



HAL
open science

Étude pour le rétablissement de la continuité écologique sur le Mittelbach au Moulin d'Erckartswiller et sur le Schuesselthalbaechel au Moulin de Rosteig

Jules Turquais

► **To cite this version:**

Jules Turquais. Étude pour le rétablissement de la continuité écologique sur le Mittelbach au Moulin d'Erckartswiller et sur le Schuesselthalbaechel au Moulin de Rosteig. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03605716

HAL Id: dumas-03605716

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03605716>

Submitted on 11 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

5 rue des Tulipes

67600 MUTTERSOLTZ

Tél. : 03 88 85 17 94 / Fax : 03 88 85 19 50

01/02/2021

Mémoire de fin d'étude

Etude pour le rétablissement de la continuité écologique
sur le Mittelbach au Moulin d'Erckartswiller et sur le
Schuesselthalbaechel au Moulin de Rosteig

Jules TURQUAIS

Promotion Liège

Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de
l'ENGEES

Stage réalisé du 1^{er} février au 30 juillet 2021

Remerciements

Je remercie Grégoire Jost ainsi que Mathilde Goetsch, pour m'avoir donné l'opportunité de travailler dans un bureau d'étude en ingénierie écologique ainsi que toute l'équipe Sinbio SCOP qui m'a chaleureusement accueilli et encadré durant mes 6 mois de stage avec une mention spéciale pour Coralie Bonnard qui a eu la patience de relire mes rapports chaotiques puis de m'aider à y mettre un peu d'ordre ainsi que Ludivine Bouchet pour sa persévérance à m'enseigner le fonctionnement de Cassiopée et de partager ses connaissances sur le fonctionnement administratif du monde de l'eau.

Je remercie également ma famille pour son soutien inconditionnel sans lequel je n'aurais jamais pu arriver à ce stade de mes études d'ingénieur.

Je tiens également à témoigner toute ma reconnaissance à Cybill Staentzel ainsi qu'à l'ensemble des professeurs de l'ENGEES pour leurs enseignements et leur accompagnement tout au long de ces trois dernières années.

Un grand merci à Joseph Nicolas, Antoine Cheramy, Axel Capelle, Baptiste Dissaux, Béatrice Lanzi, Capucine Rescacens, Dorian Herbanne-Keraguel, Etienne Meyer, Fabien Sève, Junior Awesso, Laura Gautier, Loïc Vonié, Louis-Armand Hatton, Lucille Chehu, Mattis Boubal, Martin Blaizot, Sarah Guinaudau, Thomas Daamache.

Et à tout ceux de ce formidable groupe de travail qui m'ont épaulé et permis de rester concentré durant des nuits entières sans perdre de vue les objectifs que je me suis fixé durant ces 3 années passées à l'ENGEES, un grand merci pour leur assiduité et leur régularité dans nos rencontres.

Merci à Thomas, Lison, Adèle, Lucie, Melissa, Mathieu et Myrtille, Luc, Romain, Victor et Pierre, amis de longue date sur lesquels j'ai toujours pu compter y compris durant la durée de ce stage et sans qui je ne serais pas la personne que je suis devenu aujourd'hui.

Enfin je souhaite remercier les relecteurs de ce rapport, Ludivine Bouchet, Anne Wateau et Edith Bernard pour m'avoir aidé à le mettre en forme et effectuer les corrections qui s'imposaient.

« Etude pour le rétablissement de la continuité écologique sur le Mittelbach au Moulin d'Erckartswiller et sur le Schuesselthalbaechel au Moulin de Rosteig » :

Le projet répond à un appel d'offre du S.D.E.A. Alsace Moselle concernant deux cours d'eau des Vosges du Nord sur lesquels des ouvrages entravent la continuité écologique.

Le rétablissement de la continuité piscicole à Erckartswiller passe par l'effacement d'un déversoir et par un rééquilibrage de la pente du cours d'eau qu'il faut maîtriser pour éviter tout impact futur sur les aménagements déjà présents. Le rétablissement de la continuité entre en conflit avec le respect du droit d'eau du Moulin dont l'alimentation pourrait être affectée par le rééquilibrage de pente et par le retour d'une partie du débit réservé au milieu naturel. L'objectif fixé par le maître d'ouvrage étant de respecter au mieux le droit d'eau tout en restant conforme vis-à-vis de la réglementation. Les contextes politique et foncier ont un impact majeur dans la réalisabilité des propositions techniques qui seront proposées.

Après une recherche approfondie sur les caractéristiques du site, l'étude préliminaire a abouti à 3 propositions d'aménagement permettant de restaurer la continuité écologique : 2 solutions faisant intervenir des ouvrages de franchissement sur/en parallèle du lit actuel du Mittelbach et 1 proposition de reméandrage du cours d'eau permettant de retracer un milieu naturel contournant l'ouvrage hydraulique.

Le Schuesselthalbaechel au moulin de Rosteig présente une forte pente avec des chutes provoquées par la présence de roche mère sur lesquelles des ouvrages ont été installés et le site présente d'importantes contraintes spatiales. Après une recherche approfondie sur les caractéristiques de ce site, l'étude préliminaire a abouti à 3 propositions : Le retour du Schuesselthalbaechel dans son lit historique accompagné de mesures permettant de limiter l'érosion régressive, la construction d'une passe à poissons, ou l'effacement des ouvrages artificiels présents dans le lit mineur.

« Study for the restoration of the ecological continuity on the Mittelbach at the Erckartswiller's mill and on the Schuesselthalbaechel at the Rosteig's mill »

The project responds to a call for tenders from the S.D.E.A. Alsace Moselle concerning two rivers in the Northern Vosges on which structures hinder ecological continuity.

The restoration of the piscicultural continuity in Erckartswiller requires the removal of a weir and a rebalancing of the slope of the watercourse which must be controlled to avoid any future damage to the existing structures. The restoration of continuity conflicts with the respect of the water right of the Mill whose supply is affected by the rebalancing of the slope and by the return of part of the flow in the natural environment. The objective set by the project owner is to respect the water right as much as possible while remaining compliant with the regulations. The political and land contexts have a major impact on the feasibility of the technical proposals that will be proposed.

After a thorough research on the characteristics of the site, the preliminary study led to 3 proposals: 2 solutions involving crossing structures on/parallel to the current bed of the Mittelbach and 1 proposal of re-streaming the watercourse allowing to retrace a natural environment bypassing the hydraulic structure.

The Schuesselthalbaechel at the Rosteig mill has a steep slope with waterfalls caused by the presence of bedrock on which structures have been installed and the site presents important spatial constraints. After a thorough research on the characteristics of the site, the preliminary study resulted in 3 proposals : The return of the Schuesselthalbaechel to its historical bed with measures to limit regressive erosion, the construction of a fish pass, or the removal of the artificial structures present in the minor bed.

SOMMAIRE

SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	7
LISTES DES FIGURES	8
LISTES DES TABLEAUX	9
GLOSSAIRE	10
1. INTRODUCTION	11
1.1. L'entreprise Sinbio SCOP	11
1.1.1. Domaines d'activité et évolutions.....	11
1.1.2. L'équipe Sinbio	11
1.2. Les Missions.....	12
1.3. Contexte et objectifs de l'étude.....	13
1.4. Acteurs et enjeux	14
1.5. Ancienne étude et données disponibles.....	15
1.6. La continuité écologique	16
1.7. Organisation et méthodologie de la mission	16
1.7.1. Méthodologies.....	16
1.7.2. Planning et décalages	18
2. DIAGNOSTIC	20
2.1. La zone d'étude	20
2.1.1. Le contexte réglementaire	20
2.1.2. Géologie et typologie des cours d'eau	21
2.1.3. Etat de la masse d'eau.....	22
2.1.4. Périmètres d'inventaire et de protection.....	24
2.1.5. Le contexte foncier	26
2.1.6. Historique des cours d'eau	27
2.1.7. Règlement d'eau.....	29
2.1.8. Autres données étudiées.....	29
2.2. Les relevés de terrain	30
2.2.1. Erckartswiller	30
2.2.2. Rosteig	35

2.3. Hydrologie	37
2.3.1. Méthode	37
2.3.2. Résultats	38
2.4. Contraintes et problématiques	41
3. SOLUTIONS PROPOSEES.....	42
3.1. Erckartswiller	42
3.1.1. Choix des aménagements.....	42
3.1.2. Choix des critères de dimensionnement et espèces cibles.....	43
3.1.3. Cassiopée et Méthodologie de dimensionnement	43
3.1.4. Scénario 1 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach avec contournement du lit actuel et pré-barrages.	45
3.1.5. Scénario 2 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach et pré-barrages	50
3.1.6. Scénario 3 : Adaptation du tracé du Mittelbach et restauration d'un seuil répartiteur.....	52
3.1.7. Retalutage et plantations sur les berges	53
3.2. Rosteig	55
3.2.1. Choix des aménagements.....	55
3.2.2. Choix des critères de dimensionnement.....	56
3.2.3. Cassiopée et méthodologie	57
3.2.4. Scénario 1 : Déplacement et reméandrage du cours d'eau en amont du moulin	58
3.2.5. Scénario 2 : Arasement du seuil 1 et création d'une passe à poissons en aval de ce seuil	61
3.2.6. Scénario 3 : Conservation du lit actuel et suppression du seuil 3	63
3.2.7. Traitement des espèces exotiques envahissantes : Balsamine de l'Himalaya	64
4. CONCLUSION.....	67
5. BIBLIOGRAPHIE	69
6. ANNEXES	70

SYMBOLES ET ABREVIATIONS

AVP : Avant-projet

AVP(S) : Avant-Projet Sommaire

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

COFIL : Comité de pilotage

DDT : Direction Départementale des Territoires

EP : Etude préalable/Etude Préliminaire

GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations

LEMA : Loi sur l'eau et les milieux aquatiques

OFB : Office Français de la Biodiversité

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

PRO : Projet

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDEA : Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle

