage de l'étang de la Foresterie comme ouvrage prioritaire.

L'ARTICLE 12 VISE A LIMITER LA CREATION DES PLANS D'EAU. LA CREATION DE NOUVEAUX PLANS D'EAU AINSI QUE L'EXTENSION DES PLANS D'EAU EXISTANTS SOUMIS A DECLARATION OU A AUTORISATION EN APPLICATION DE LA RUBRIQUE 3.2.3.0 DE LA NOMENCLATURE FIGURANT AU TABLEAU DE L'ARTICLE R. 214-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT SONT INTERDITES SUR :

-les bassins versants classés en zone de répartition des eaux pour les eaux superficielles

-les bassins versants où il existe des réservoirs biologiques

-les secteurs où la densité de plans d'eau est importante, identifiés comme opposables à la création de plans d'eau sur la cartographie établie par l'autorité administrative en application de l'article 14 de la LEMA (voir carte ci-dessous).

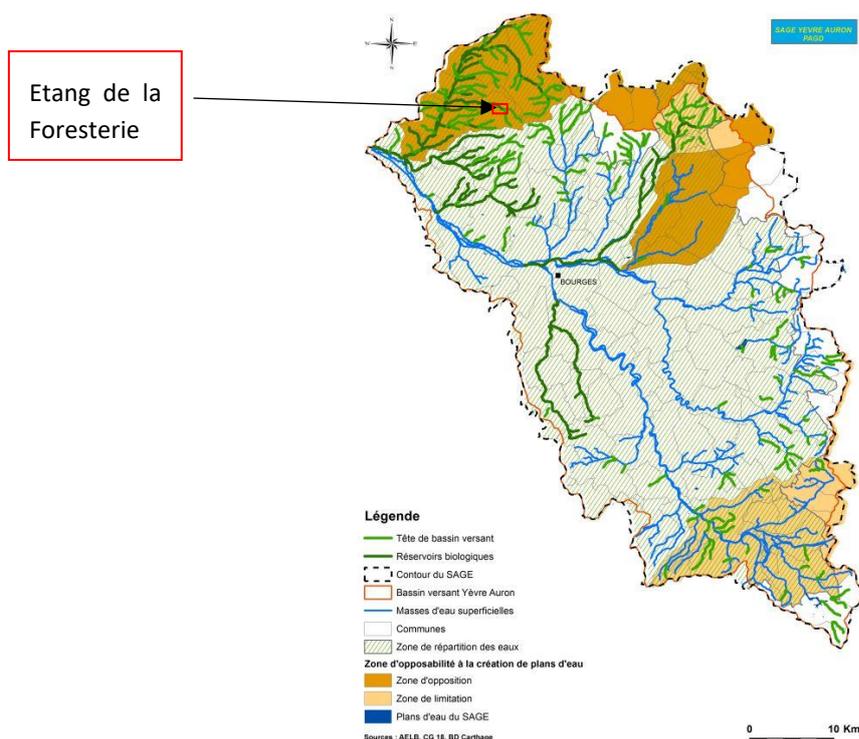


Figure 16 : Extrait de carte de la densité des plans d'eau recensés et zones de répartition des eaux (source : règlement du SAGE)

D'après la carte ci-dessus, l'étang de la Foresterie est situé dans la zone d'opposition à la création de plan d'eau et sur la zone de répartition des eaux. Le ruisseau des Noues, sur lequel est situé l'étang de la Foresterie, est considéré comme un réservoir biologique.

Cependant l'étang n'est pas soumis à cette réglementation car il date d'avant la mise en application des zones d'opposition soit avant l'approbation du SAGE et la loi de 1992.

LA DISPOSITION 4.4.3 DU SAGE YEVRE-AURON VISE A METTRE EN DERIVATION LES PLANS D'EAU CONSTITUANT UN OBSTACLE POUR LA CONTINUTE ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU, LORSQU'ILS NE PEUVENT PAS ETRE SUPPRIMES OU QUE DES AMENAGEMENTS GARANTISSANT LA CONTINUTE ECOLOGIQUE NE PEUVENT PAS ETRE REALISES.

La mise en dérivation permet d'éviter une dégradation de la qualité du cours d'eau et d'assurer la continuité écologique.

Sur la carte ci-dessous, un point rouge est situé sur la zone de l'étang de la Foresterie. Il représente un ouvrage infranchissable (selon l'état des lieux du SAGE 2005).

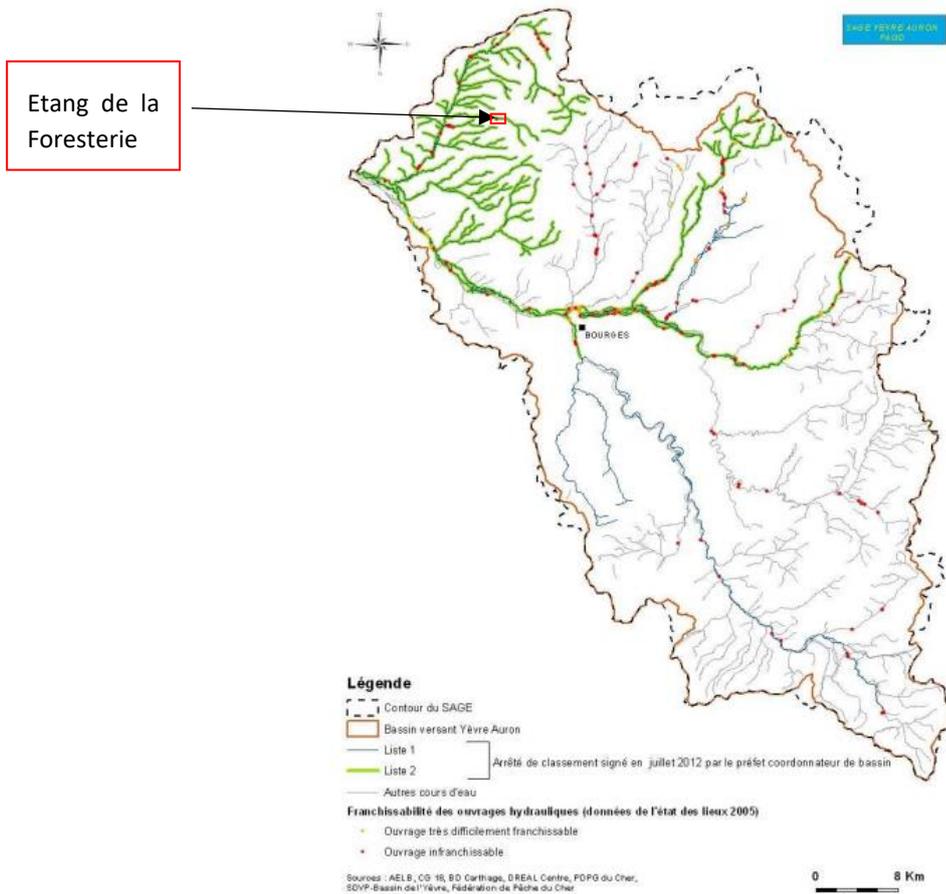
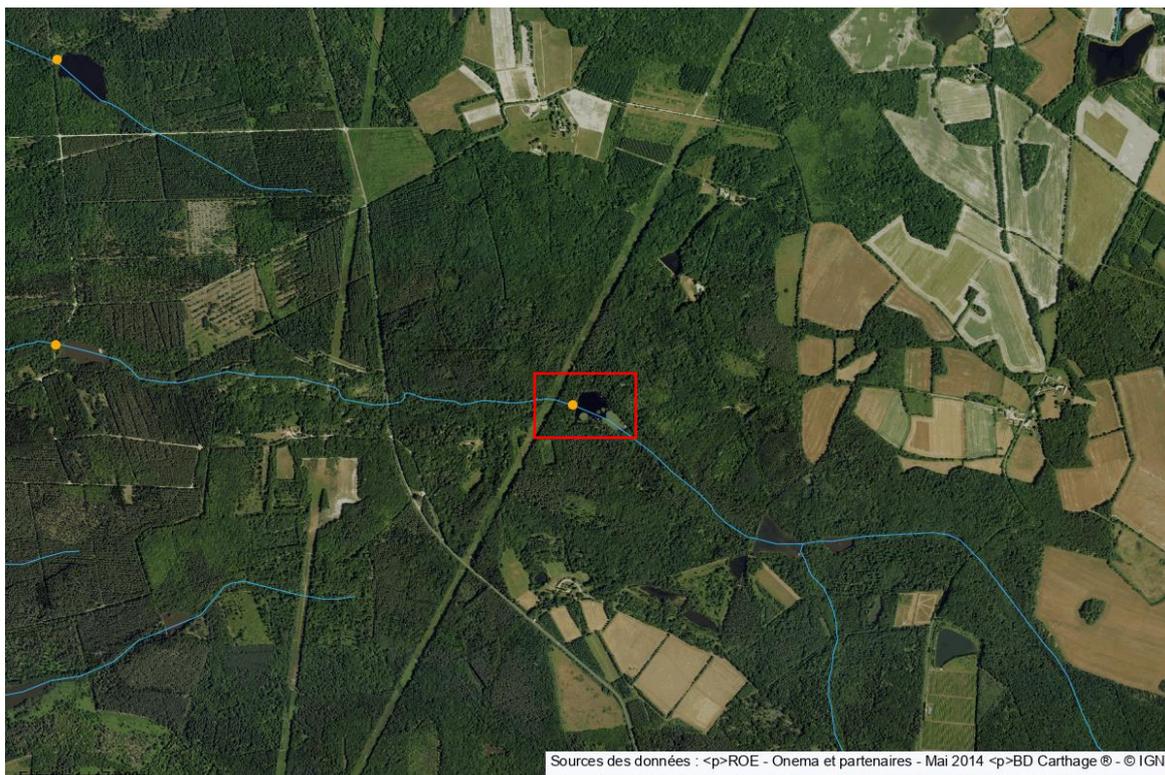


Figure 17 : Répartition des obstacles à l'écoulement à la continuité écologique, et classement des cours d'eau sur le territoire du SAGE Yèvre-Auron (source : règlement du SAGE).

La cartographie du registre des obstacles à l'écoulement ([Carmen](#)) permet de visualiser de manière plus précise les obstacles à l'écoulement dans le secteur de l'étang, comme le montre la carte ci-dessous :



Légende :

Obstacles à l'écoulement

- Barrage
- Seuil en rivière
- Obstacle induit par un pont
- Digue
- Epis en rivière
- Grille de pisciculture
- Non renseigné

Figure 18 : Image aérienne du secteur de l'étang de la Foresterie, celui-ci est encadré en rouge. (Source : Carmen)

Selon le registre Carmen, l'étang de la Foresterie constitue un obstacle à l'écoulement du type barrage. L'état des lieux du SAGE en 2005 a indiqué que cet obstacle était classé comme infranchissable.

Le propriétaire doit veiller au respect de la continuité écologique par la mise en dérivation de l'étang de la Foresterie.

LA DISPOSITION 4.4.4 A POUR OBJECTIF D'AMÉLIORER LES PRATIQUES DE GESTION DES PLANS D'EAU. POUR LES PLANS D'EAU FAISANT L'OBJET D'UNE PROCÉDURE DE DÉCLARATION OU D'AUTORISATION, LES AMÉNAGEMENTS SUIVANTS DOIVENT ÊTRE RÉALISÉS :

-Sensibiliser les propriétaires de plan d'eau pour améliorer les pratiques de vidange (choix de la période de vidange, vitesse de vidange, systèmes de filtre en sortie d'ouvrage...).

-Equiper les exutoires de plan d'eau de moines

-Equiper les plans d'eau sur cours d'eau d'une dérivation de surface franchissable par les espèces piscicoles.

- Veiller à la mise en place d'ouvrages de rétention des sédiments permanents ou non
- Mise en place de grilles empêchant la libre circulation des poissons entre le plan d'eau et le cours d'eau.
- Mise en place d'une pêcherie
- Aménager un déversoir de crue

Le plan d'eau de la Foresterie est déjà équipé d'un moine et d'un déversoir de crue. Afin de régulariser l'étang, il est nécessaire de réaliser une dérivation de l'étang de la Foresterie, et de mettre en place des grilles pour empêcher la circulation des poissons entre le plan d'eau et le cours d'eau.

LISTE DES OBJECTIFS DU SDAGE LOIRE-BRETAGNE ET COMPATIBILITE DU PROJET :

LA DISPOSITION 1E3 DU SDAGE LOIRE-BRETAGNE PRECISE LES CONDITIONS POUR LESQUELLES LA MISE EN PLACE DE NOUVEAUX PLANS D'EAU OU LA REGULARISATION DE PLANS D'EAU NI DECLARES NI AUTORISES EST POSSIBLE SOUS RESERVE DU CUMUL DES CRITERES SUIVANTS :

- Périodes de remplissage, de prélèvements et de vidanges définis pour ne pas pénaliser le plan d'eau surtout en période d'étiage.

- Plans d'eau isolés du réseau hydrographique et des eaux de ruissellement par contournement

- Plans d'eau équipés de systèmes de vidange

- Gestion de l'alimentation et de la vidange des plans d'eau en dérivation soit optimisée au regard du transit sédimentaire

- L'alimentation des plans d'eau en dérivation laisse en permanence transiter un débit minimum pour la vie, circulation et reproduction des espèces**

- Dispositif de piégeage des espèces indésirables doit être prévu

D'après ces conditions, la demande de régularisation du plan d'eau de la Foresterie est confrontée au point de « plans d'eau isolés du réseau hydrographique ». En effet l'étang de la Foresterie est en barrage de cours d'eau et aucun aménagement ne permet son franchissement.

III. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS POUR LA MISE EN CONFORMITE DE L'ETANG

La présence de l'étang de la Foresterie en barrage de cours d'eau nécessite le passage d'un débit réservé. Ce débit est le débit minimal qui doit transiter dans la dérivation, lorsque le débit entrant est suffisant. Sinon, le débit transitant par la dérivation doit être égal au débit entrant, lorsque celui-ci est inférieur au débit réservé.

DEBIT RESERVE – NON OPERANT DANS CE CAS DE FIGURE

Le débit réservé correspond au débit minimum obligatoire qui doit être restitué au cours d'eau en aval d'un ouvrage hydraulique (barrage, plan d'eau, seuil...) afin de garantir le fonctionnement minimal des écosystèmes lotiques. Ce débit doit être assuré tout au long de l'année. Selon l'article L.214-18 du Code de l'Environnement, le « débit minimum biologique » doit être au moins équivalent au 1/10ème du module du cours d'eau défini par le débit moyen interannuel sur une période de 5 années minimale. Dans notre cas, l'étang sera déconnecté du réseau hydrographique. Aucun débit réservé n'est donc à associer à l'ouvrage. Cependant nous avons délibérément conservé le paragraphe afin de se rendre compte des écarts entre les modèles hydrauliques et les réalités de terrain.

Dans le cas du calcul du débit réservé pour l'étang de la Foresterie, nous avons récupéré les données de la station hydrographique « le Barangeon à Vouzeron ». Cette station est localisée sur le Barangeon, à 4 km de l'étang de la Foresterie à l'aval de la confluence avec le ruisseau des Noues. L'étang est situé sur le même bassin versant que la station de mesures (Bassin versant du Barangeon). Le climat, la géologie y sont similaires et permettent de déterminer le débit réservé de l'étang de la Foresterie à partir des valeurs de débits mesurés sur la station hydrographique à Vouzeron.



Figure 19 : Carte de localisation de la station hydrométrique permettant le calcul du débit réservé

Sur cette station, des mesures de débits sont réalisés depuis 2019. Le tableau ci-dessous indique les valeurs des débits moyens mensuels.

	QmM Débit moyen mensuel (en l/s)	Qsp Débit spécifique (en l/s/km ²)	Lame d'eau (en mm)
Janvier	1 680	12,5	33
Février	1 990	14,8	36
Mars	899	6,7	18
Avril	607	4,5	12
Mai	443	3,3	9
Juin	269	2,0	5
Juillet	285	2,1	6
Août	108	0,8	2
Septembre	116	0,9	2
Octobre	276	2,0	5
Novembre	637	4,7	12
Décembre	1 920	14,2	38
Année	763	5,7	179

Figure 20 : Tableau récapitulatif des débits de la station du Barangeon à Vouzeron (source : eaufrance)

Les bassins versants étant proches et assez similaires dans leurs fonctionnements hydrologiques, afin de calculer le module pour l'étang de la Foresterie, on réalise un rapport avec :

-les valeurs du débit moyen mensuel obtenues grâce au tableau ci-dessus : **763l/s**

-la surface du bassin versant du Barangeon : **135km²**

-la surface du bassin versant de l'étang : **9,4km²**

Valeur du module obtenue sur la station en amont de l'étang de la Foresterie : $(763 \times 9,4) / 135 = 53,4l/s$

Pour le bassin versant de l'étang de la Foresterie, le module est de : **53,4 l/s**

Puis afin d'obtenir la valeur du débit réservé, le module correspondant à l'étang de la Foresterie doit être équivalent à minima au 10^{ème} du module, comme énoncé dans l'article L.214-18 du Code de l'Environnement

Valeur du débit réservé obtenue : **5,34l/s**

Ainsi le débit réservé doit être au moins équivalent à **5,34l/s** à l'aval de l'étang.

MESURES COMPLEMENTAIRES DE DEBIT

Deux mesures de débit ont été effectuées en mai et juillet 2022 afin d'affiner les données de débit réservé proposées.

Le 18 mai 2022 à 15h, à l'amont immédiat de l'étang de la foresterie, un débit de 1,7 l/s a été mesuré.

Le 13 juillet 2022 à 13h, à l'amont immédiat de l'étang de la foresterie, un débit de 0,4 l/s a été mesuré.

COMPARAISON AVEC LE DEBIT ESTIME DEPUIS LA STATION DU BARRANGEON

Une comparaison est effectuée entre les données récoltées et celles estimées depuis la station sur le Barangeon afin d'affiner et vérifier le calcul du débit réservé.

Le 18/05/2022 à 15h, le débit du Barangeon a été mesuré à 246 l/s (source Banque Hydro). De fait, le débit estimé à l'amont de l'étang est de 17,2 l/s.

Le 13 juillet 2022, le débit du Barangeon a été mesuré à 162 l/s (source Banque Hydro). De fait, le débit estimé à l'amont de l'étang est de 11,28 l/s.

Débit mesuré (l/s)	Débit calculé (l/s)	Ecart (valeur)	Ecart (%)
1,7	17,2	15,5	90 %
0,4	11,28	10,88	96%

Les écarts entre les débits mesurés et ceux estimés sont très conséquents. Ces erreurs peuvent provenir d'une différence notable de fonctionnement des deux bassins versants. Pour l'étang de la Foresterie, cet écart peut être lié à la présence d'un étang en amont sur cours d'eau, avec une superficie plus importante.

Le débit réservé retenu pour le projet reste cependant celui de 5,3l/s en accord avec le propriétaire.

ANALYSE HYDRAULIQUE

Le fonctionnement hydraulique de la rivière au droit de l'étang a été projeté à partir d'un rapport de bassin versant de la station « le Barangeon à Vouzeron ».

Tableau 1 : Débit moyens mensuels

	Débit moyen mensuels (en l/s) à le Barangeon à Vouzeron	Débit moyen mensuels (l/s) à l'étang de la Foresterie
Janvier	1680.00	116.98
Février	1640.00	114.19
Mars	832.00	57.93
Avril	605.00	42.13
Mai	436.00	30.36
Juin	261.00	18.17
Juillet	247.00	17.20
Août	92.00	6.41
Septembre	116.00	8.08
Octobre	282.00	19.64
Novembre	592.00	41.22
Décembre	1590.00	110.71
Année	694.00	48.32

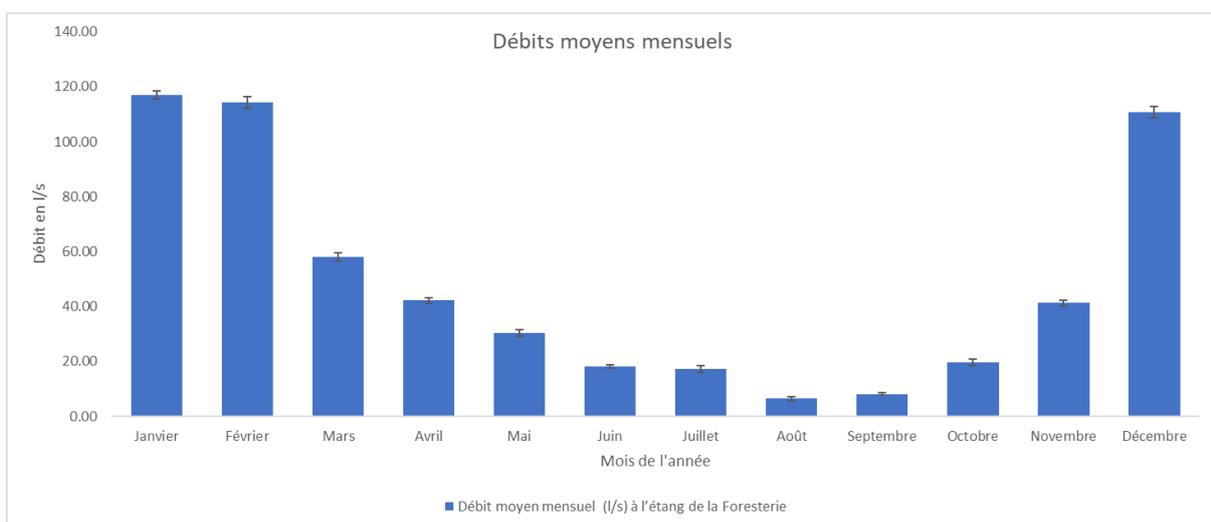
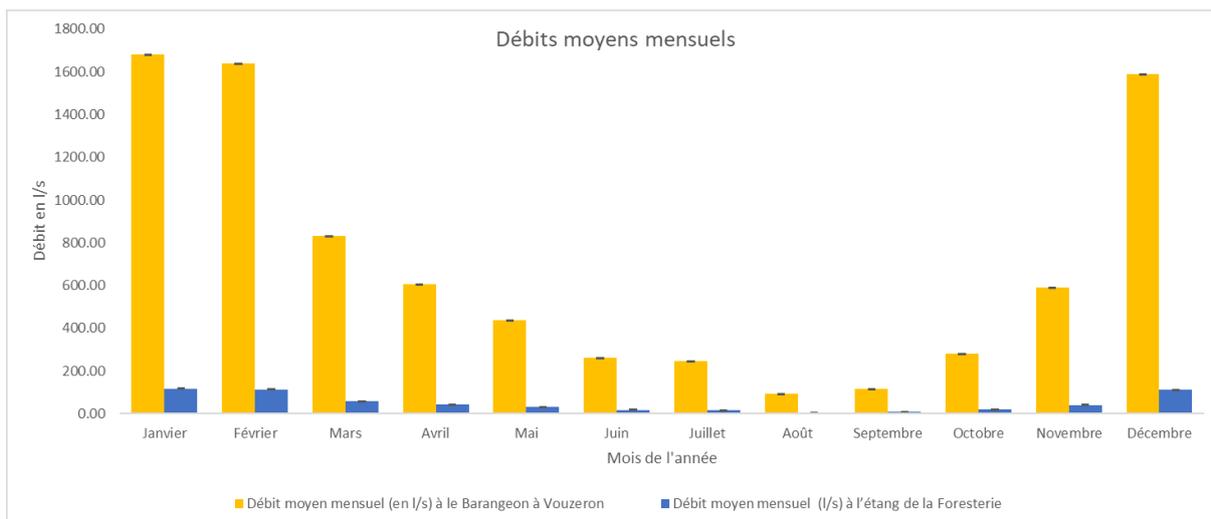


Figure 21 : Débits moyens mensuels

Tableau 2 : Débit classés

Fréquence au non dépassement	Débit (l/s) à le Barangeon à Vouzeron	Débit (l/s) à l'étang de la Foresterie
0%	25.00	1.74
1%	29.00	2.02
1%	30.00	2.09
2%	34.00	2.37
3%	36.00	2.51
5%	48.00	3.34
10%	67.00	4.67
15%	107.00	7.45
20%	145.00	10.10
25%	178.00	12.39
30%	223.00	15.53
35%	253.00	17.62

40%	301.00	20.96
45%	349.00	24.30
50%	405.00	28.20
55%	462.00	32.17
60%	536.00	37.32
65%	610.00	42.47
70%	708.00	49.30
75%	856.00	59.60
80%	1000.00	69.63
85%	1210.00	84.25
90%	1650.00	114.89
95%	2450.00	170.59
97%	3430.00	238.83
98%	4140.00	288.27
99%	6120.00	426.13
100%	9380.00	653.13