ROE : Référentiel des Obstacles à l'Écoulement

ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise Sinbio SCOP	11
Figure 2 : Localisation des sites concernés par l'étude	13
Figure 3 : Localisation de la masse d'eau Moder 1_d'après SIERM, 2021.....	22
Figure 4 : Cartographie de la ZSC La Moder et affluents, d'après Géoportail, 2021	24
Figure 5: Cartographie du plan cadastral, Sinbio, 2021	26
Figure 6 : Extrait de la carte d'Etat-major sur la commune d'Erckartswiller d'après IGN, 2021.....	27
Figure 7: Extraits cartographiques de la carte d'Etat-major de Rosteig d'après l'IGN (remonter le temps).....	28
Figure 8 : Ancien canal de décharge, toujours alimenter par une source	29
Figure 9 : Localisations des ouvrages sur le site d'Erckartswiller	30
Figure 11 : Déversoir du Mittelbach.....	31
Figure 11 : Canal d'aménée du Moulin.....	31
Figure 12 : Cartographie du découpage par tronçons sur le site d'Erckartswiller	32
Figure 13 : Obstacles à la continuité présents sur le site de Rosteig	35
Figure 15 : Formules utilisées par le logiciel Cassiopée [4].....	44
Figure 14 : Aperçu Cassiopée	44
Figure 16 : Localisation des entrées et sorties d'eau de l'ouvrage de contournement	46
Figure 17 : Dessin technique : vue de profil de l'ouvrage en pré-barrages à Erckartswiller	46
Figure 18 : Localisation du pré-barrage dans le lit du Mittelbach.....	50
Figure 19: Localisation du nouveau tracé du Mittelbach	52
Figure 20 : Localisation du linéaire de berge à retaluter.....	53
Figure 21 : schéma de plantations en bosquets.....	54
Figure 22 : Obstacles à la continuité présents sur le site de Rosteig	55
Figure 23: Résultats graphiques de Cassiopée pour le QMNA5 sur la passe à bassins.....	57
Figure 24 : Schéma type des méandres en aval du moulin de Rosteig	59
Figure 25 : Schéma de principe du nouveau tracé reméandré du Schuesselthalbaechel et des aménagements induits	59
Figure 26 : Localisation schématique de la passe à bassins successifs en aval du seuil 1 jusqu'à l'aval du seuil 4	61
Figure 27 : Localisation schématique des aménagements proposés au scénario 3.....	64

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1: Planning initial de l'étude pour le projet d'Erckartswiller	18
Tableau 2: Caractéristiques physiques des affluents de la Moder, d'après la typologie des cours d'eau du bassin Rhin Meuse-Agence de l'eau Rhin-Meuse, Juin 1998	22
Tableau 3 : Liste des ouvrages hydrauliques à Erckartswiller	33
Tableau 4 : Liste des obstacles à Rosteig.....	36
Tableau 5 : Résultats obtenus avec les données provenant de l'AERM.....	38
Tableau 6 : Résultats obtenus avec les données provenant de l'ONEMA.....	38
Tableau 7 : Résultats obtenus avec les données provenant de la banque HYDRO.....	39
Tableau 8 : Résultats retenus en fonction des différents jeux de données exploités.....	40
Tableau 9 : Résultats obtenus pour le bassin du moulin de Rosteig.....	40
Tableau 10 : Tableau récapitulatifs des problématiques identifiées	41
Tableau 11 : Dimensions des échancrures triangulaires tronquées	47
Tableau 12 : Dimensions et cotes des pré-barrages	47
Tableau 13 : Répartition du débit entre le Muehlbach et le Mittelbach dans le cas du scénario 1	49
Tableau 14: Répartition des débits entre le Muehlbach et le Mittelbach dans le cas du scénario 2	51
Tableau 15 : Différence d'altitude à rattraper après déplacement du lit sans reméandrage du cours d'eau ..	58
Tableau 16: Différence d'altitude à rattraper après déplacement du lit après reméandrage du cours d'eau .	59

GLOSSAIRE

Bassin-versant : aire de collecte limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers un exutoire.

Embâcle : phénomène d'accumulation de matériaux emportés par le courant et qui sont susceptibles d'engendrer un obstacle à l'écoulement (végétation, rochers, bois, etc.) dans le lit mineur.

Etiage : Débit minimal d'un cours d'eau, en hydrologie. Il correspond statistiquement (sur plusieurs années) à la période de l'année où le niveau d'un cours d'eau atteint son point le plus bas (basses eaux)

Eutrophisation : Processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu ou un habitat (terrestre ou aquatique).

Montaison : Action de remonter un cours d'eau pour un poisson migrateur pour rejoindre son lieu de reproduction ou de développement.

Obstacle à l'écoulement : un ouvrage lié à l'eau qui est à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface.

Radier : Le radier est une base ou une plateforme stable sur laquelle reposent d'autres éléments.

Reméandrage : Technique consistant à allonger le tracé et à réduire la pente d'un cours d'eau pour rendre sa morphologie plus sinueuse et lui faire ainsi retrouver ses fonctions hydrobiologiques.

Ripisylve : La ripisylve décrit l'ensemble des formations boisées (arbres, arbustes, buissons) qui se trouvent aux abords d'un cours d'eau.

Seuil : ouvrage fixe ou mobile barrant tout ou partie du lit mineur d'un cours d'eau.

Transport solide : Transport de sédiment (sables, argiles, limons, ...) dans les cours d'eau pouvant s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit du fait des forces liées au courant.

1. INTRODUCTION

A l'heure où la restauration écologique des cours d'eau fait débat dans sa mise en œuvre [7], le cas du Moulin d'Erckartswiller est un parfait exemple des contraintes politiques que peut rencontrer un projet de restauration tandis que la restauration du Schuesselthalbaechel s'heurte quant à elle à des problèmes d'ordre technique.

Le projet menant à restaurer ces deux cours d'eau, porté par le SDEA, s'appuiera sur une recherche approfondie des caractéristiques du site d'étude et une analyse de terrain qui permettront d'identifier les contraintes et problématiques liées à chaque site, puis d'obtenir les données nécessaires au dimensionnement de solutions techniques.

Finalement les solutions techniques et leurs éléments de dimensionnement seront présentés et analysés au regard du contexte socio-économique et des contraintes rencontrées sur chacun des cours d'eau.

1.1. L'entreprise Sinbio SCOP

1.1.1. Domaines d'activité et évolutions

Sinbio SCOP est un bureau d'étude en génie écologique intervenant sur des projets de restauration de cours d'eau, d'assainissement et de traitement des eaux (baignade biologique, filtres plantés de roseaux) et de gestion intégrée des eaux pluviales et adaptation au changement climatique. La grande variété de compétences acquises par les membres de l'entreprise (hydrauliciens, hydro écologues, spécialistes en assainissement de l'eau et en génie végétal) permet à l'entreprise d'intervenir sur de nombreux secteurs d'activité, de la phase d'étude préliminaire au suivi de chantier.

L'entreprise a bientôt 30 ans d'existence mais elle est passée il y a peu sous le statut de SCOP lors du rachat de la société par une majorité de salariés. Elle est maintenant gérée par l'ensemble des « associés ». La vingtaine de salariés se répartie dans les 5 antennes de l'entreprise, toutes situées sur le territoire français.

1.1.2. L'équipe Sinbio SCOP

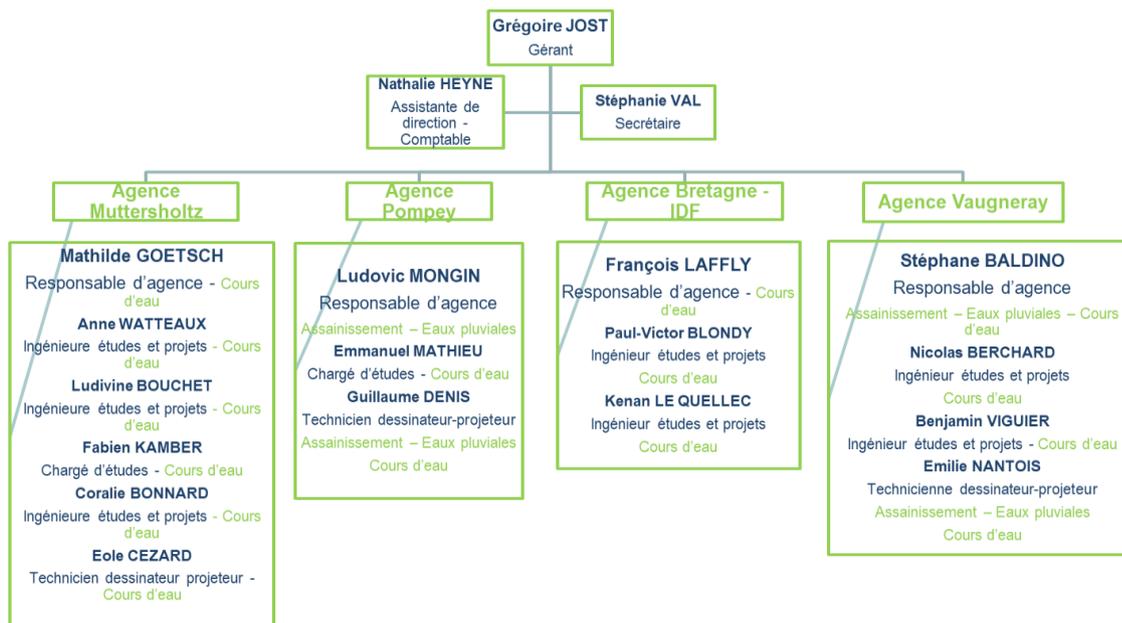


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise Sinbio SCOP

1.2. Les Missions

Le stage sur le projet de restauration de la continuité écologique sur les moulins d'Erckartswiller et de Rosteig proposé par Sinbio SCOP concernait l'ensemble des missions suivantes sous la supervision de l'équipe :

- Analyse du contexte général de l'étude, compréhension et restitution des enjeux et problématiques liés à ce projet.
- Relecture, synthèse et vérification des données disponibles sur la zone d'étude et complétées de toute information nécessaire au respect des demandes inscrites dans le CCTP transmis par le maître d'ouvrage.
- Identification des besoins topographiques nécessaires à l'élaboration des différentes propositions d'action envisagées au stade de l'EP.
- Rédaction d'un CCTP à destination d'un géomètre afin d'obtenir les données topographiques nécessaires au bon déroulé du projet.
- Réalisation d'un fichier SIG et des cartographies nécessaires à l'illustration du diagnostic et des propositions d'actions.
- Exploitation des données hydrologiques disponibles afin de pouvoir proposer une analyse fine de la répartition des flux hydrauliques sur le site d'Erckartswiller avec une analyse critique des résultats.
- Exploitation des données accumulées afin de poser un diagnostic pour chacun des sites.
- Sélection des scénarii à présenter au maître d'ouvrage en fonction de leur faisabilité technico-économique avec justification des scénarii écartés.
- Dimensionnement, modélisation et chiffrage des scénarii retenus, accompagné d'une analyse critique des résultats.
- Rédaction du rapport final, fourni au maître d'ouvrage
- Préparation et présentation conjointe des réunions avec le comité de pilotage.