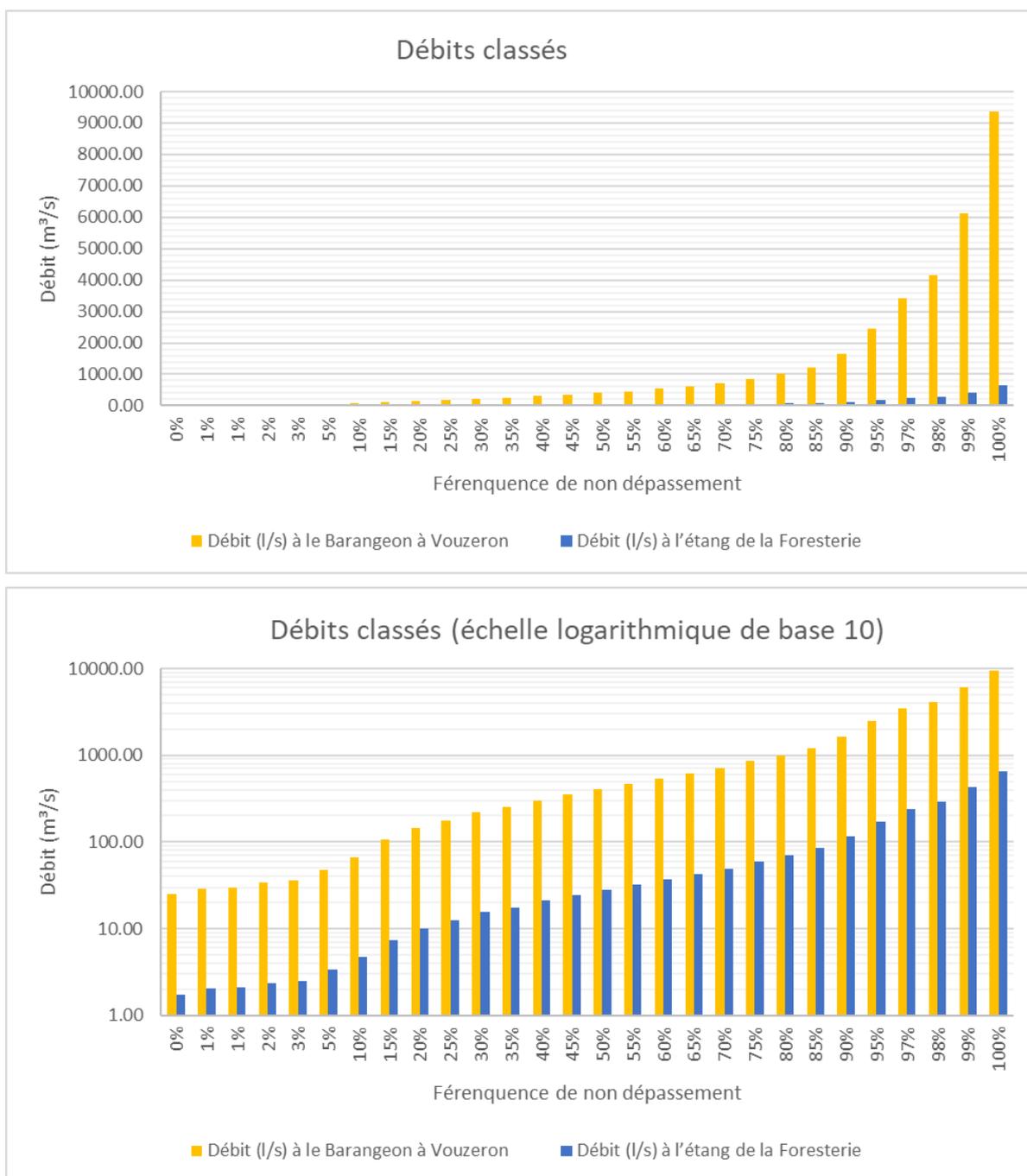


Figure 22 : Débits classés

NOUVEAU CHENAL DE CONTOURNEMENT DE L'ÉTANG

Une dérivation doit être créée pour répondre au besoin de déconnexion du plan d'eau avec la rivière. La carte suivante présente la localisation de la dérivation qui permet de contourner le plan d'eau de la Foresterie, en partie facilitée par la présence d'un fossé contournant le plan d'eau, mais non actif (voir les transects). Le rétablissement de la pente et l'établissement d'une prise d'eau peuvent être suffisants afin de récupérer la fonctionnalité du milieu.



Figure 23 : Photos d'un ancien fossé présent en rive gauche de l'étang (Ecolimneau, 2022)



Figure 24 : Photo de la morphologie de la rivière en amont de l'étang et hors influence, au droit du transect 16 (Ecolimneau, 2022)



Figure 25 : Photos de l'ancien fossé prises depuis le transect 16 vers le fossé (Ecolimneau, 2022)

En situation projeté, la dérivation est un nouveau chenal de, en moyenne, 3m de large. Il est situé en rive gauche de l'étang. La pente moyenne est de 5.8 %, avec un dénivelé de 2.89m sur 500m de linéaire.

La morphologie amont de la rivière (hors influence) à une Lpb de 3m. 0.5m de Hpb pour les radier et 0.8m de Hpb pour les secteurs de mouilles. La succession de deux radiers est de 7*Lpb en moyenne soit tous les 21m. La pente moyenne entre les deux étangs est de 1.09%. La sinuosité est nul, en effet la rivière a été rectifiée et recalibré sur ce secteur. La granulométrie grossière est constitué de cailloux grossiers [32 ; 64]. La classe granulométrique dominante est constituée de cailloux fins [13 ; 32].

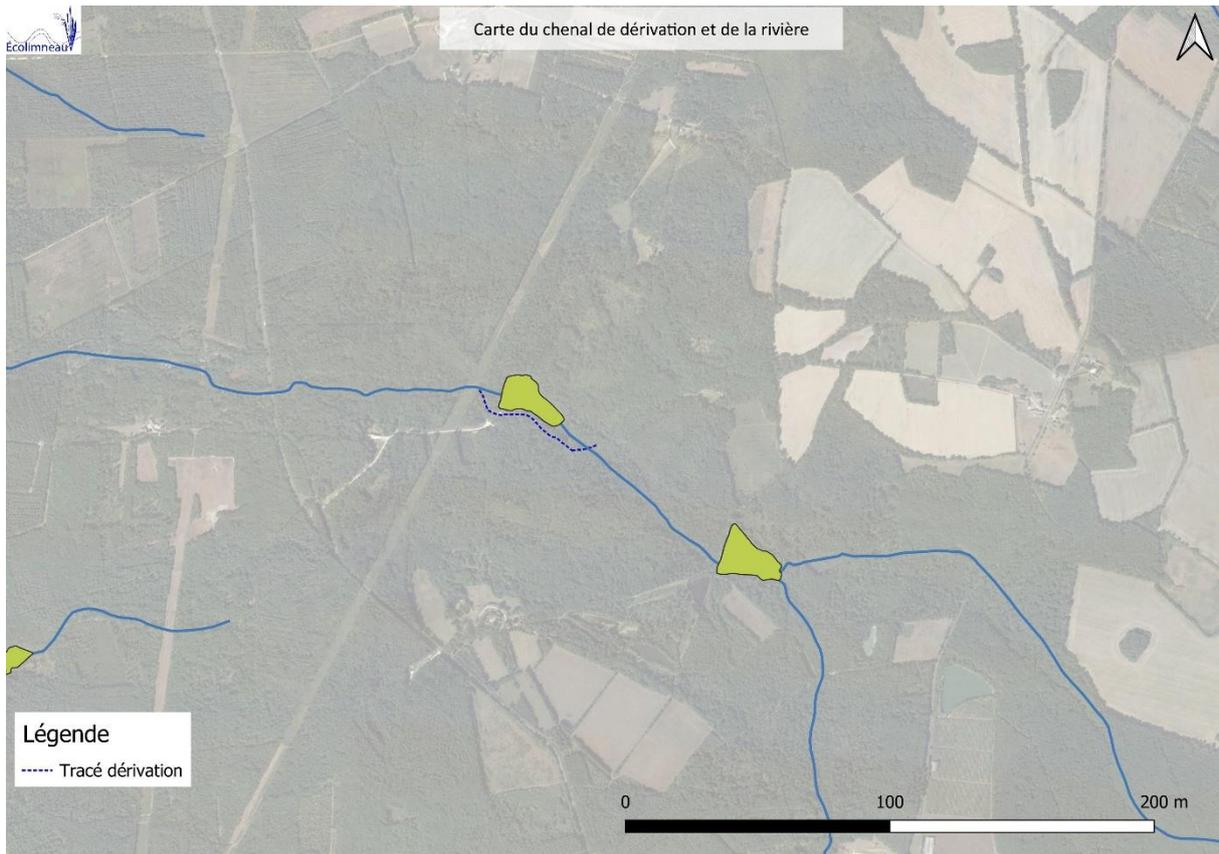


Figure 26 : Carte de localisation de la rivière de contournement dans le contexte hydrologique

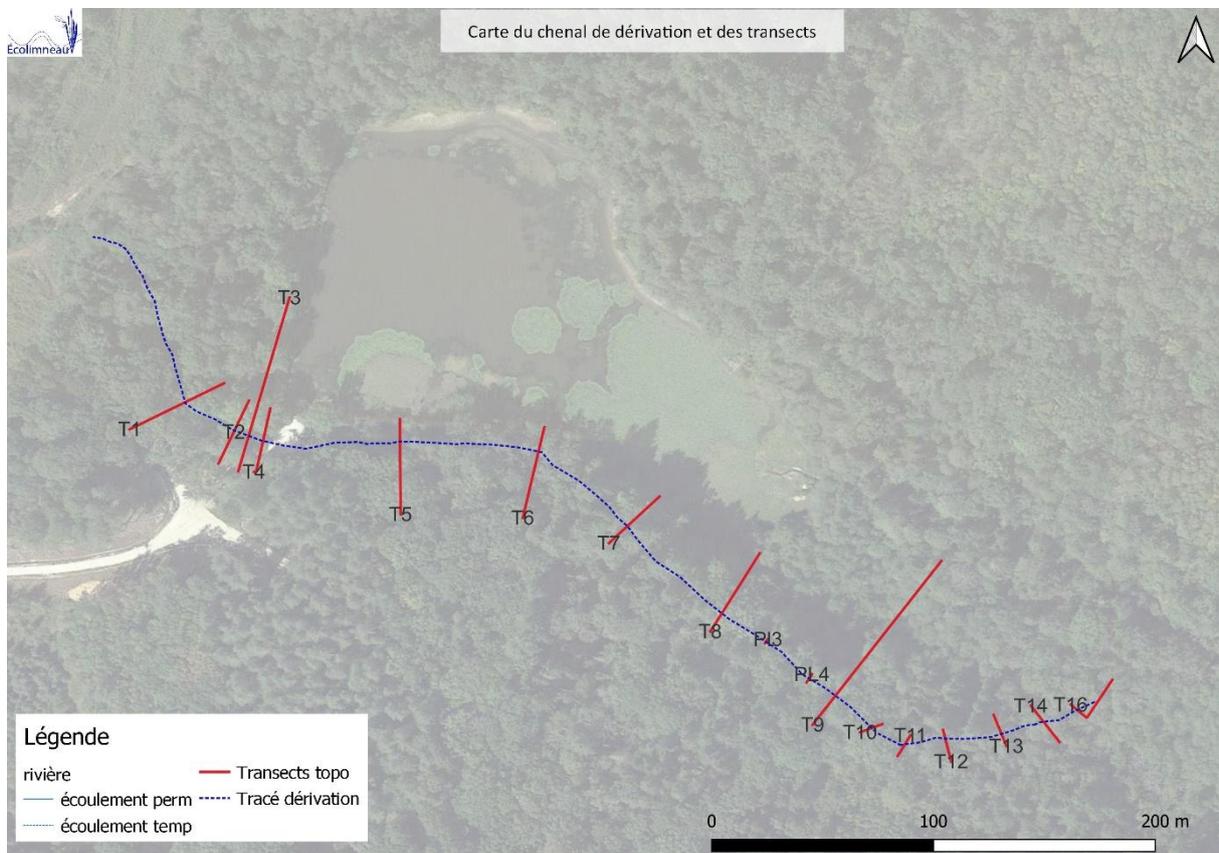


Figure 27: Carte de localisation de la dérivation et localisation des transects

OPERATIONS A REALISER

Compte tenu du contexte, il est inévitable d'intervenir sur l'ensemble du site pour disposer d'une rivière avec des berges en rive droite qui convient de stabiliser convenablement, faisant office de digue. Partant de ce constat, il ressort très vite que stabiliser les berges sur l'ensemble du linéaire en veillant à conserver le cheminement du fossé existant existants s'avère beaucoup trop coûteux. En effet, cela demanderait de réaliser des techniques mixtes (minérales et biologique) pour consolider certaines berges. Fort de ce constat, le tracé de la rivière de contournement reprend les caractéristiques du fonctionnement de la rivière hors influence (Lpb), la pente est proche de la pente du fond de vallon (2.2%) et afin d'avoir le projet le plus ambitieux pour le milieu naturel, il est proposé la réalisation des aménagements suivants :

- Création d'une dérivation, une rivière de contournement, un nouveau chenal avec une section hydraulique très proche de la section présente naturellement en amont de l'ouvrage.
 - Linéaire : 445 ml
 - Pente 0.0058 m/m soit 0.58%
 - Fond du lit 3 m et talus en 2H/3V au maximum
- Création d'un ouvrage pour (1) alimenter le nouveau chenal, (2) empêcher l'eau de se diriger vers l'étang, (3) avoir une répartition en période de hautes eaux et (4) limiter d'enclencher une morphogénèse dans le nouveau chenal en période de hautes eaux.
- Création de la digue de l'étang sur le secteur amont, avec un talus stable en 1H/1V maximum et une digue de 11 m sur sa partie la plus fine.
- Recharge granulométrique 10/30 tous les 21-27m (voir carte correspondante). Les dimensions sont très proches de celles d'un radier hors influence : 3m de large x 1m de long sur 0.2m d'épaisseur ; soit 0.6m³ par radier. Soit 9 Big-bag pour l'ensemble des travaux.
- Entre chaque zone de recharge granulométrique, le lit sera sur-approfondi de 0.3m alternativement en rive droite du nouveau chenal puis en rive gauche du nouveau chenal.
- Reprendre le tracé du cours d'eau en le faisant divaguer légèrement entre le nouvel ouvrage de prise d'eau et la limite amont de l'ouvrage de franchissement afin de faciliter la continuité écologique en rattrapant une partie de la chute. Les berges en extradors de méandre pourront être stabilisées à l'aide de génie végétal (tressage et boutures de saules) après quelques mois de fonctionnement si des érosions importantes sont observées. Quelques blocs ponctuellement répartis pourront être disposés pour diversifier les habitats, les écoulements et servir ponctuellement de déflecteurs.
- Reprendre l'ouvrage de franchissement du nouveau chenal afin de réduire son influence sur la pente de fond et maximiser sa stabilité vis-à-vis de l'érosion régressive et des embacles. Le nouvel ouvrage proposé est pont cadre de 3m de large par 2m de haut enfoncé dans le substrat de 0.6m afin que le lit soit naturel. La cote du seuil de fond du seuil de l'ouvrage est de 171.70 m. Soit 0.6m sous le niveau actuel aval
- Rétablir la continuité écologique avec une pente globale de 0.58% prenant en compte l'ouvrage de franchissement.
- Une reprise naturelle par la végétation est prévue.