1.3. Contexte et objectifs de l'étude

Le SDEA Alsace Moselle a souhaité mener une étude pour évaluer le rétablissement de la continuité écologique au niveau de deux sites localisés à proximité de La Petite-Pierre **(fig.2)** :

- Le seuil du moulin de la commune d'Erckartswiller, sur le cours d'eau du Mittelbach
- Le moulin de Rosteig, sur le cours d'eau du Schuesselthalbaechel

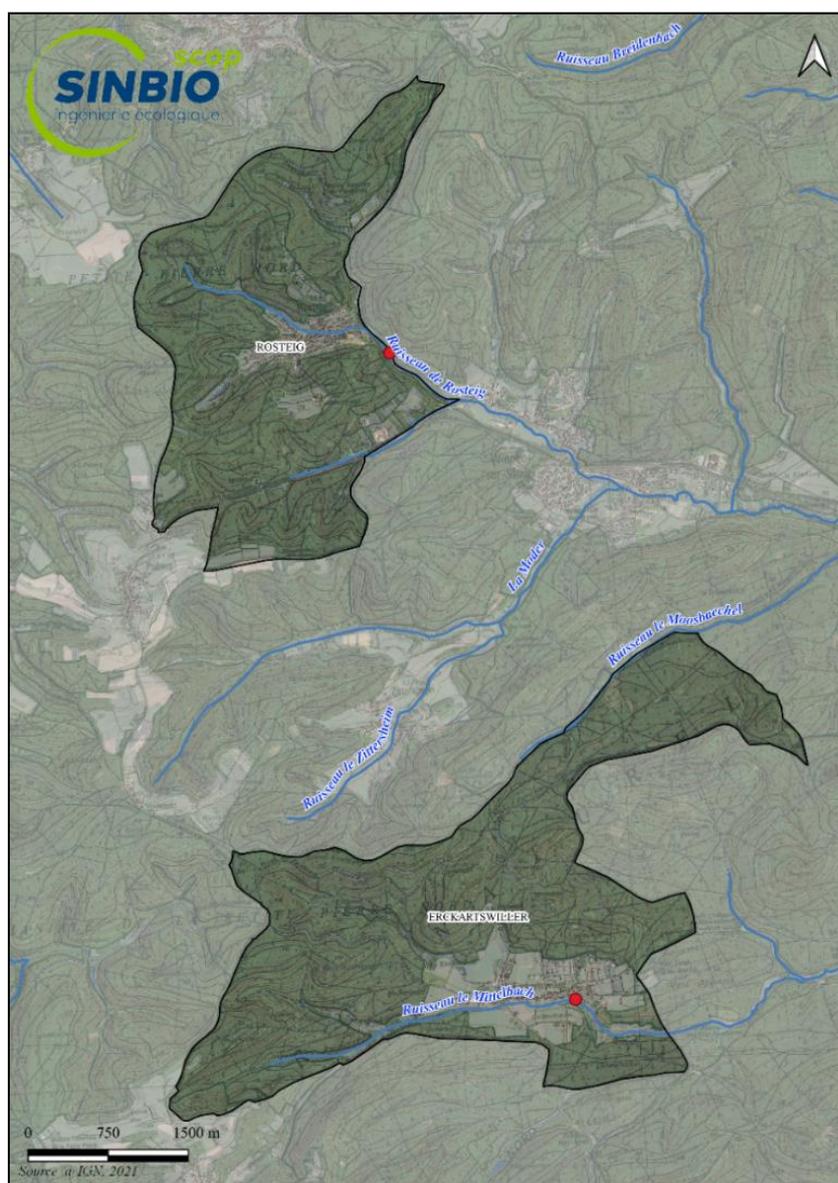


Figure 2 : Localisation des sites concernés par l'étude

L'objet de cette étude est d'aboutir à des propositions d'aménagements répondant aux contraintes spécifiques de chaque site (réglementaires, respect des droits d'eau et des débits réservés, topographiques, usage des sites, etc...).

Il s'agira d'apporter un regard pragmatique sur ces ouvrages de façon à proposer les interventions les plus simples et intégrées possible, au regard des usages connus.

L'objectif sera de trouver le bon compromis entre :

- Restauration de la continuité piscicole
- Restauration de la continuité sédimentaire
- Evolution hydromorphologique du lit
- Maintien des usages autorisés
- Transparence hydraulique des aménagements
- Intégration dans le milieu et le paysage
- Rapport coût/bénéfice écologique

Cette mission est scindée en deux grandes étapes :

1) Une phase **diagnostic préalable**, a pour but de poser un premier diagnostic sur les ouvrages des deux sites, leur fonctionnement et leur impact sur la continuité écologique et l'hydromorphologie du Mittelbach et du Schuesselthalbaechel.

2) Une seconde phase **Avant-Projet sommaire (AVPS)**, vise à approfondir l'ensemble des actions retenues au stade diagnostic, à préciser les paramètres de dimensionnement, à affiner le chiffrage et à effectuer des relevés complémentaires si besoins.

L'étude répond aux objectifs et exigences fixées par :

- La Directive Cadre Européenne sur l'Eau pour l'atteinte du bon état des masses d'eau (Partie 2.1).
- Le SDAGE Rhin Meuse, les listes 1 et 2 de l'article L.214-17-I du Code de l'Environnement pour la restauration de la continuité écologique (Partie 2.1).
- La classification des cours d'eau en liste 1 et/ou 2 (Partie 2.1).

1.4. Acteurs et enjeux

Acteurs concernés par cette étude sur le site d'Erckartswiller :

- Le S.D.E.A. : Maître d'ouvrage du projet, à l'initiative de cette étude pour le rétablissement de la continuité écologique. La prise de décision finale revient au S.D.E.A. et avec la collectivité, il a la charge de la mise en relation, et de la consultation de l'ensemble des acteurs concernés par ce projet.
- Les agences gouvernementales chargées de la protection de l'environnement : DDT, OFB, agents du PNR des Vosges du Nord.
- La commune d'Erckartswiller, ayant sollicité le S.D.E.A. sur la problématique du droit d'eau du Moulin.
- L'Association Foncière (AF) d'Erckartswiller, propriétaire du déversoir du Mittelbach
- Mr et Mm Rolling, propriétaires du droit d'eau du Moulin d'Erckartswiller.
- Propriétaires riverains dont les aménagements ont un impact sur leur parcelle.

Acteurs concernés par cette étude sur le site de Rosteig :

- Le S.D.E.A. : Maître d'ouvrage du projet, c'est l'instigateur de cette étude pour le rétablissement de la continuité écologique. La prise de décision finale revient au S.D.E.A. et avec la collectivité, ils ont la charge de la mise en relation, et de la consultation de l'ensemble des acteurs concernés par ce projet.
- Les agences gouvernementales chargées de la protection de l'environnement : DDT, OFB, agents du PNR des Vosges du Nord.
- Les propriétaires et habitants du Moulin de Rosteig.
- Propriétaires riverains dont les aménagements ont impact sur leur parcelle.

Description des enjeux sur le Moulin d'Erckartswiller :

Le premier enjeu est la restauration de la continuité écologique (**cf. partie 1.6**) du Mittelbach ainsi que la garantie de débits suffisamment importants lors des étiages pour permettre un bon état écologique du milieu (débit réservé).

L'autre enjeu majeur étant le respect du droit d'eau du Moulin, qui représente une grande valeur affective pour les propriétaires du Moulin, bien que les conditions hydrauliques soient défavorables à son alimentation (faible pente et fort ensablement du milieu), d'autant plus qu'une partie du débit doit être réservée au milieu naturel.

Le Muehlbach ayant été au cœur d'une affaire judiciaire longue de plusieurs années concernant le droit d'eau du Moulin, l'affaire présente une dimension politique à ne pas négliger.

Description des enjeux sur le Moulin de Rosteig :

Le premier enjeu est la restauration de la continuité écologique du Schuesselthalbaechel tout en assurant des débits suffisants lors des étiages pour permettre un bon état écologique du milieu sans entrainer de problèmes d'érosion régressive pour les ouvrages à l'amont de la zone d'étude.

Le second enjeu est de s'assurer de la stabilité du bâti suite aux aménagements proposés car le cours d'eau passe en limite de l'habitation et que les berges sont instables sur certaines portions du cours d'eau.

Enfin il faut s'assurer que les scénarii satisfassent l'ensemble des acteurs avant de valider ces propositions.

1.5. Ancienne étude et données disponibles

En plus de toutes les données accessibles sur le domaine public (**cf. partie 2.1**), l'étude s'appuiera sur l'étude réalisée par le bureau BURGEAP [5] ; [6] réalisée entre 2016 et 2018 qui avait pour but de restaurer la continuité écologique via le Muehlbach.

Les propriétaires, Mr et Mm Rolling ont fourni de nombreux documents juridiques concernant le droit d'eau du Moulin d'Erckartswiller qui seront également pris en compte pour établir les aspects réglementaires s'appliquant au déversoir du Mittelbach.

Le SDEA a également transmis des données SIG (cadastres fonciers, aires de protection etc...) permettant de réaliser la cartographie des sites d'étude

1.6. La continuité écologique

Le projet a pour but la restauration de la continuité écologique et notamment de la continuité piscicole sur les deux cours d'eau des Vosges du nord, il paraît donc pertinent de faire un rapide point sur cette notion :

Le Ministère de la transition écologique solidaire retient la définition suivante : « la continuité écologique, pour les milieux aquatiques, se définit par la **circulation des espèces** et le **bon déroulement du transport des sédiments**. Elle a une **dimension amont-aval**, impactée par les ouvrages transversaux comme les seuils et barrages, et une **dimension latérale**, impactée par les ouvrages longitudinaux comme les digues et les protections de berges, qui peuvent empêcher la connectivité entre le lit mineur et ses annexes (bras secondaires, affluents...) »

Globalement, rétablir la continuité écologique permet de réduire la fragmentation des milieux naturels afin de permettre aux espèces de transiter entre les différents réservoirs de biodiversité. La fragmentation a notamment un fort impact sur les espèces migratrices dont la survie dépend de la possibilité d'accéder aux sites de reproduction. Cette notion se confirme lorsque que l'on parle d'espèces piscicoles puisque leurs moyens de déplacements sont limités aux espaces aquatiques sur lesquels ont été installés de nombreux obstacles.