La modification du tracé va entraîner une concentration des écoulements, ce qui va engendrer une augmentation des forces d'arrachement. Les hauteurs de digues de l'étang seront relativement importantes (jusqu'à 3 m), ces érosions de berges présenteraient un réel danger pour la pérennité de l'étangs. Dans ce contexte il a été décidé d'ajuster la largeur du nouveau lit mineur avec celle de la largeur de plein bord du lit hors influence afin de laisser un espace de divagation à la rivière et lui permettre d'accueillir des débits importants sans risquer une reprise trop importante de la morphogénèse dans le chenal. Le fait de travailler avec une pente faible (voir très faible) de 0.58% permet de conserver un écoulement fluvial (subcritique) limitant le caractère turbulent de l'écoulement.

Si la dynamique latérale et d'incision du cours d'eau devient relativement importante, il conviendra de réaliser une protection de berge localisée en technique mixte (minérale en pied de berge et biologique en haut de berge)

Une étude géotechnique ainsi qu'un suivi géotechnique des travaux s'avèrent nécessaires pour garantir la stabilité de l'ouvrage.

CALAGE D'UN OUVRAGE AMONT AVEC UNE REPARTITION DES EAUX EN PERIODE DE HAUTES EAUX (TRANSECT 16)

L'ouvrage qui sera mis en place au niveau de la prise amont, devra s'assurer que l'ensemble du débit transite par la dérivation 90 % du temps, soit jusqu'à un débit de 110L/s (voir courbe des débits classés). Pour des valeurs supérieures à 110L/s, une partie du débit transiterait vers l'étang.

De part et d'autre du seuil, deux IPNs de 0.2m de haut et 0.05 de large seront installés afin d'installer une grille afin de bloquer le passage des poissons. Ce dispositif permet également un système de fermeture totale (ex batardeaux) permettant ainsi de bloquer le remplissage entre le 15 juin et le 30 septembre (ART 8 – arrêté du 09 juin 2021 fixant les prescriptions générales applicables aux plans d'eau).

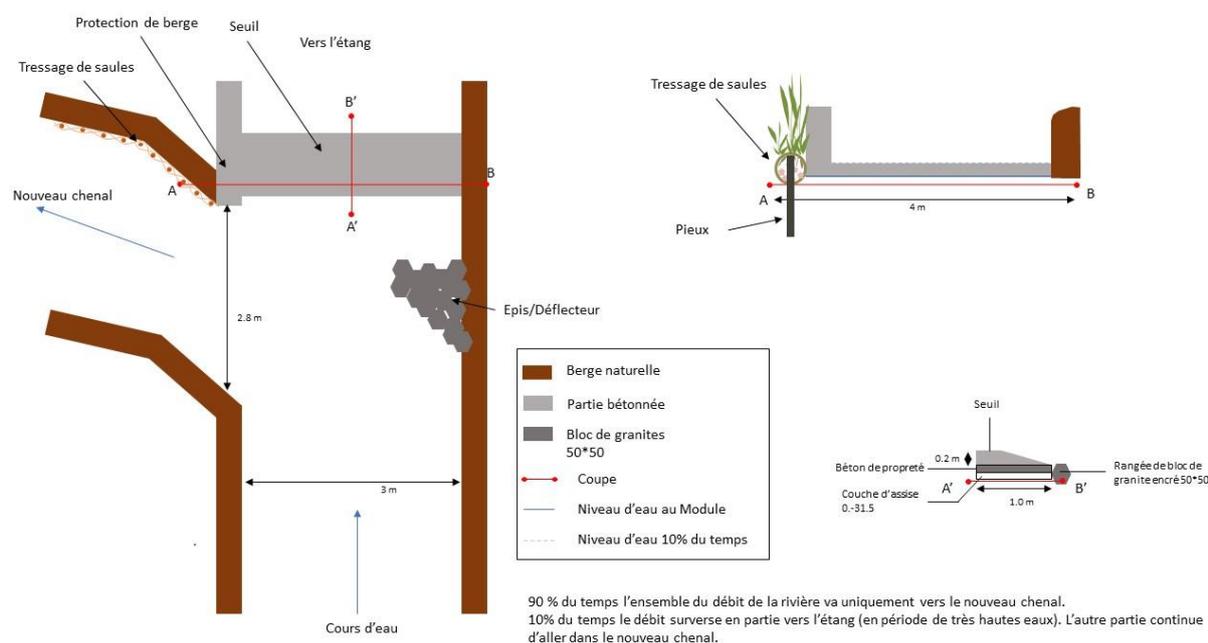


Figure 28 : Schéma de l'ouvrage amont de répartition en période de hautes eaux

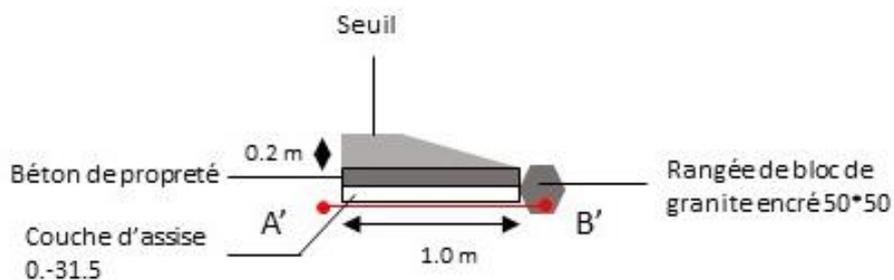


Figure 29 : Schéma de l'ouvrage amont de répartition en hautes eaux - coupe en plan

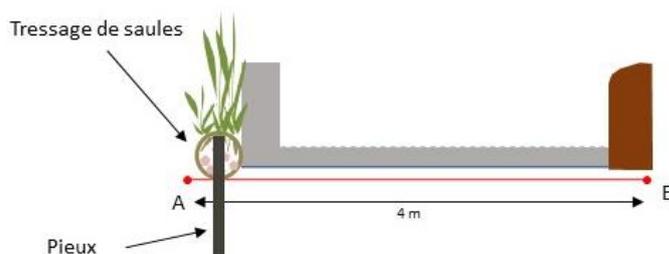


Figure 30 : Schéma de l'ouvrage amont de répartition en hautes eaux - coupe en travers

Ce type de dispositif à l'avantage (i) de ne pas engendrer de rupture à la continuité écologique dans le nouveau chenal, (ii) de limiter le tirant d'eau, les vitesses d'écoulement et de limiter les forces tractrices en période de hautes eaux. En effet une partie de l'eau étant dérivé dans l'étang. (iii) de créer une rupture de continuité écologique entre l'étang et la rivière limitant les échanges piscicoles possibles.

Le fonctionnement hydraulique au sein du nouveau chenal est directement dépendant de paramètres présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Paramètres hydrauliques fixé à surface libre dans le cas d'un régime uniforme

Paramètres fixés	Valeurs
Coefficient de Strickler (SI)	20
Pente du fond (m/m)	0.0058
Hauteur de berge (m)	1
Largeur au niveau des berges (m)	3

Le coefficient de Strickler choisi est le Ks normal pour un lit mineur propre, rectiligne, bien remplis d'eau, sans failles ni mouilles profondes avec quelques herbier et des pierres (Tableau de Chow (1959)).

Tableau 4 : Hauteur d'eau dans le nouveau chenal en fonction du débit d'entré

Débit (m3/s)	Tirant d'eau (m)	Vitesse moyenne (m/s)
0.01	0.026	0.131
0.02	0.039	0.172
0.03	0.05	0.201
0.04	0.059	0.225
0.05	0.068	0.246
0.06	0.076	0.264
0.07	0.083	0.28
0.08	0.09	0.295
0.09	0.097	0.309
0.1	0.104	0.322
0.11	0.11	0.333
0.12	0.116	0.345
0.13	0.122	0.355
0.14	0.128	0.366
0.15	0.133	0.375
0.16	0.139	0.385
0.17	0.144	0.394
0.18	0.149	0.402
0.19	0.154	0.41
0.2	0.159	0.418

0.21	0.164	0.426
0.22	0.169	0.434
0.23	0.174	0.441
0.24	0.179	0.448
0.25	0.183	0.455
0.26	0.188	0.462
0.27	0.192	0.468
0.28	0.197	0.475
0.29	0.201	0.481
0.3	0.205	0.487
0.31	0.21	0.493
0.32	0.214	0.499
0.33	0.218	0.504
0.34	0.222	0.51
0.35	0.226	0.515
0.36	0.231	0.521
0.37	0.235	0.526
0.38	0.239	0.531
0.39	0.243	0.536
0.4	0.246	0.541
0.41	0.25	0.546
0.42	0.254	0.551
0.43	0.258	0.555
0.44	0.262	0.56
0.45	0.266	0.565

Pour 110 L/s, le tirant d'eau calculé est de 0.11m. Nous proposons de prendre plus de marge, en effet les valeurs de débits issues de la station hydrométriques nous paraissent éparées. Ainsi nous proposons d'ajuster le seuil vers l'étang à une hauteur de 0.2m (correspondant théoriquement à un débit de 280 L/s.

Ainsi pour les différentes plages de débit, la répartition se fait de cette manière :

Tableau 5 : Répartition des débits entre le nouveau chenal et le seuil vers l'étang

Débit total (m ³ /s)	Nouveau chenal : Débit total (m ³ /s)	Nouveau chenal : Type d'écoulement	Nouveau chenal : Régime	Seuil : Débit total (m ³ /s)	Seuil : Type d'écoulement	Seuil : Régime
0.01	0.01	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.02	0.02	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.03	0.03	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.04	0.04	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.05	0.049	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.06	0.06	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.07	0.07	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.08	0.079	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.09	0.088	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.1	0.1	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.11	0.112	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul

0.12	0.12	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.13	0.128	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.14	0.14	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.15	0.151	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.16	0.16	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.17	0.17	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.18	0.18	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.19	0.19	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.2	0.2	Surface libre	Noyé	0	Débit nul	Débit nul
0.21	0.21	Surface libre	Noyé	0.0003	Surface libre	Noyé
0.22	0.218	Surface libre	Noyé	0.011	Surface libre	Noyé
0.23	0.201	Surface libre	Noyé	0.019	Surface libre	Noyé
0.24	0.203	Surface libre	Noyé	0.027	Surface libre	Noyé
0.25	0.221	Surface libre	Noyé	0.037	Surface libre	Noyé
0.26	0.208	Surface libre	Noyé	0.042	Surface libre	Noyé
0.27	0.209	Surface libre	Noyé	0.048	Surface libre	Noyé
0.28	0.222	Surface libre	Noyé	0.058	Surface libre	Noyé
0.29	0.222	Surface libre	Noyé	0.058	Surface libre	Noyé
0.3	0.246	Surface libre	Noyé	0.064	Surface libre	Noyé
0.31	0.232	Surface libre	Noyé	0.06	Surface libre	Noyé
0.32	0.242	Surface libre	Noyé	0.063	Surface libre	Noyé
0.33	0.251	Surface libre	Noyé	0.065	Surface libre	Noyé
0.34	0.261	Surface libre	Noyé	0.068	Surface libre	Noyé
0.35	0.271	Surface libre	Noyé	0.07	Surface libre	Noyé
0.36	0.293	Surface libre	Noyé	0.076	Surface libre	Noyé
0.37	0.302	Surface libre	Noyé	0.078	Surface libre	Noyé
0.38	0.312	Surface libre	Noyé	0.081	Surface libre	Noyé
0.39	0.3	Surface libre	Noyé	0.078	Surface libre	Noyé
0.4	0.309	Surface libre	Noyé	0.08	Surface libre	Noyé
0.41	0.318	Surface libre	Noyé	0.082	Surface libre	Noyé
0.42	0.326	Surface libre	Noyé	0.085	Surface libre	Noyé
0.43	0.335	Surface libre	Noyé	0.087	Surface libre	Noyé
0.44	0.344	Surface libre	Noyé	0.089	Surface libre	Noyé
0.45	0.362	Surface libre	Noyé	0.094	Surface libre	Noyé

Dans cette configuration, théoriquement, 95% du temps, l'eau va dans le nouveau chenal, ce n'est qu'à partir de 200L/s que le seuil se mettra en fonction, soit 5% du temps.

Les conditions d'écoulement dans le nouveau chenal sont décrits dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Conditions d'écoulement dans le nouveau chenal

Débit (m ³ /s)	Tirant d'eau	Charge spécifique (m)	Charge critique (m)	Largeur au miroir (m)	Périmètre mouillé (m)	Surface mouillée (m ²)	Rayon hydraulique (m)	Vitesse moyenne (m/s)	Froude	Type de régime
0.01	0.026	0.026	0.016	3	3.051	0.077	0.025	0.131	0.261	Fluvial
0.02	0.039	0.04	0.025	3	3.078	0.116	0.038	0.172	0.278	Fluvial
0.03	0.05	0.052	0.033	3	3.099	0.149	0.048	0.201	0.289	Fluvial
0.04	0.059	0.062	0.039	3	3.118	0.177	0.057	0.225	0.296	Fluvial
0.05	0.068	0.071	0.046	3	3.136	0.203	0.065	0.246	0.302	Fluvial
0.06	0.076	0.079	0.052	3	3.152	0.227	0.072	0.264	0.306	Fluvial
0.07	0.083	0.087	0.057	3	3.167	0.25	0.079	0.28	0.31	Fluvial
0.08	0.09	0.095	0.063	3	3.181	0.271	0.085	0.295	0.313	Fluvial
0.09	0.097	0.102	0.068	3	3.194	0.292	0.091	0.309	0.316	Fluvial
0.1	0.104	0.109	0.073	3	3.207	0.311	0.097	0.322	0.319	Fluvial
0.11	0.11	0.116	0.077	3	3.22	0.33	0.102	0.333	0.321	Fluvial
0.12	0.116	0.122	0.082	3	3.232	0.348	0.108	0.345	0.323	Fluvial
0.13	0.122	0.128	0.086	3	3.244	0.366	0.113	0.355	0.325	Fluvial
0.14	0.128	0.134	0.091	3	3.255	0.383	0.118	0.366	0.327	Fluvial
0.15	0.133	0.14	0.095	3	3.266	0.4	0.122	0.375	0.328	Fluvial
0.16	0.139	0.146	0.099	3	3.277	0.416	0.127	0.385	0.33	Fluvial
0.17	0.144	0.152	0.103	3	3.288	0.432	0.131	0.394	0.331	Fluvial
0.18	0.149	0.157	0.107	3	3.298	0.448	0.136	0.402	0.332	Fluvial
0.19	0.154	0.163	0.111	3	3.309	0.463	0.14	0.41	0.334	Fluvial
0.2	0.159	0.168	0.115	3	3.319	0.478	0.144	0.418	0.335	Fluvial
0.21	0.164	0.173	0.119	3	3.328	0.493	0.148	0.426	0.336	Fluvial
0.22	0.169	0.179	0.123	3	3.338	0.507	0.152	0.434	0.337	Fluvial
0.23	0.174	0.184	0.126	3	3.348	0.522	0.156	0.441	0.338	Fluvial
0.24	0.179	0.189	0.13	3	3.357	0.536	0.16	0.448	0.339	Fluvial
0.25	0.183	0.194	0.134	3	3.366	0.55	0.163	0.455	0.339	Fluvial
0.26	0.188	0.199	0.137	3	3.375	0.563	0.167	0.462	0.34	Fluvial
0.27	0.192	0.203	0.141	3	3.384	0.577	0.17	0.468	0.341	Fluvial
0.28	0.197	0.208	0.144	3	3.393	0.59	0.174	0.475	0.342	Fluvial
0.29	0.201	0.213	0.148	3	3.402	0.603	0.177	0.481	0.342	Fluvial
0.3	0.205	0.218	0.151	3	3.411	0.616	0.181	0.487	0.343	Fluvial
0.31	0.21	0.222	0.154	3	3.419	0.629	0.184	0.493	0.344	Fluvial
0.32	0.214	0.227	0.158	3	3.428	0.642	0.187	0.499	0.344	Fluvial

0.33	0.218	0.231	0.161	3	3.436	0.654	0.19	0.504	0.345	Fluvial
0.34	0.222	0.236	0.164	3	3.445	0.667	0.194	0.51	0.345	Fluvial
0.35	0.226	0.24	0.167	3	3.453	0.679	0.197	0.515	0.346	Fluvial
0.36	0.231	0.244	0.17	3	3.461	0.692	0.2	0.521	0.346	Fluvial
0.37	0.235	0.249	0.174	3	3.469	0.704	0.203	0.526	0.347	Fluvial
0.38	0.239	0.253	0.177	3	3.477	0.716	0.206	0.531	0.347	Fluvial
0.39	0.243	0.257	0.18	3	3.485	0.728	0.209	0.536	0.348	Fluvial
0.4	0.246	0.261	0.183	3	3.493	0.739	0.212	0.541	0.348	Fluvial
0.41	0.25	0.266	0.186	3	3.501	0.751	0.215	0.546	0.348	Fluvial
0.42	0.254	0.27	0.189	3	3.508	0.763	0.217	0.551	0.349	Fluvial
0.43	0.258	0.274	0.192	3	3.516	0.774	0.22	0.555	0.349	Fluvial
0.44	0.262	0.278	0.195	3	3.524	0.786	0.223	0.56	0.349	Fluvial
0.45	0.266	0.282	0.198	3	3.531	0.797	0.226	0.565	0.35	Fluvial

Les vitesses > à 0.5m/s correspondent à des débits dans le nouveau chenal de 33. L/s. Notons, qu'avec l'ouvrage de répartition, ces conditions ne seront dépassés uniquement 1% du temps. Ce qui permet d'éviter des conditions ponctuelles d'érosion dans le nouveau chenal. En effet les forces tractrices dans le nouveau chenal restent maîtrisés, 98% du temps elles restent <) 10 Pa soit 1.0197 kg/m2 (tableau suivant).

Ce qui permet à de l'enherbement installé de résister. Il faudra avoir une attention particulière la première année de mise en œuvre des travaux, le temps que la végétation s'installe.

Tableau 7 : Forces tractrices en fonction du débit

Débit (m3/s)	Tirant d'eau critique (m)	Tirant d'eau normal (m)	Tirant d'eau correspondant (m)	Tirant d'eau conjugué (m)	Perte de charge (m)	Impulsion (m)	Force tractrice (Pa)
0.01	0.01	0.026	0.005	0.003	0.006	10.895	1.428
0.02	0.017	0.039	0.008	0.005	0.006	25.618	2.153
0.03	0.022	0.05	0.011	0.007	0.006	42.331	2.735
0.04	0.026	0.059	0.014	0.009	0.006	60.518	3.238
0.05	0.03	0.068	0.016	0.011	0.006	79.908	3.69
0.06	0.034	0.076	0.018	0.012	0.006	100.33	4.104
0.07	0.038	0.083	0.02	0.014	0.006	121.663	4.489
0.08	0.042	0.09	0.022	0.015	0.006	143.818	4.85
0.09	0.045	0.097	0.024	0.017	0.006	166.724	5.192
0.1	0.048	0.104	0.026	0.018	0.006	190.327	5.518
0.11	0.052	0.11	0.028	0.019	0.006	214.58	5.829
0.12	0.055	0.116	0.03	0.021	0.006	239.445	6.127

0.13	0.058	0.122	0.031	0.022	0.006	264.887	6.415
0.14	0.061	0.128	0.033	0.023	0.006	290.879	6.692
0.15	0.063	0.133	0.035	0.024	0.006	317.395	6.961
0.16	0.066	0.139	0.036	0.025	0.006	344.414	7.221
0.17	0.069	0.144	0.038	0.027	0.006	371.914	7.474
0.18	0.072	0.149	0.039	0.028	0.006	399.879	7.72
0.19	0.074	0.154	0.041	0.029	0.006	428.293	7.96
0.2	0.077	0.159	0.042	0.03	0.006	457.141	8.194
0.21	0.079	0.164	0.044	0.031	0.006	486.409	8.422
0.22	0.082	0.169	0.045	0.032	0.006	516.085	8.646
0.23	0.084	0.174	0.047	0.033	0.006	546.159	8.864
0.24	0.087	0.179	0.048	0.034	0.006	576.619	9.078
0.25	0.089	0.183	0.05	0.035	0.006	607.455	9.288
0.26	0.091	0.188	0.051	0.036	0.006	638.66	9.494
0.27	0.094	0.192	0.052	0.037	0.006	670.224	9.696
0.28	0.096	0.197	0.054	0.038	0.006	702.139	9.894
0.29	0.098	0.201	0.055	0.039	0.006	734.398	10.089
0.3	0.101	0.205	0.056	0.04	0.006	766.995	10.28
0.31	0.103	0.21	0.058	0.041	0.006	799.922	10.469
0.32	0.105	0.214	0.059	0.042	0.006	833.173	10.654
0.33	0.107	0.218	0.06	0.043	0.006	866.743	10.837
0.34	0.109	0.222	0.061	0.044	0.006	900.626	11.017
0.35	0.112	0.226	0.063	0.045	0.006	934.816	11.194
0.36	0.114	0.231	0.064	0.046	0.006	969.309	11.369
0.37	0.116	0.235	0.065	0.047	0.006	1004.1	11.541
0.38	0.118	0.239	0.066	0.048	0.006	1039.184	11.711
0.39	0.12	0.243	0.067	0.049	0.006	1074.556	11.879
0.4	0.122	0.246	0.069	0.05	0.006	1110.214	12.044
0.41	0.124	0.25	0.07	0.051	0.006	1146.152	12.207
0.42	0.126	0.254	0.071	0.051	0.006	1182.367	12.369
0.43	0.128	0.258	0.072	0.052	0.006	1218.855	12.528
0.44	0.13	0.262	0.073	0.053	0.006	1255.613	12.686
0.45	0.132	0.266	0.074	0.054	0.006	1292.637	12.841

Tableau 8 : Contraintes tractrices calculées pour des crues données pour diverses techniques de génie végétal.

Technique	Contrainte tractrice [N/m ²]		
	À la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
Enherbement	4 ⁽³⁾ -20 ⁽³⁾	25-30 ⁽³⁾	30 ⁽³⁾ -100 ⁽²⁾
Boutures	10 ⁽³⁾	60 ⁽³⁾ -150 ⁽¹⁾	60 ⁽³⁾ -165 ⁽¹⁾
Boudin d'hélophytes	10 ⁽³⁾ -30 ⁽²⁾	20-30 ⁽³⁾	50 ⁽³⁾ -60 ⁽¹⁾
Clayonnages	10 ^(2,3)	10-15 ⁽³⁾	10 ⁽³⁾ -120 ⁽¹⁾
Fascines	20 ⁽³⁾ -60 ⁽²⁾	50 ⁽³⁾ -60 ⁽³⁾	80 ⁽²⁾ -250 ⁽⁴⁾
Saules		50-70 ⁽⁴⁾	100-140 ⁽⁴⁾ 800 (20 ans) ⁽⁴⁾
Plantation d'arbre	20 ⁽²⁾		120 ⁽²⁾
Lit de plants et plançons	20 ^(2,3)	120 ⁽³⁾	140 ^(2,3)
Couche de branches à rejet	50 ^(2,3) -150 ⁽³⁾	150 ⁽³⁾ -300 ⁽³⁾	300 ^(2,3) -450 ⁽³⁾
Caissons végétalisés	500 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾	600 ⁽³⁾
Enrochements	Végétalisés	100 ⁽³⁾ -200 ⁽²⁾	100 ⁽³⁾ -300 ⁽³⁾
	Nus	250 ⁽²⁾	250 ⁽²⁾

1 : Faber 2004 ; 2 : Schiechl et Stern 1996 ; 3 : Venti *et al.* 2003 ; 4 : Lachat 1994.

L'ouvrage amont de répartition des hautes eaux sera calé à 175.18 m avec une assise 10 cm plus basse (175.08 m) et une couche de propreté encore 10 cm plus basse (174.98 m).