Bien que la restauration de la continuité soit controversée [7] en raison d'enjeux politiques et de conflit autour des usages de l'eau, la restauration de cette continuité a déjà fait ses preuves avec le retour progressif des saumons dans la Meuse après leur disparition et leur réintroduction. [12]

1.7. Organisation et méthodologie de la mission

1.7.1. Méthodologies

Un point sur les méthodologies employées lors de la réalisation du TFE permettra d'appréhender le travail réalisé dans les parties suivantes concernant le diagnostic et les propositions d'actions du projet.

1.7.1.1. Méthodologie de la recherche bibliographique

Dans un premier temps la phase de recherche bibliographique a été guidée par les éléments explicitement exigés dans le CCTP fournis par le maître d'ouvrage. Les demandes sont traitées une à une et les éléments de réponses ainsi que leur source sont consignés dans le rapport d'étude préliminaire.

Lorsqu'un élément pouvant impacter le projet ne figure pas dans les demandes du CCTP, il est tout de même analysé et signalé dans le rapport d'étude. Le CCTP fourni par le SDEA étant très complet, ce cas de figure n'a été que peu rencontré sur ce projet.

En parallèle du rapport, les éléments adaptés à une cartographie seront incorporés au fichier QGIS du projet afin de permettre une visualisation globale des données récoltées et de fournir des outils pour illustrer le rapport d'étude.

L'ensemble des sources de données utilisées sera référencé afin de permettre une vérification des informations retranscrites dans le rapport. (Études antérieures existantes, les documents historiques et des sites internet (cf. partie 2 et Bibliographie).

1.7.1.2. Méthodologie du diagnostic

Le diagnostic est réalisé à partir d'une campagne de terrain qui s'est déroulée le 09 février 2021. Dans le présent rapport, deux niveaux d'analyse sont proposés : les fiches ouvrages et l'analyse globale des deux sites d'études.

Les fiches ouvrages :

Ces fiches « ouvrages » sont des fiches synthétiques qui récapitulent les principales données recensées sur le terrain pour chaque ouvrage. Associées à la cartographie, elles permettent d'avoir une vision globale des sites et des différentes fonctions, problématiques, etc... (Voir exemple de fiche ouvrage en annexe **(Annexe 1)**).

Les fiches problématiques :

Les fiches problématiques permettent de définir succinctement les problèmes à traiter sur le site et mettre en avant les raisons qui poussent à l'intervention, ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour répondre aux problématiques identifiées. **(Annexes 2, Annexe 3, Annexe 4, Annexe 5)**

Analyse générale :

Il s'agit de donner une vision d'ensemble, avec plus de détails, de la zone étudiée sur les différentes caractéristiques observées sur le terrain : la rupture des ouvrages, la ripisylve, les berges, les désordres ponctuels ou linéaires, l'état du cours d'eau, en lien avec l'analyse bibliographique.

Pour chaque site, les caractéristiques des tronçons et ouvrages hydrauliques seront clairement identifiées et une analyse hydrologique sera réalisée afin d'appuyer la faisabilité des actions proposées par la suite pour répondre aux différentes problématiques liées à chaque zone d'étude.

Nota : La franchissabilité des ouvrages a été déterminée grâce à une méthode **d'évaluation qui permet de diagnostiquer le risque d'entrave au déplacement des poissons migrateurs dans les cours d'eau (méthode ICE)**. Cette méthode a été développée par l'OFB [2]

1.7.1.3. Méthodologie : proposition d'aménagements

Inventaire des solutions envisagées :

À la suite du diagnostic, toutes les solutions techniques envisagées pour répondre aux problématiques identifiées seront listées et étudiées pour déterminer leur faisabilité en fonction des contraintes du site et de leur rapport coût-bénéfice estimé.

Sélection des aménagements :

Toutes les solutions considérées comme envisageables seront étudiées plus finement : les ouvrages seront dimensionnés et confrontés aux données topographiques, le coût et les impacts environnementaux seront estimés afin de donner au maître d'ouvrage un maximum d'éléments pour faciliter la prise de décision quant au meilleur scénario à retenir.

1.7.1.4. Dimensionnement des aménagements

Le dimensionnement d'un aménagement est réalisé par étapes successives qui ont pour but de parvenir à un ouvrage respectant la réglementation et en étant le plus adapté et optimisé possible :

- Une étude hydraulique est réalisée sur le secteur concerné par l'aménagement afin d'estimer les paramètres hydrauliques à proximité des ouvrages à installer (hauteurs d'eau, débits d'étiages etc...)

- Les contraintes réglementaires à respecter sont identifiées et listées, elles permettent de fixer les limites de dimensionnement des ouvrages (hauteur de chute max, débit minimum, etc...) et donne les ordres de grandeur des équipements à installer.
- Les aménagements sont modélisés puis les caractéristiques des ouvrages sont fixées en respectant les limites identifiées plus tôt et en prenant en compte les contraintes du site (emprise foncière, accessibilité, etc...) (cf. parties 3.1.2 ; 3.1.3 ; 3.2.2 ; 3.2.3)
- Les ouvrages sont optimisés pour réduire les coûts et correspondre aux équipements disponibles dans le commerce.

1.7.1.5. Méthodologie de chiffrage

Une fois les aménagements dimensionnés et les volumes de matériaux calculés, il est possible d'estimer leur coût en recoupant plusieurs sources d'informations pour ajuster le prix de chaque étape du chantier :

- Prise de contact avec les acteurs concernés afin qu'ils délivrent un devis/estimation du prix qu'ils pratiquent habituellement.
- Consultation de catalogues d'équipementiers fournissant du matériel identique ou similaire à celui nécessaire pour la réalisation du chantier.
- Estimation d'un prix moyen d'après les aménagements récents et similaires déjà réalisés par Sinbio Scop en prenant en compte les retours des fournisseurs/entreprises.

1.7.2. Planning et décalages

Ci-dessous, le planning tel qu'il était prévu lors de la réponse à l'appel d'offre du S.D.E.A :

000		N	D	J	F	M	A	M	J
Restauration du Mittelbach et du Schuesselthalbaechel									
Phase 1	Réunion de démarrage								
	Etat des lieux et diagnostic (Collecte et analyse des données existantes, parcours de terrain et analyse hydraulique)								
	Rédaction d'un cahier des charges topographies								
	Lancement et réalisation des levés topographiques								
	Propositions d'aménagement								
	Réunion de présentation des résultats du diagnostic et des propositions d'aménagements								
Phase 2	Elaboration de l'AVPS								
	Réunion de rendu AVPS								

Tableau 1: Planning initial de l'étude pour le projet d'Erckartswiller

L'étude est prévue sur une période de 8 mois pour réaliser les deux phases d'étude avec 4 mois pour l'EP et 4 mois pour l'AVPS.

Le décalage de la crise sanitaire :

Avant le début du stage, le projet a été retardé, comme beaucoup d'autres, en raison de la crise sanitaire du COVID-19. Le S.D.E.A. et Sinbio ont convenu que le planning serait décalé en attendant le retour à une situation plus stable. Le planning a donc été différé de plus de 3 mois, la réunion de démarrage ayant eu lieu le 23 février. La prochaine échéance était donc le rendu de l'EP, fixé à la fin du mois de Mai.

Le décalage des données topographiques :

Une fois le CCTP rédigé et envoyé au géomètre ayant souscrit un accord-cadre avec le S.D.E.A, la date fixée pour le rendu des relevés a été légèrement dépassée et des imprécisions dans les relevés ont nécessité un deuxième passage des géomètres sur site. Il a donc été convenu que le rapport d'EP serait rendu mi-juin.

Les scénarii pour lesquels les relevés étaient d'ores et déjà complets ont été poussés jusqu'à la phase AVPS pour permettre une avancée plus rapide suite à la réunion de rendu d'EP.

Le décalage de la réunion de rendu d'EP :

Pour des raisons logistiques le S.D.E.A. a dû décaler la réunion de rendu de l'EP d'un mois, en fin juillet. Et pour des raisons politiques, il a été décidé que la réunion ne réunirait pas tout le comité de pilotage mais qu'une réunion supplémentaire serait programmée au mois de novembre, cette fois avec l'ensemble des membres du COPIL.

Le projet faisant l'objet d'un sujet de stage, il a alors été décidé par Sinbio que le niveau de détail de toutes les propositions serait poussé au stade AVPS.

2. DIAGNOSTIC

2.1. La zone d'étude

Avant même de commencer le diagnostic une recherche bibliographique a été nécessaire afin de caractériser la zone d'étude et de pouvoir s'approprier les problématiques du site.

Pour ce faire, un certain nombre de bases de données et sites internet ont été consultés afin de recueillir et mettre à jour les informations utiles au diagnostic des deux sites. Ceux-ci sont listés ci-dessous :

- Textes législatifs et réglementaires et décisions de justices des cours suprêmes et d'appel de droit français, <https://www.legifrance.gouv.fr/>, consulté le 24/03/2021
- Système d'information sur l'eau Rhin Meuse <https://rhin-meuse.eaufrance.fr/>, consulté le 25/03/2021
- Banque hydro, Données hydrologiques, <http://www.hydro.eaufrance.fr/>, consulté le 25/03/2021
- Informations sur les cours d'eau et milieux naturels du Grand Est, <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/>, consulté le 25/03/2021
- Cartes et photographies aériennes anciennes, <https://remonterletemps.ign.fr/>, consulté le 12/04/2021
- Information géographique de référence : cartes, photographies aériennes, bases de données géographiques, <https://www.geoportail.gouv.fr/>, consulté le 12/04/2021
- Données géologiques et environnementales, <https://infoterre.brgm.fr/>, consulté le 25/03/2021
- Données sur la qualité des eaux de surfaces, <http://www.naiades.eaufrance.fr/>, consulté le 22/03/2021
- Données météorologique, <http://météoblue.com/>, consulté le 23/03/2021
- Données sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, www.icpe-France.com, consulté le 09/04/2021
- Données catégorie piscicole, <https://www.peche67.fr/>, consulté le 08/04/2021
- Données assainissement, <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr>, consulté le 9/04/2021
- Informations zones humides, <http://www.developpement-durable.gouv.fr>, consulté le 19/04/2021
- Informations sur les zones de protection du milieu naturels, <https://www.geoportail.gouv.fr/> et <https://inpn.mnhn.fr/>, consulté le 19/04/2021
- Informations sur les périmètres de captages, <https://aires-captages.fr/> et <https://www.ars.sante.fr/> consulté le 25/03/2021

2.1.1. Le contexte réglementaire

Comme tout projet de restauration, cette étude s'est inscrite dans un cadre réglementaire et a donc suivi les préconisations et directives des documents suivants :

La directive cadre européenne (DCE)

La DCE a pour objectif de lutter contre la pollution et de rétablir le bon état écologique des masses d'eau à l'échelle de l'Union Européenne. Elle fixe des grandes lignes directrices à suivre ainsi que des objectifs à respecter en termes de qualité des masses d'eau.