PROFILS TYPES DU CHENAL DE CONTOURNEMENT ET DE LA RECHARGE GRANULOMETRIQUE

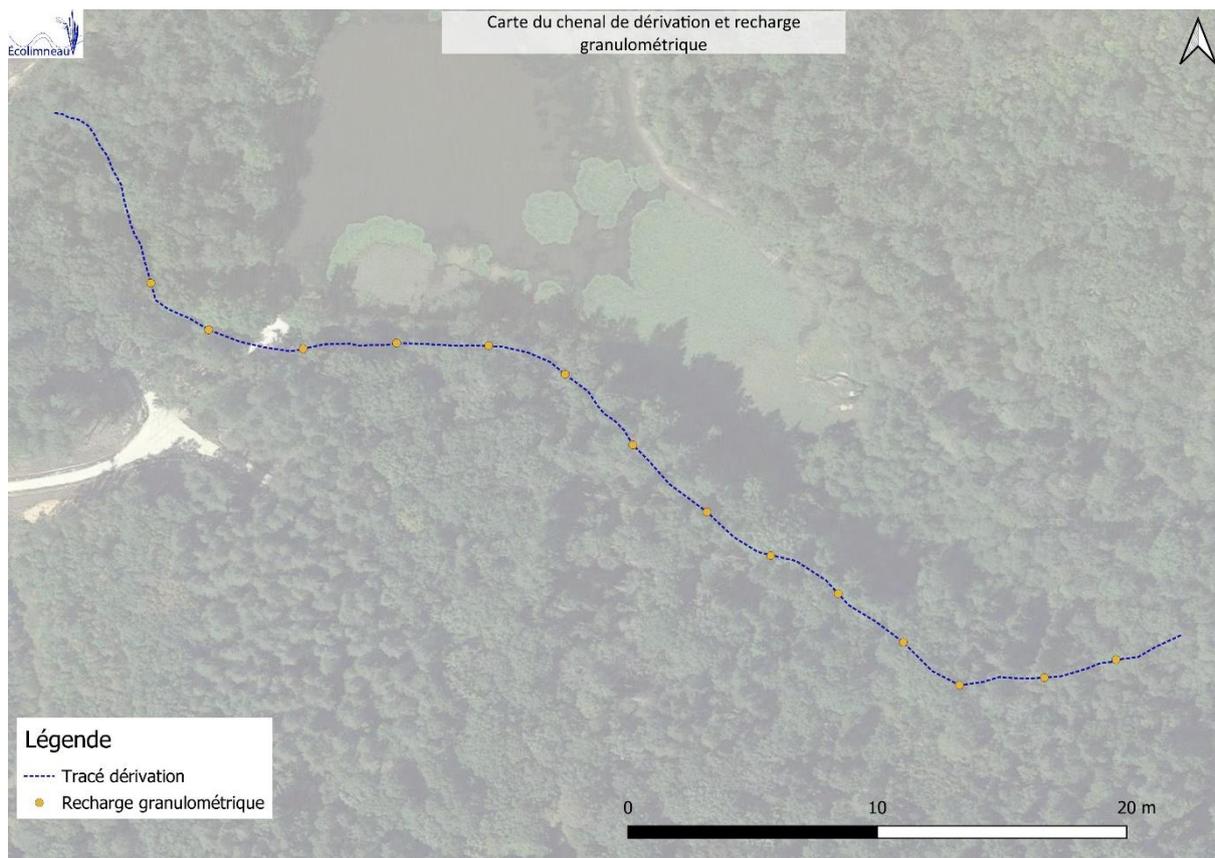


Figure 31 : Carte de localisation de la recharge granulométrique

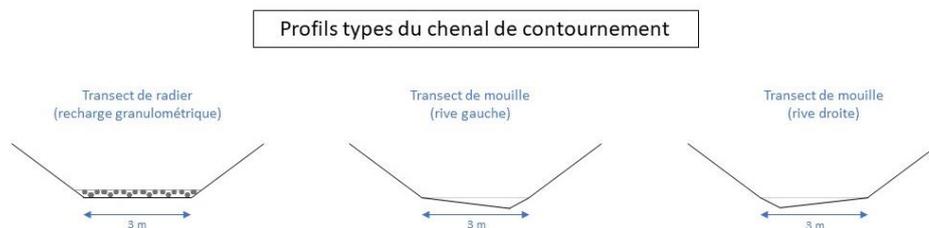


Figure 32 : Profils types du chenal de contournement

CALAGE D’UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT PERMETTANT D’ACCEDE A LA CHAUSSE DE L’ETANG (TRANSECT 2 ET 4)

A ce jour, le franchissement se faire à partir de 5 buses positionnées en étage, d’une longueur de 6m et d’une largeur de 10m pour atteindre le terrain de niveau de la chaussé de l’étang.



Figure 33 : Système de franchissement actuel composé de 6 buses

La réalisation d'un nouveau chenal nécessite la mise en place d'un franchissement afin que le propriétaire de l'étang puisse accéder aux ouvrages pour réaliser un entretien mineur et récurrent mais également sécuritaire et ponctuel.

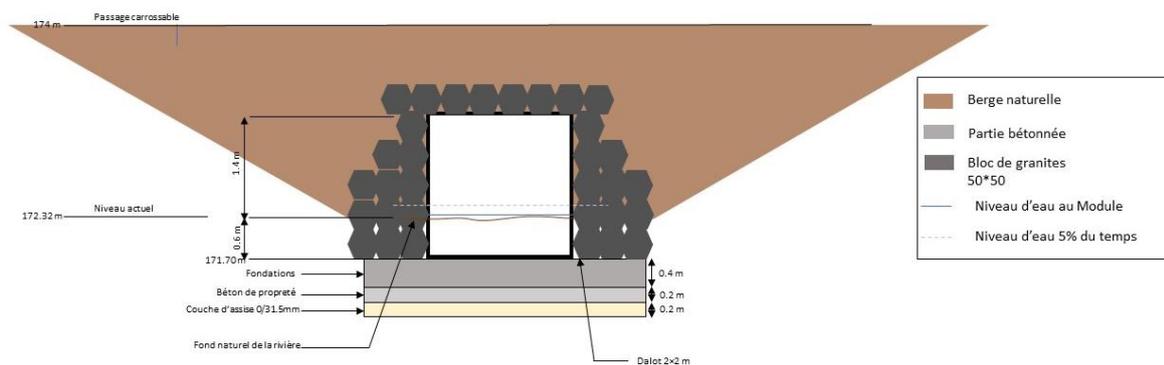


Figure 34 : Plan de section amont de la mise en place du franchissement par un dalot de 2/2 m

Dans ce contexte, l'aménagement de deux dalots de 2 m de large avec une ouverture de 2m par 2m est la solution la plus adéquat à long terme. Le franchissement fera ainsi 4m de large. La fondation du dalot sera réalisée à 171.7m soit 0.52m sous le niveau actuel des buses. Le niveau projeté est de 172.45, dans cette configuration l'ouverture est de 1.35m. Selon l'étude de l'impact des modifications des conditions d'éclaircissement des cours

d'eau franchis par des infrastructures de transport, sur la circulation piscicole (2008). L'Openess Ratio (OR) pour caractériser les ouvrages ombrageants est défini comme le rapport entre la section ouverte de l'ouvrage (m²) et sa longueur (m). Un OR minimum de 0,25 pour les ouvrages de franchissement des cours d'eau est aujourd'hui préconisé. Dans notre cas, l'OR serai au minimum de 0.325. De plus, cela permet de disposer d'un sol naturel sur l'ensemble des 4ml de franchissement.

- Largeur du passage 'carrossable' : 4 m.
- Tirant d'air avec la rivière en eau : 1.38 à 1.20 m.
- Cote de fond du lit mineur : 172.3 m.
- Cote de haut de talus de berge rives gauche et droite : 173.85 m.
- Pente des berges en rives gauche et droite : 1H:2V

Le fonctionnement hydraulique au sein du nouveau franchissement est directement dépendant de paramètres présentés dans le tableau suivant.

- **Tableau 9 : Paramètres hydrauliques fixé à surface libre dans le cas d'un régime uniforme**

Paramètres fixés	Valeurs
Coefficient de Strickler (SI)	20
Pente du fond (m/m)	0.0058
Hauteur de berge (m)	1.35
Largeur au niveau des berges (m)	2

Le coefficient de Strickler choisi est le Ks normal pour un lit mineur propre, rectiligne, bien remplis d'eau, sans failles ni mouilles profondes avec quelques herbiers et des pierres (Tableau de Chow (1959)). Nous avons sélectionné ce Ks pour des conditions stabilisés 2 à 3 ans après travaux. En effet dans des conditions justes après travaux, nous pourrions sélectionner un Ks entre 50 et 60. Les résultats seront des hauteurs d'eau plus faible que le cas sélectionné. Ainsi les résultats présentés sont les conditions à maxima.

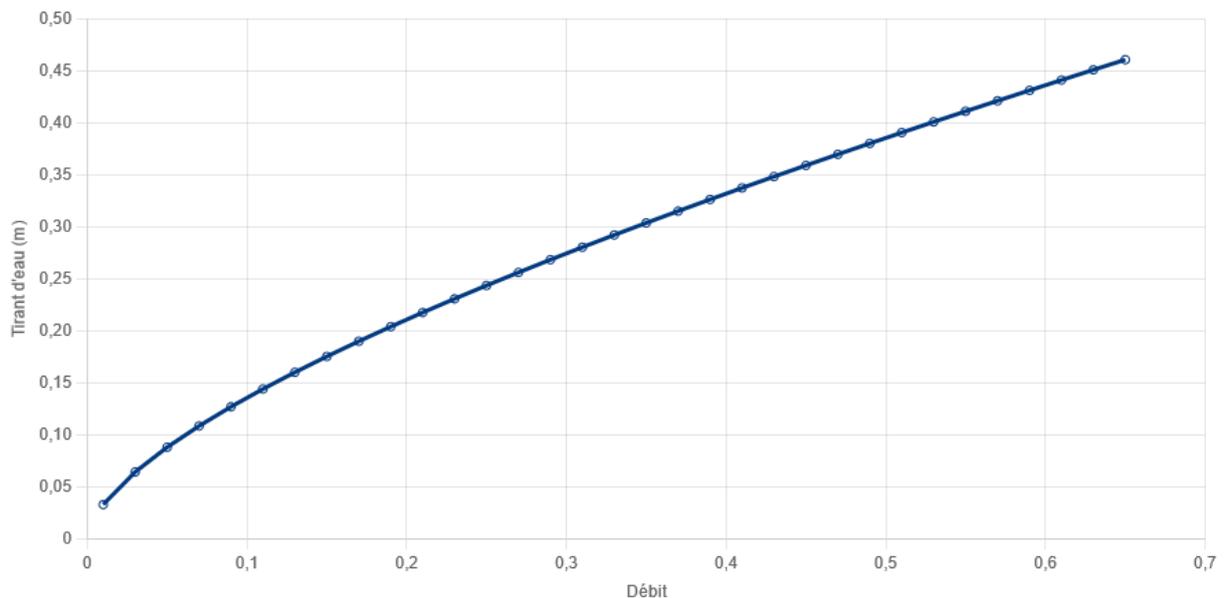


Figure 35 : Hauteur d'eau dans l'ouvrage de franchissement en fonction du débit d'entrée

Tableau 10 : Hauteur d'eau dans l'ouvrage de franchissement en fonction du débit d'entré

Débit (m ³ /s)	Tirant d'eau (m)
0.01	0.033
0.03	0.064
0.05	0.088
0.07	0.108
0.09	0.127
0.11	0.144
0.13	0.16
0.15	0.175
0.17	0.19
0.19	0.204
0.21	0.217
0.23	0.231
0.25	0.243
0.27	0.256
0.29	0.268
0.31	0.28
0.33	0.292
0.35	0.304
0.37	0.315
0.39	0.326
0.4	0.332
0.41	0.337
0.43	0.348
0.45	0.359
0.47	0.37
0.49	0.38
0.51	0.39
0.53	0.401
0.55	0.411
0.57	0.421
0.59	0.431
0.61	0.441
0.63	0.451
0.65	0.461

PROFIL EN LONG ACTUEL ET PROJETE / TRANSECTS ACTUELS ET PROJETES

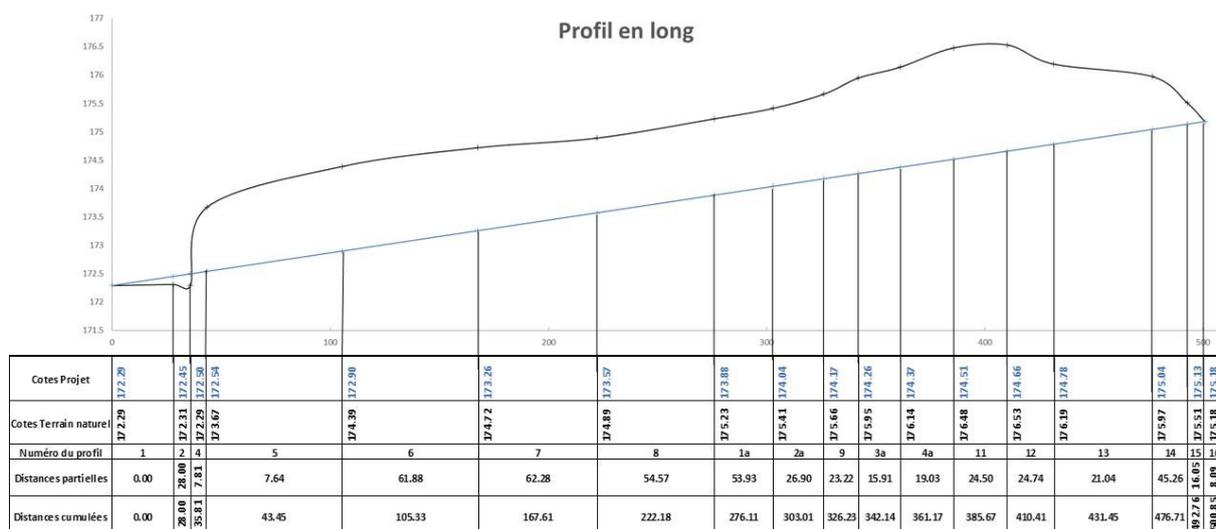


Figure 36 : Profil en long du terrain et du projet

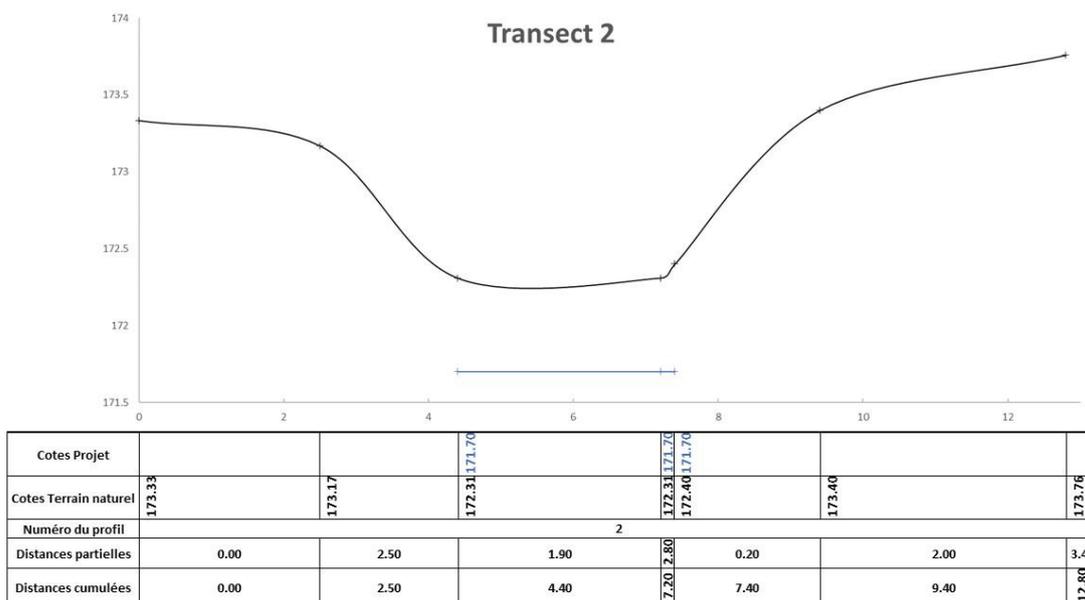


Figure 37 : Transect 2 du terrain et du projet

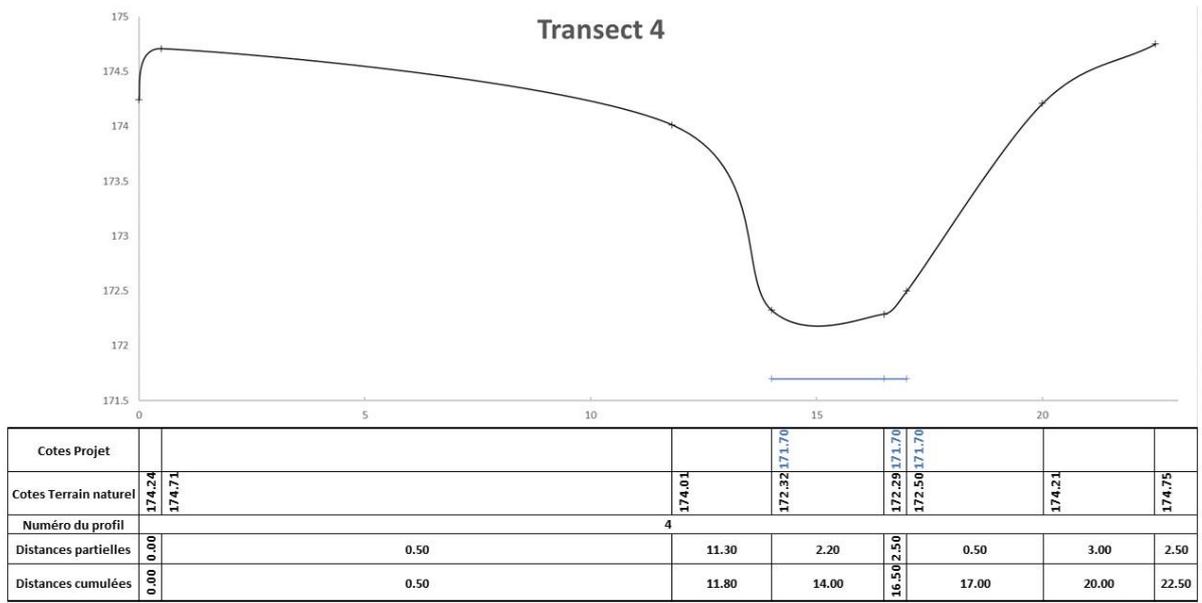


Figure 38 : Transect 4 du terrain et du projet

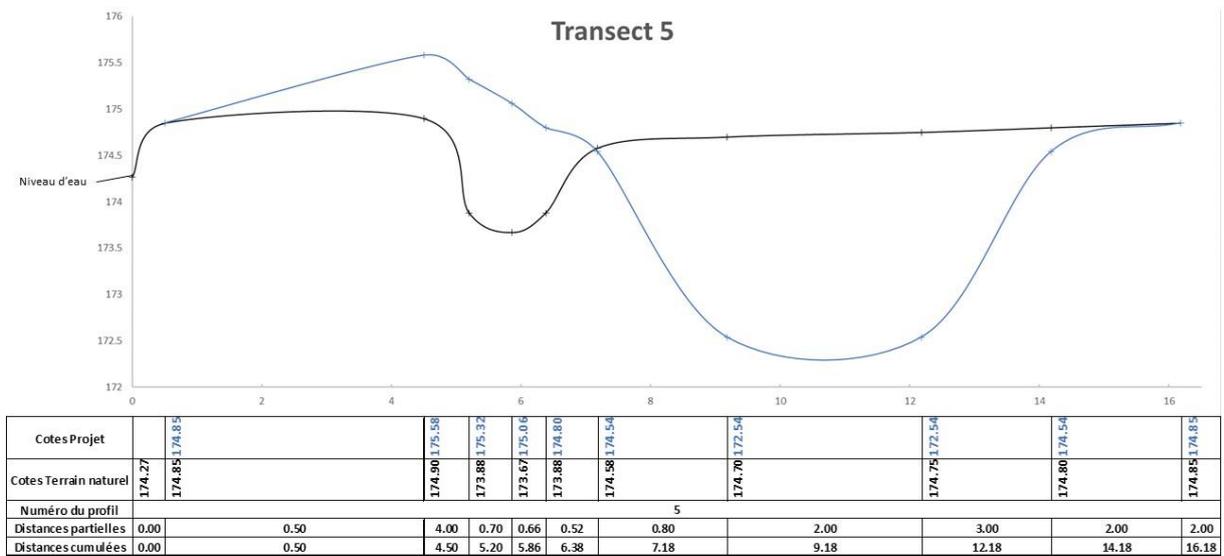


Figure 39 : Transect 5 du terrain et du projet

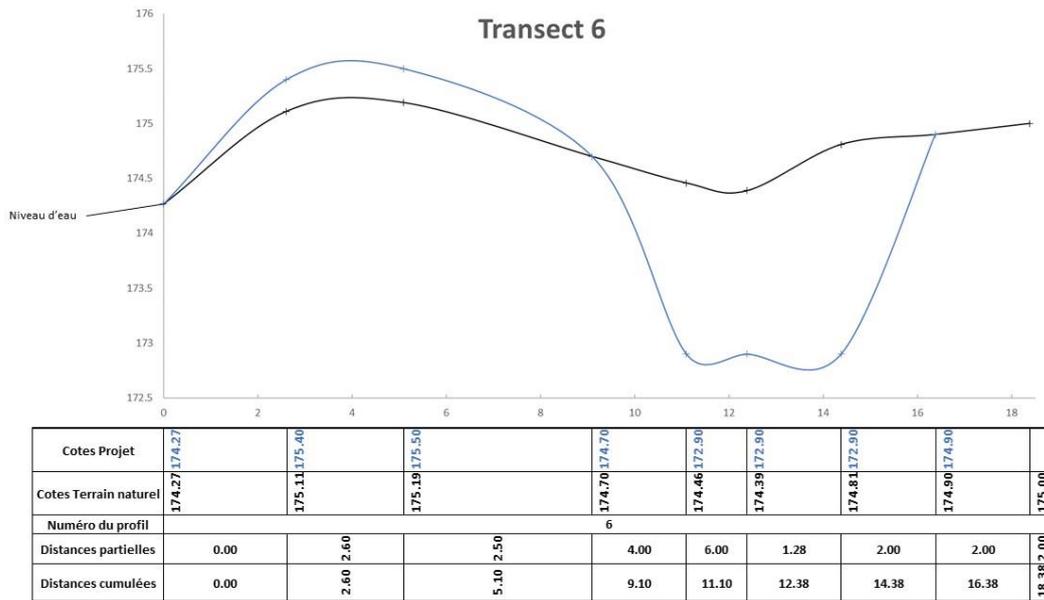


Figure 40 : Transect 6 du terrain et du projet

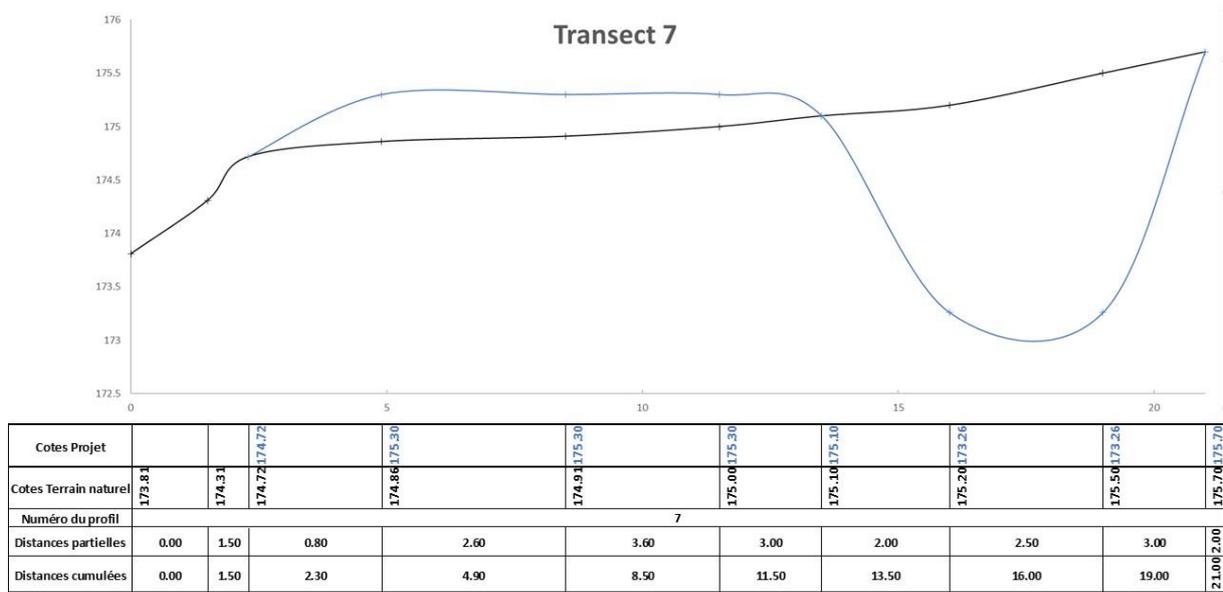


Figure 41 : Transect 7 du terrain et du projet

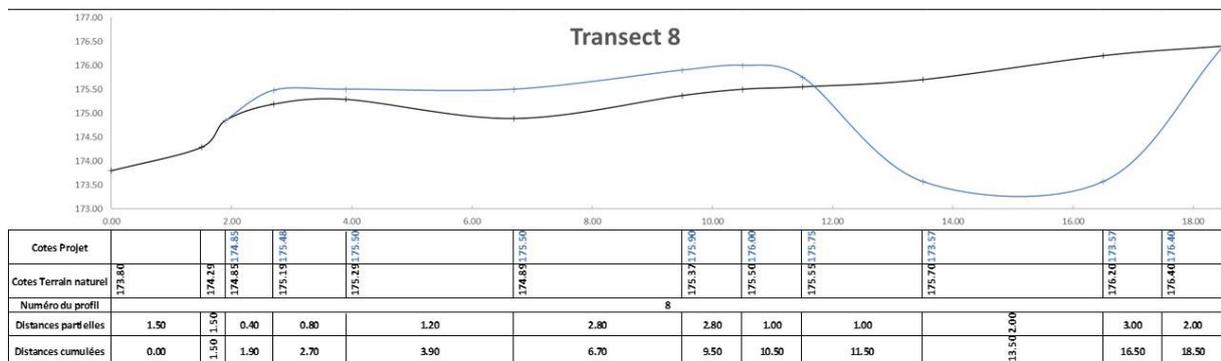


Figure 42 : Transect 8 du terrain et du projet

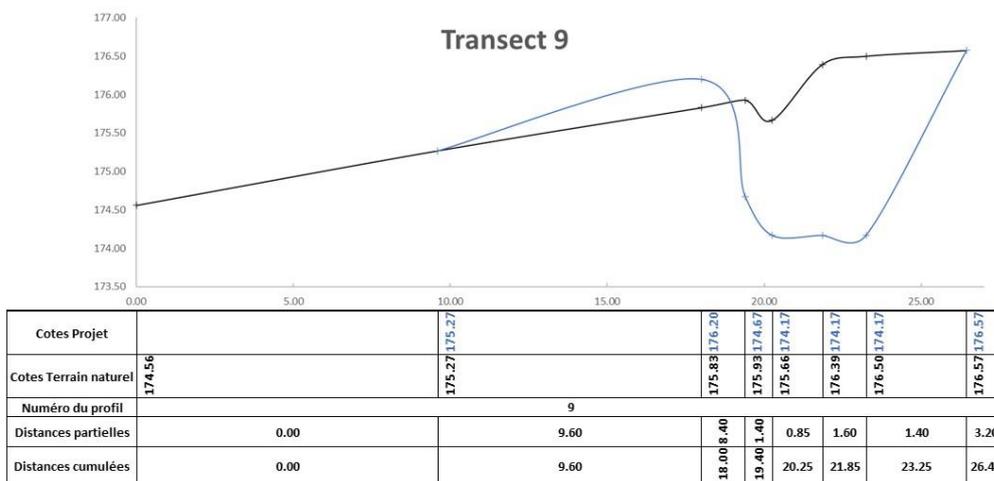


Figure 43 : Transect 9 du terrain et du projet

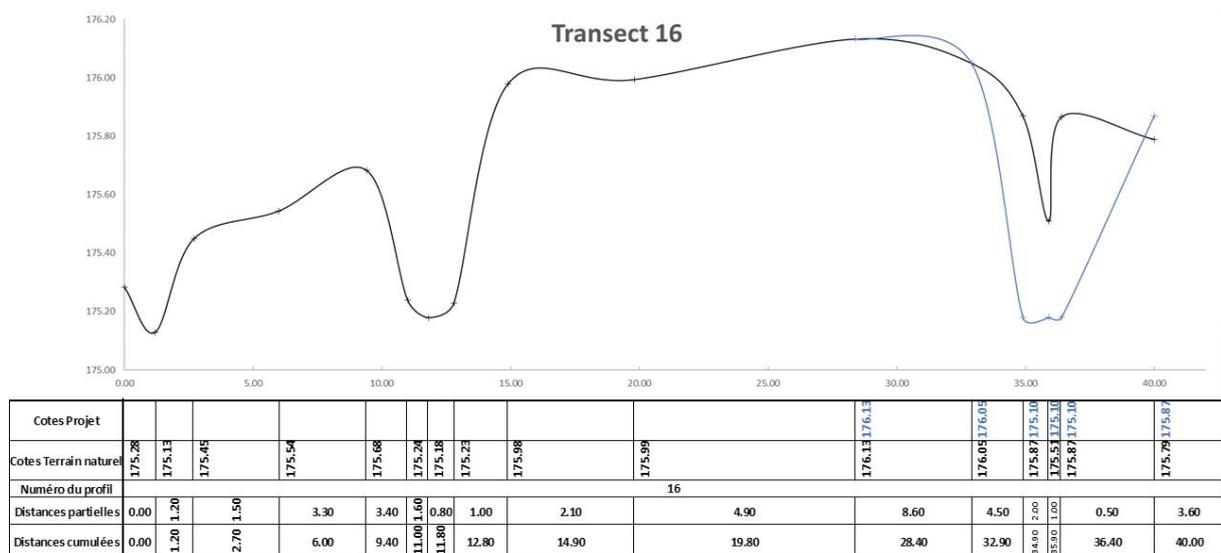


Figure 44 : Transect 16 du terrain et du projet

PLANNING

La période privilégiée pour la réalisation des travaux dépend de plusieurs facteurs que sont :

- ♣ La période de frai des poissons (aucune connaissance à l'heure actuelle) :
 - Saumon : novembre à mi-février
 - Lamproie de planer : avril-juin
 - Chabot : mars-avril
 - Truite : mi-octobre à fin février

La période de non-intervention s'étend donc du 15 octobre au 30 juin (inclus).

♣ La période de nidification de la faune :
 Suivant l'arrêté préfectoral du 15 mars 2002 portant réglementation de l'entretien et végétaux ligneux sur pied, il est interdit de réaliser ce type de travaux entre le 15 mars et le 31 juillet inclus. Ainsi, les travaux de broyage, de recépage ou d'élagage des haies seront réalisés en dehors de cette période.
 La période de non-intervention s'étend donc du 15 mars au 31 juillet (inclus).

En croisant ces deux périodes de non-intervention, il apparaît que la période privilégiée pour la réalisation des travaux est du 1er août au 15 octobre, soit une période de 2 mois et demi.

Les travaux sont prévus pour l'année 2023.

La durée des travaux prévisionnelle est la suivante :

- ♣ Période réalisation des travaux sur le secteur aval :
 - Période de création du nouvel ouvrage de franchissement : 2 semaines.
 - Période de déblais-remblais pour le nouveau chenal : 3 semaines.

- Création de l'ouvrage amont de répartition des hautes eaux : 1 semaine.

INCIDENCE DES OUVRAGES ET TRAVAUX

HYDROLOGIE

La mise en place d'une dérivation a un impact limité sur le réseau hydrographique. La prise d'eau favorise l'écoulement des eaux vers la dérivation en dehors des périodes de crues.

QUALITE DE L'EAU

TEMPERATURE

La dérivation et la restauration du cours d'eau favorise des lits de faible largeur pour limiter le réchauffement des eaux. La dérivation permet d'éviter le réchauffement de l'eau induit par le plan d'eau. Elle a donc un effet positif sur la qualité de l'eau à l'aval

OXYGENE DISSOUS

La mise en place d'une dérivation permet de limiter l'impact de la température, et donc d'améliorer la qualité de l'oxygène dissous. Le plan d'eau ayant une prise d'eau de fond, la quantité d'oxygène dissous peut être faible lors des phases de stratification thermique estivales. La mise en place de la dérivation permet de réduire cet impact du plan d'eau.

SUBSTANCES NUTRITIVES

Les plans d'eau sont des décanteurs de sédiments, avec un stockage important. La mise en place de la dérivation permet de rétablir une continuité sédimentaire. Un afflux plus important de sédiments est attendu à l'aval du plan d'eau suite à la mise en place de la dérivation.

HYDROBIOLOGIE

IMPACT SUR LE PEUPEMENT PISCICOLE

A sa création, l'étang a été peuplé d'espèces piscicoles de plans d'eau : la carpe, le gardon, la perche. Ces espèces ne sont pas en accord avec la catégorie piscicole du Barrageon et ses affluents. La présence du seuil sur l'ouvrage amont de répartition (à installer) et la présence de grille à l'aval limite le risque de fuite du poisson vers le milieu naturel.

IMPACT SUR LES AUTRES PEUPEMENTS FAUNISTIQUES ET FLORISTIQUES

Aucune espèce exotique envahissante a été repérée sur le secteur de l'étang de la Foresterie. La mise en place de la dérivation n'a aucun impact sur ce compartiment.

MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

La période de travaux proposé devra être respectée pour s'affranchir des périodes de reproduction des espèces piscicoles et les périodes de migration.

Les coupes auront lieu en dehors des périodes de nidification des oiseaux.