Le SDAGE Rhin-Meuse

Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) est un document de planification décentralisé, bénéficiant d'une légitimité publique et d'une portée juridique qui définit les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre sur le bassin Rhin Meuse.

Classement des cours d'eau

L'étude préalable a non seulement pour but de répondre aux objectifs d'atteinte du bon état écologique des masses d'eau fixés par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau, mais également aux objectifs de classement des cours d'eau en liste 1 et en liste 2 promulgué par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques pour la restauration de la continuité écologique.

[Le Schuesselthalbaechel ou « Ruisseau de Rosteig » est classé en liste 1.](#)

[Le Mittelbach sur la commune d'Erckartswiller est classé sur la liste 1.](#)

Les aménagements proposés veilleront à respecter la réglementation en vigueur sur ces cours d'eau :

La liste 1 : Arrêté du 28 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° du I de l'article L.214-17 du code de l'environnement sur le bassin Rhin-Meuse, concerne « les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux pour lesquels :

- Aucun nouvel ouvrage ne peut être autorisé ou concédé s'il fait obstacle à la continuité écologique.
- Le renouvellement des ouvrages existants est subordonné à des prescriptions visant à maintenir le très bon état écologique, à maintenir ou atteindre le bon état écologique ou à assurer la protection complète des poissons migrateurs.

Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon les règles définies par l'autorité administrative en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant. »

L'arrêté relate « Pour les cours d'eau inscrits dans cette liste, tout nouvel ouvrage faisant obstacle à la continuité écologique ne peut être autorisé ou concédé. **Si la notion « d'ouvrage nouveau » s'applique au renouvellement des titres des ouvrages existants**, elle doit être appliquée de manière éclairée lorsqu'il s'agit de la modification des caractéristiques d'ouvrages existants. »

2.1.2. Géologie et typologie des cours d'eau

La géologie du site permet d'identifier la typologie des cours d'eau et donc d'appréhender leur dynamique et leur comportement vis-à-vis de l'ensablement.

2.1.2.1. Géologie

Au point de vue géomorphologique (**Annexe 6**), les sites se trouvent tous deux dans le paysage gréseux du pays de Bitche dominé par une cote nette formée par le Buntsandstein moyen, caractérisé par un relief assez vigoureux aux vallées profondes et aux pentes raides recouvertes d'épaisses forêts de conifères, par l'abondance des rochers escarpés.

L'érosion du massif gréseux produit une grande quantité de sédiments fins qui se déposent dans les cours d'eau, produisant ainsi un phénomène d'ensablement du fond des lits des cours d'eau.

2.1.2.2. Typologie

Sans surprise, les deux cours d'eau étudiés présentent un profil type 2 bis « Hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses » (Portrait type **tableau 2**) décrits dans le document « Typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse » [1].

Descripteurs	Caractéristiques
Vallée	« U » fermé, gorges
Style fluvial	rectiligne, sinueux méandres confinés
Pente	moyenne à faible
Berges	sablo-limoneuses, abruptes, peu élevées
Faciès d'écoulement dominant	plat courant, mouille-radier
Granulométrie dominante	sables et graviers granoclassés
Occupation des sols	forestière sur versants, prairies plantées de résineux en fond de vallée

Tableau 2: Caractéristiques physiques des affluents de la Moder, d'après la typologie des cours d'eau du bassin Rhin Meuse-Agence de l'eau Rhin-Meuse, Juin 1998

2.1.3. Etat de la masse d'eau

Pour les eaux de surfaces, le bon état écologique correspond à un fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Il s'évalue au travers d'une biodiversité qui ne s'éloigne que modérément de ce que serait la biodiversité originelle, sans intervention de l'Homme.

Le « bon état » consiste à la fois en :

- Un "bon état écologique" prenant en compte la qualité de l'ensemble des compartiments écologiques : eau, faune, flore, habitat (IBGN, peuplement piscicole, etc.).
- Un "bon état chimique" de l'eau, lorsque sont respectées certaines concentrations de substances prioritaires (métaux, pesticides, etc.).

▪ Localisation de la masse d'eau

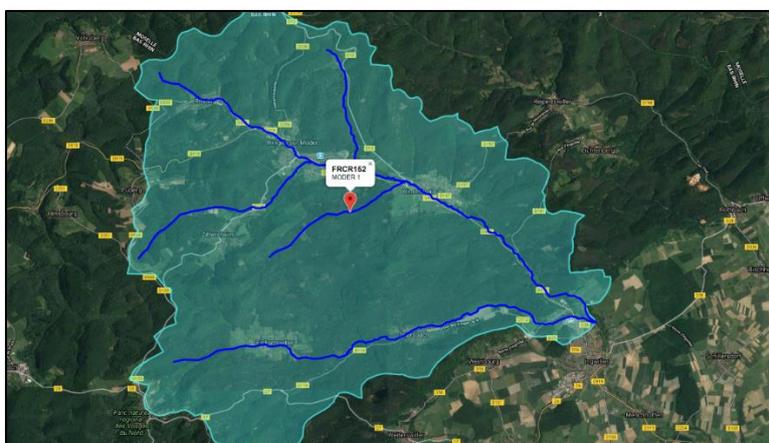


Figure 3 : Localisation de la masse d'eau Moder 1_d'après SIERM, 2021

▪ Caractéristiques de la masse d'eau

Les mesures établies sur la masse d'eau Moder 1 (fig.3), permettent de qualifier les eaux du bassin de mauvaises qualités en ce qui concerne l'état écologique et chimique (Annexe 7).

Les paramètres déclassants sont :

- L'IBD (Indice Biologique Diatomique), témoigne des pollutions organiques, nutritives (azote, phosphore)
- L'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé), témoigne d'apports en nutriments et par conséquent engendre une eutrophisation du milieu (déséquilibre).

Des données complémentaires sur une station de mesure fermée en 2020 sur le Mittelbach à Erckartswiller, permettent de montrer que ce cours d'eau subit des pressions liées aux phosphates, dont la présence peut s'expliquer par la difficulté de la station d'épuration à filtre planté de roseaux à traiter la totalité des phosphates.

Par ailleurs, des données complémentaires (SIERM) sur une station de mesure fermée en 2011 sur le ruisseau de Rosteig à Rosteig (Schuesselthalbaechel), montrent un état écologique très bon en ce qui concerne les invertébrés et les poissons. Rien ne laisse à penser que la qualité chimique du cours d'eau n'ait été dégradée depuis.

En conclusion, cette étude a pour objectif d'améliorer la qualité hydromorphologique, c'est-à-dire la qualité physique du Mittelbach et du Schuesselthalbaechel.

L'amélioration de la qualité physique des cours d'eau influera directement sur la qualité des compartiments biologiques (macro-invertébrés, diatomées, poissons...) ce qui participera à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau, conformément aux objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

▪ Peuplement piscicole :

Le Mittelbach le Schuesselthalbaechel sont tous les deux des cours d'eau de 1^{ère} catégorie piscicole, afin d'éviter la période de fraie les travaux sur le lit mineur peuvent être réalisés entre le 1er aout et le 15 novembre.

L'espèce repère pour le cours d'eau du Mittelbach et du Schuesselthalbaechel est la truite Fario.

Afin de connaître précisément les espèces actuellement présentes sur les deux cours d'eau étudiés plusieurs sources de données ont été analysés :

- Les requêtes sur le site Naïades eau France (relevés Office Français pour la Biodiversité), sont restées infructueuses.
- Une requête auprès de la fédération de pêche 67 a permis d'obtenir une analyse des espèces piscicoles présentes en 2011. Les données sont recensées dans le tableau présenté en **(Annexe 8)**

Pour le Schuesselthalbaechel l'analyse du peuplement piscicole révèle la présence de 4 espèces représentatives de ce type de cours d'eau des Vosges du Nord. Les espèces les plus représentées sont la Truite fario (73%) et le Chabot commun (19%). Par ailleurs, il est noté la présence d'une espèce protégée, la Lamproie de Planer, et le Chabot, inscrite à l'annexe II de la Directive Habitats.

Pour le Meisenbach juste en aval du Mittelbach l'analyse du peuplement piscicole révèle la présence de 11 espèces. Le Spirlin et le Goujon sont les plus représentés (48 et 23%), tandis que le Chevesne et le Brochet dominant pondéralement (39 et 25%). **La population piscicole n'est pas du tout caractéristique de ce type de cours d'eau de moyenne montagne**, le Brochet, Gardon, Chevesne et la Perche sont des espèces représentatives de la zone à barbeau et non de la zone à truite. Cela s'explique par la présence de trop nombreux étang à l'aval de la zone d'étude.

2.1.4. Périmètres d'inventaire et de protection

Sur les zones d'étude plusieurs dispositifs permettent la reconnaissance et la protection des milieux naturels remarquables du territoire :

- Dispositif Natura 2000
- Une ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Faunistique et Floristique).
- Le Parc Naturel Régional des Vosges du nord

2.1.4.1. Le site Natura 2000

Le réseau Natura 2000 concerne des sites naturels ou semi-naturels de l'Union européenne ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelle qu'ils contiennent.

Les deux sites se situent sur la ZSC « FR4201795, La Moder et ses affluents) » fig.4.

Zone spéciale de conservation (**ZSC**) : Les zones spéciales de conservation, instaurées par la directive 92/43/CEE, appelé « Directive habitats-faune-flore » du 21 mai 1992, ont pour objectif la conservation de sites écologiques présentant soit : des habitats naturels ou semi-naturels d'intérêt communautaire, de par leur rareté, ou le rôle écologique primordial qu'ils jouent ; soit des espèces de faune et de flore d'intérêt communautaire, là aussi pour leur rareté, leur valeur symbolique, le rôle essentiel qu'ils tiennent dans l'écosystème. La détermination de ces zones de protection spéciale s'appuie sur l'inventaire scientifique des **SIC** (Sites d'Intérêts communautaires).

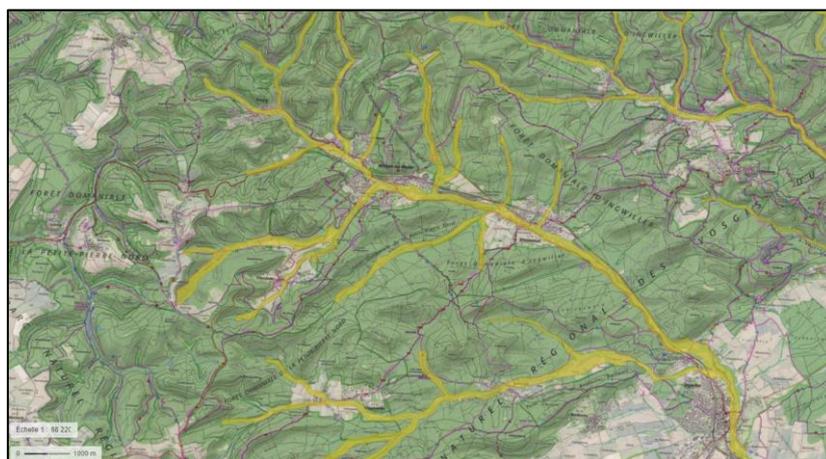


Figure 4 : Cartographie de la ZSC La Moder et affluents, d'après Géoportail, 2021

2.1.4.2. ZNIEFF

Les deux sites se situent sur une ZNIEFF de Type I, identifiant national 420030036, « Cours amont de la Moder et ses affluents » (**Annexe 9**), les aménagements et travaux envisagés veilleront à ne pas impacter les habitats et espèces présentes sur cette ZNIEFF et les ZNIEFF environnantes.

Ces cours d'eau et leurs abords ont un bon degré de naturalité et sont riches en espèces déterminantes de faune et de flore, comme le Gomphe serpentín, le Chabot ou le Potamot à feuilles de renouée.

Les habitats et espèces représentés dans cette ZNIEFF sont répertoriés sur les listes de l'INPN.

2.1.4.3. L'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel)

Les milieux de vie des espèces d'importance communautaire et des habitats de la Moder et de ses affluents sont susceptibles d'évoluer très rapidement et de se banaliser voire de disparaître, sous les effets directs et indirects, isolés ou conjugués des actions suivantes, classées par ordre d'importance décroissante :

- Travaux et aménagements hydrauliques de la rivière et des parcelles environnantes, en particulier des travaux de création d'étangs, de curage, de mise en place de prises d'eau, d'installation de buses, de seuils ou de canaux de dérivation, de rectifications, toutes formes d'artificialisation du lit et des berges
- Remblaiement des zones humides
- Certaines pratiques forestières « inadaptées »
- La création et l'utilisation de multiples pistes forestières mal fixées ou conçues sur des pentes trop fortes génèrent des problèmes d'érosion des sols et des phénomènes d'ensablement du lit des cours d'eau. (colmatage des frayères)
- Evolution de la gestion agricole, par déprise ou intensification.
- Le développement d'espèces allochtones invasives constitue un facteur d'appauvrissement biogénétique important des milieux rivulaires.
- L'urbanisation et le dérangement sont deux autres facteurs de risques

Le rétablissement de la libre circulation des espèces aquatiques est un enjeu important du site, les aménagements et travaux envisagés veilleront à ne pas impacter ce milieu, mais à favoriser la qualité écologique de celui-ci.

2.1.4.4. Parc Naturel Régional des Vosges du nord

Les deux sites se situent au cœur du Parc Naturel régional des Vosges du Nord (**Annexe 10**), les propositions d'aménagements veilleront à être en accord avec la gestion du Parc et à ne pas impacter les habitats et espèces présentes

2.1.4.5. Procédures réglementaires attachées

Au vu des éléments décrits précédemment, il est déjà possible d'identifier des procédures réglementaires qui s'avèreront nécessaire en cas de travaux :

- Le projet ayant pour objectif la restauration des milieux aquatiques, la rubrique 3350 de la Loi sur l'eau et les Milieux Aquatiques s'applique et soumet donc le projet à déclaration. Le dossier de déclaration devra inclure une évaluation des incidences Nature 2000.
- Comme pour tous travaux ayant des impacts sur le milieu naturel, la réglementation des espèces protégées impliquera une étude environnementale ayant pour but d'estimer les impacts potentiels sur les espèces présentes dans le milieu et les enjeux écologiques attachés.

- Si l'étude environnementale montre que les travaux auront un impact sur des espèces ou des milieux protégés alors une démarche « Eviter-Réduire-Compenser » ERC sera à intégrer le plus tôt possible dans l'avancée du projet. Un dossier de dérogation à la destruction d'espèces protégées pourrait également s'avérer nécessaire.

2.1.5. Le contexte foncier

Avant d'envisager tout aménagement il est nécessaire de connaître les propriétaires de chaque parcelle concernée par le projet pour pouvoir envisager l'emprise foncière disponible et déterminer si des acquisitions seront nécessaires pour le projet.

Les données cadastrales fournies par les services du S.D.E.A. ont permis d'établir une carte foncière (**fig.5**) de la zone d'étude recensant les propriétaires de chaque parcelle de la zone d'étude ainsi que le moyen de les contacter.

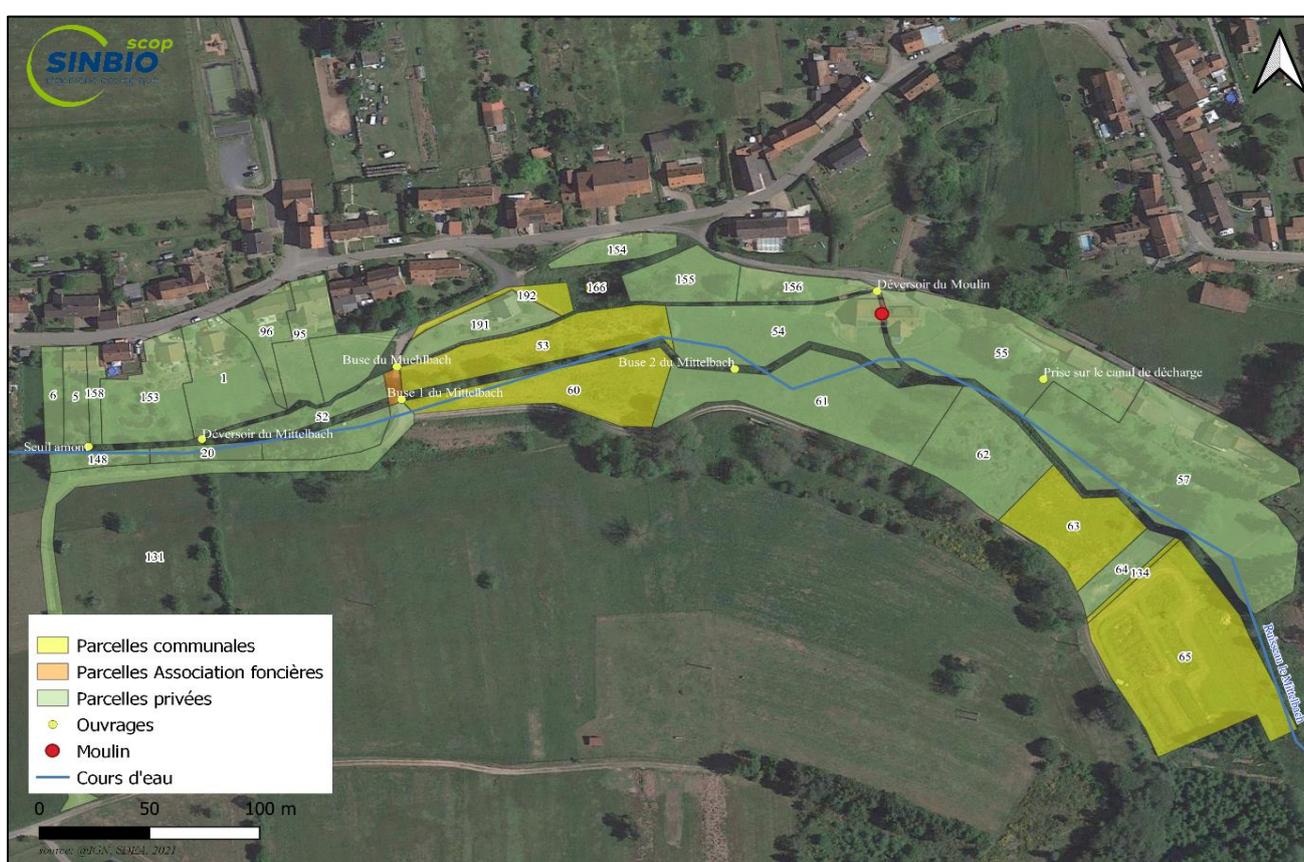


Figure 5: Cartographie du plan cadastral, Sinbio, 2021

Dans le cas d'Erckartswiller on peut constater que le cours d'eau parcourt de nombreuses parcelles appartenant à de nombreux propriétaires, de plus ces parcelles sont proches d'habitations ce qui veut dire que toute action projetant d'utiliser une grande emprise foncière est un facteur de difficulté pour l'avancée du projet.

Dans le cas de Rosteig l'ensemble des problèmes de continuité sont situés sur la parcelle des propriétaires du moulin et bien que les parcelles à l'amont du site d'étude appartiennent à différents riverains, elles ne sont pas rattachées à des habitations. Il est donc envisageable d'intervenir sur ces parcelles avec l'accord des propriétaires avec ou sans acquisition de terrain.

2.1.6. Historique des cours d'eau

L'analyse des documents fournis par Mr et Mm Rolling ainsi que des cartes historiques a permis de dégager les évolutions qui ont mené les cours d'eau à leur état actuel.

Analyse diachronique du Mittelbach :

Il apparaît plus difficile de comparer avec **la carte de Cassini (Annexe 11)** celle-ci n'étant pas précise. Cependant, on peut constater que le moulin d'Erckartswiller est déjà présent et qu'il est donc raisonnable de supposer que le cours d'eau avait déjà été (au moins partiellement) détourné.