Les arbres présents auront été préalablement recépés. Une opération de dessouchage devra avoir lieu pour préparer l'emprise des travaux. Les souches devront être extraites pour éviter une repousse des arbres sur l'emprise de la rivière de contournement pouvant venir notamment déstabiliser les structures de la rivière qui seront mises en place.

L'ensemble des travaux de terrassement pourront avoir lieu dans des conditions de travail hors eau avec un phasage en deux temps :

- 1- L'ensemble du débit continue de passer par l'étang. Pendant cette première phase, le nouveau chenal pourra être créé (en faisant attention à conserver un merlon bouchant l'entrée hydraulique. L'ouvrage de franchissement pourra également être réalisé à sec.
- 2- L'ensemble du débit passe par le nouveau chenal. Pendant cette période et à l'aide de batardeaux provisoire (botte de paille et remblais de terre), cela permet de mettre à sec le chenal d'amont vers l'étang et ainsi de travailler à sec sur l'ouvrage amont de répartition des hautes eaux.

ISOLEMENT DU CHANTIER

L'ensemble des travaux se dérouleront hors d'eau. Le nouveau chenal et l'ouvrage de franchissement seront réalisés pendant que l'eau s'écoule dans l'étang. L'ouvrage de répartition sera réalisé lorsque l'eau s'écoule dans le nouveau bras.

Les matériaux sont issus de déblais remblais naturels prélevés sur site. Aucun cordon d'isolement n'est utile, en effet les déblais seront positionnés à 2m du futur lit. De plus les travaux seront réalisés de l'amont vers l'aval, aucun départ de fine n'est à prévoir.

Aucun géotextile ne sera utilisé pour l'étanchéité.

CIRCULATION DES ENGINS

La création d'une piste d'accès provisoire au chantier se fera dans la partie forestière.

La traversée du lit se fera uniquement au droit de l'ouvrage avec des buses déjà présentes.

En cas de nécessité, un passage amont sera réalisé à l'aide des buses de l'ouvrage existant démantelé. Opération potentiellement nécessaire pour réaliser l'ouvrage de répartition.

L'ensemble des travaux se feront à partir de la berge.

REJETS : LAITANCE DE BETON, MES, POLLUTION ACCIDENTELLE

Un bassin de décantation sera mis en place en aval de l'ouvrage de franchissement avec l'aide de ballots de pailles rectangulaires afin d'avoir un double effet (1) décantation par l'effet de retenue engendré par ce seuil provisoire de 0.6m de haut et (2) un effet filtrant des matières en suspension.

Aucun pompage avec récupération des matières en suspension n'est prévu.

Aucun suivi des concentrations en matière en suspension n'est prévu.

Aucun platelage pour éviter l'entraînement vers les eaux n'est prévu.

Les engins ont une aire de stockage en dehors de la zone de chantier. Les travaux d'entretien, de récupération d'huiles se feront en dehors des zones humides et de la zone de travaux.

PECHE DE SAUVEGARDE

Aucune pêche de sauvegarde n'est nécessaire. L'abaissement du niveau d'eau se fera de manière très progressive pour éviter que les espèces ne se fassent piéger dans des poches d'eau. Des prospections visuelles à l'épuisettes seront réalisées.

REMISE EN ETAT DU SITE

Végétalisation à partir de la banque de graine du sol du site donc avec des essences adaptées des berges et des talus.

Reconstitution de la granulométrie d'origine afin de recréer une diversité des écoulements par recharge granulométrique.

MESURES DE SUIVI ET DE FIN DE TRAVAUX

Un rapport de fin chantier avec le plan de recollement sera transmis à la DDT du Cher à la fin des travaux. Ce rapport de fin chantier statuera sur les points suivants :

- Le fonctionnement de l'ouvrage amont de répartition des hautes eaux et ses dimensions exactes, avec repère NGF,
- le tracé de la dérivation et sa fonctionnalité,
- la position du dalot,
- le planning de l'opération,
- les difficultés rencontrées.

Ce rapport sera envoyé à la DDT du Cher dans les 2 mois après la fin des travaux.

SURVEILLANCE ET RAPPORTS D'INSPECTION

La surveillance sera réalisée par le propriétaire et le gestionnaire du plan d'eau, M. Mares, afin de s'assurer du bon fonctionnement de la dérivation et de la prise d'eau et de signaler le moindre problème auprès des services administratifs.

Le but des visites est de vérifier le bon fonctionnement des différents organes du plan d'eau :

- Vérifier le bon fonctionnement de l'alimentation, libre circulation des eaux,
- Vérifier l'état par constat visuel des berges,
- Vérifier le bon fonctionnement du déversoir,
- Vérifier le bon état visuel du barrage de retenue