Sur **la carte de l'Etat-major (fig.6)**, on peut observer l'existence du Muehlbach, vers le moulin et d'un autre cours d'eau, coulant en fond de vallée avec un profil similaire au tracé actuel du Mittelbach. Toutefois on dénombre 3 tracés différents en sortie du Moulin, ce qui semble avoir été modifié depuis.

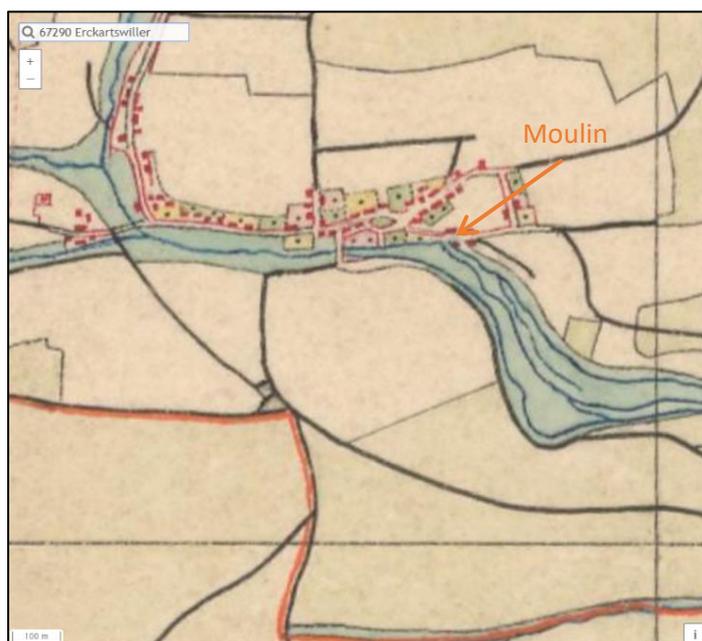


Figure 6 : Extrait de la carte d'Etat-major sur la commune d'Erckartswiller d'après IGN, 2021

D'après les photographies aériennes de 1961 et la carte topographique de 1950, comparées à la photographie aérienne de 2018 (**Annexe 12**), nous pouvons constater que le tracé du cours d'eau et celui du canal d'amenée sont tous deux représentés.

Historiquement, le Muehlbach semble donc être hérité d'un ancien détournement du cours d'eau antérieur à la carte de Cassini.

Lors des travaux de remembrement réalisés dans les années 1995-1998, un ouvrage déversoir a été mis en place à environ 370 m en amont du moulin afin de dériver une partie des écoulements en cas de fortes pluies vers le fond de vallée humide, matérialisé par un écoulement plus marqué nommé Mittelbach.

Le manque d'entretien du Muehlbach et une mauvaise gestion de l'ouvrage déversoir ont entraîné le colmatage du ruisseau ainsi que l'impossibilité pour les propriétaires d'utiliser leur droit d'eau qui n'est désormais alimenté que par la source du lavoir, les écoulements se faisant principalement en faveur du Mittelbach. A ce jour la quasi-totalité des eaux transite par ce cours d'eau nommé Mittelbach. Le Muehlbach, faute de débit suffisant, s'est comblé et il n'est plus possible pour les propriétaires d'utiliser leur droit d'eau.

La comparaison des cartes anciennes avec le tracé actuel du cours d'eau et les photographies aériennes, nous permettent d'identifier les évolutions du lit des cours d'eau et de la végétation.

Analyse diachronique du Schuesselthalbaechel :

La carte de Cassini n'est pas précise sur le secteur et n'apporte aucun renseignement complémentaire, elle n'a donc pas été retenue dans cette analyse.

Sur la comparaison entre la carte de l'Etat-major et la photographie aérienne de 2018 (**fig. 5**), nous pouvons observer l'existence du moulin et du cours d'eau s'écoulant de manière plus méandrique que le tracé actuel, mais il n'y a pas de modification majeure du tracé.

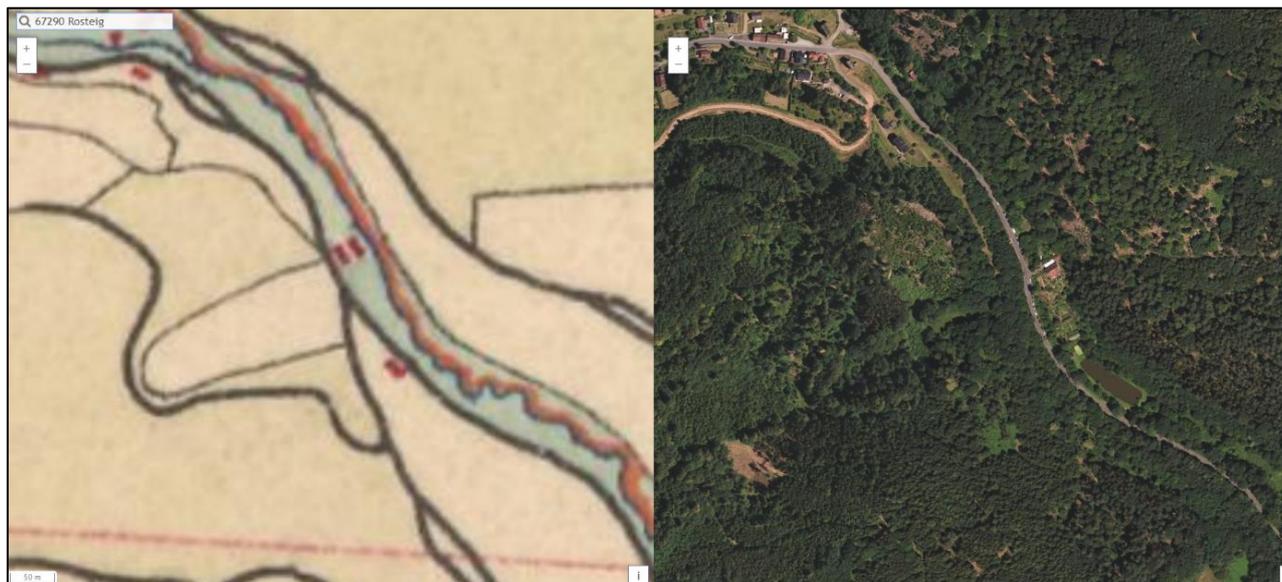


Figure 7: Extraits cartographiques de la carte d'Etat-major de Rosteig d'après l'IGN (remonter le temps)

La comparaison entre les photographies aériennes de 1961 de 2018 (**Annexe 13**), permet de considérer que le tracé du cours d'eau a pu être modifié en aval du moulin après 1961. En effet, celui-ci aurait rejoint le tracé de l'ancien canal de décharge, abandonnant sur quelques dizaines de mètres le tracé initial du cours d'eau. Ainsi, le cours d'eau rejoint aujourd'hui son ancien tracé en aval de l'étang.

Aujourd'hui, le moulin n'a plus d'usage avéré, celui-ci est actuellement utilisé en tant que logement privé. En effet, le canal d'amenée au moulin est effacé et la totalité des eaux transitent par le cours d'eau.

Une source provenant de la cave de la maison alimente toujours très faiblement le canal de décharge du moulin qui se rejette 10 mètres plus loin directement dans le Schuesselthalbaechel (**fig.8 et 8.5**).



Figure 8 : Ancien canal de décharge, toujours alimenté par une source

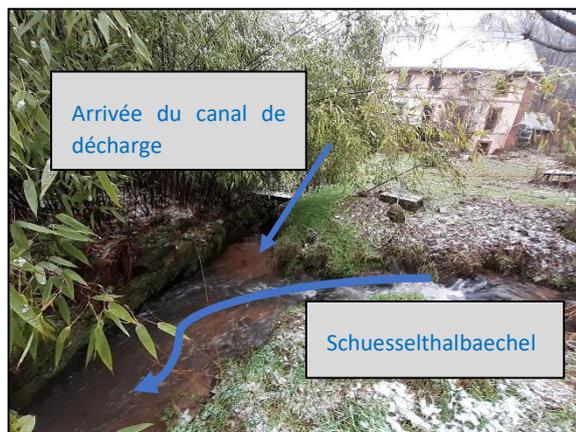


Figure 8.5 : Arrivée de l'ancien canal de décharge dans le Schuesselthalbaechel

Nota : Il n'y a aucune volonté de la part des propriétaires de restituer le droit d'eau de ce moulin.

2.1.7. Règlement d'eau

Le moulin d'Erckartswiller apparaissant sur la carte de Cassini, il est donc lié à un droit d'eau « fondé-en-titre » puisqu'il a été construit avant 1789.

Cependant, si le droit d'eau du moulin est incontestable, il n'a pas de consistance légale, qui définit clairement les conditions de retenue et de prise d'eau sur le cours d'eau. Pour établir cette consistance légale et pouvoir faire usage de ce droit d'eau les propriétaires du moulin doivent se rapprocher de la DDT.

Cependant, dans cette étude, et à la demande du maître d'ouvrage, il est prévu de respecter au mieux le droit du moulin, qui sera subordonné à la réglementation donnant la priorité aux cours d'eau du Mittelbach en cas d'étiages. La consistance légale du droit d'eau a donc peu d'importance dans le cadre de cette étude bien qu'elle soit capitale au bon déroulé du projet pour éclaircir toute incompréhension intervenant dans un contexte politiquement tendu.

Concernant le moulin de Rosteig il n'est pas visible sur la carte de Cassini et les propriétaires du moulin n'ont pas de souhait de remise en état d'une alimentation aujourd'hui inexistante.

Les aménagements proposés auront pour but d'améliorer la continuité écologique et plus largement l'état écologique du cours d'eau.

2.1.8. Autres données étudiées

Plusieurs données complémentaires ont été rassemblées et analysées afin de mener ce projet à bien, mais dans un souci de concision, elles n'ont pas été détaillées dans le présent mémoire. Il apparaît tout de même pertinent de lister rapidement ces éléments :

- La climatologie des Vosges du nord
- L'occupation des sols et les pressions subies par le milieu naturel
- Un état des lieux de l'assainissement sur les bassins versants de l'étude
- Une vérification des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

2.2. Les relevés de terrain

2.2.1. Erckartswiller

2.2.1.1. Présentation du site

L'étude porte sur le cours d'eau du Mittelbach, sur un linéaire de 460 m environ sur les 5.6 km au total, avec pour limite amont un seuil situé à une cinquantaine de mètres à l'amont de l'ouvrage répartiteur (déversoir du Mittelbach) et pour limite aval la confluence entre le canal de décharge du moulin et le Mittelbach **(fig.)**.

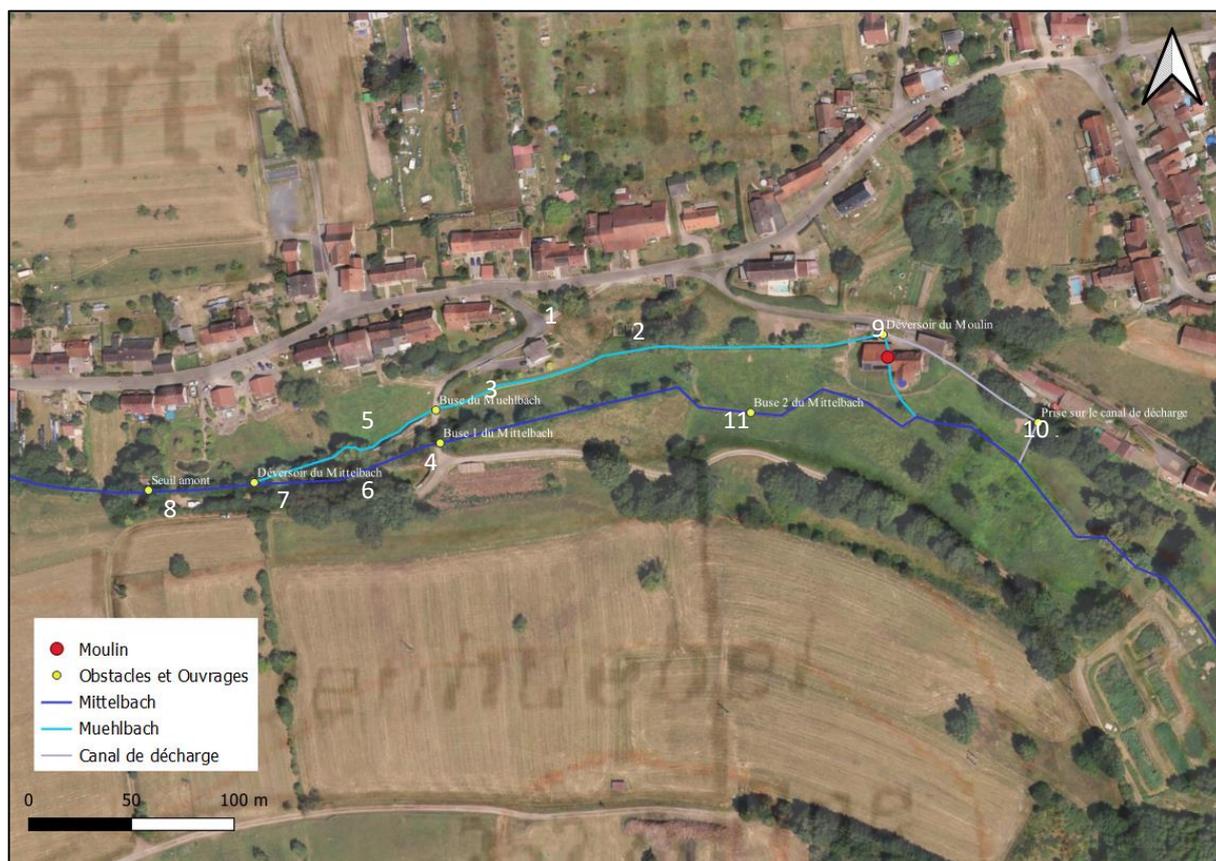


Figure 9 : Localisations des ouvrages sur le site d'Erckartswiller

Le moulin est équipé de plusieurs aménagements cartographiés en annexe (**Annexe 14, Annexe 15**).

La commune d'Erckartswiller est traversée par un cours d'eau nommé le Ramsthalerbaechel, qui prend naissance près de la commune de la Petite Pierre et reçoit les eaux de trois petits affluents en amont de la zone d'étude : le Kleinramsthalerbaechel, l'Esselstegbaechel et le Schustermattgraben. Dans la traversée d'Erckartswiller, **ce cours d'eau se sépare en deux branches au niveau de l'ouvrage déversoir**, le cours d'eau du Mittelbach et le canal d'aménagé du Muehlbach.



Figure 110 : Déversoir du Mittelbach



Figure 11 : Canal d'aménagé du Moulin

Ces deux entités se rejoignent en aval du moulin puis se jettent dans le Meisenbach sur le territoire de Sparsbach. Le cours d'eau du Meisenbach est un affluent de la Moder, dont la confluence est située en amont de la ville d'Ingwiller.

Nota : Aujourd'hui, le Mittelbach est considéré comme le cours d'eau principal par les services de la DDT.

Ainsi, le Mittelbach est un cours d'eau permanent de fond de vallée, alimenté par plusieurs sources en amont d'Erckartswiller. Il présente un lit rectiligne sur sa partie urbaine puis reprend un cours plus naturel et méandrique dans les zones boisées.

Le canal d'aménagé du Muehlbach canalisé sur la majeure partie de son linéaire, coule un peu plus en hauteur et alimente le moulin d'Erckartswiller. Entre le déversoir et le moulin, ce cours d'eau reçoit également les eaux d'une source, physiquement matérialisée par un lavoir aujourd'hui à l'abandon.

2.2.1.2. Sectorisation

Afin de cibler les différentes problématiques et de communiquer plus facilement avec les acteurs concernés, plusieurs tronçons aux caractéristiques homogènes sur le Mittelbach et le Muehlbach ont été identifiés et délimités :

- Mittelbach = Mitt1 et Mitt2
- Muehlbach = Muehl 1, Muehl 2 et Muehl 3

Les informations concernant ces tronçons sont cartographiées (**fig.12**), décrits et répertoriés dans les tableaux en annexe (**Annexe 16, Annexe 17**).

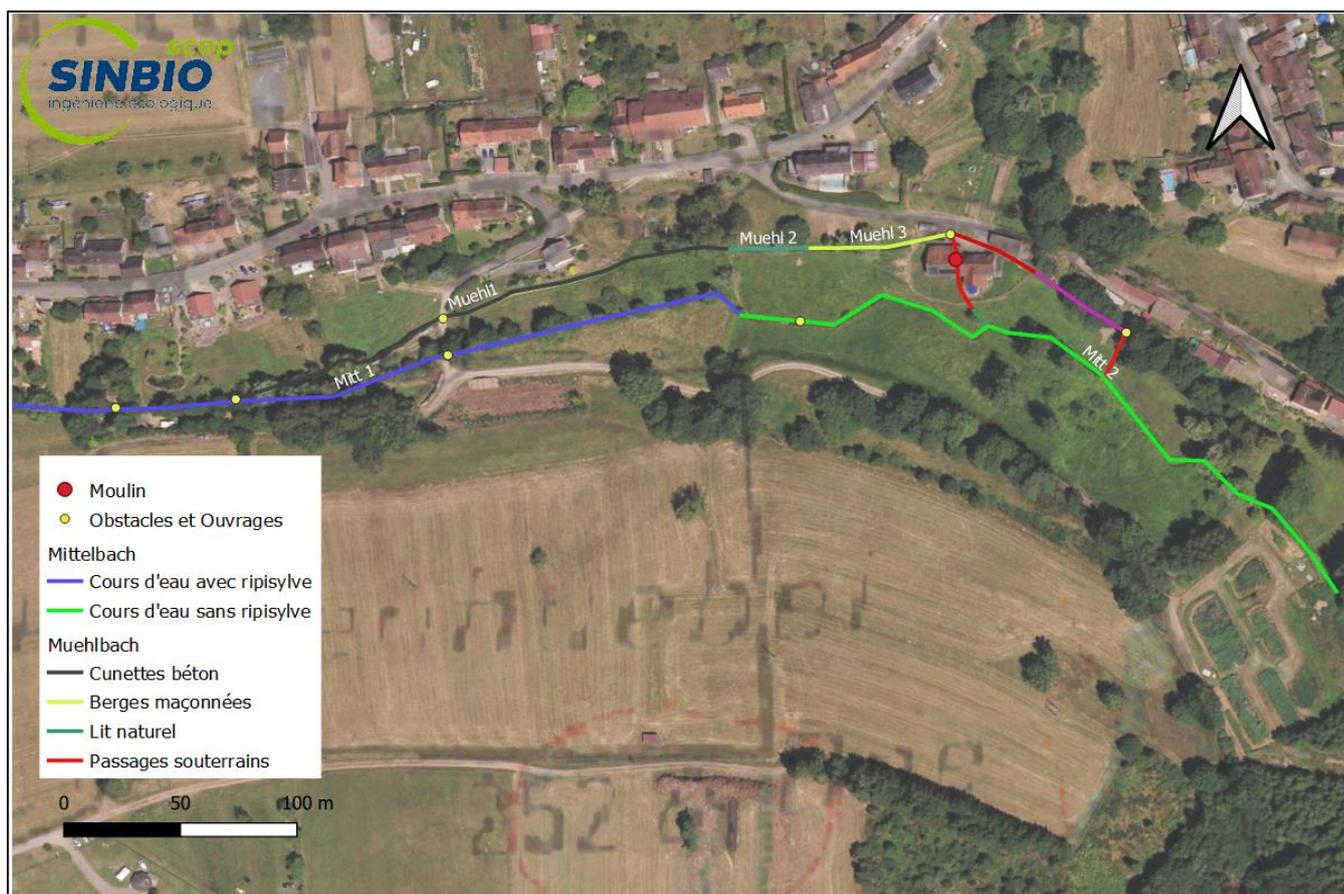


Figure 12 : Cartographie du découpage par tronçons sur le site d'Erckartswiller

Les ouvrages présents sur ces tronçons ont également été détaillés sous forme de fiches ouvrages remises au maître d'ouvrage dont on peut voir un exemple en **(Annexe 1)**

Le diagnostic des principaux ouvrages est donné ci-dessous :

Le Seuil amont :

Ce seuil en bon état ne semble pas avoir été construit avec une fonction hydraulique précise (plutôt agrément paysager), il apparaît difficilement franchissable et représente un obstacle au transit sédimentaire. Par ailleurs, une action sur ce seuil serait susceptible d'impacter la stabilité du bâti à proximité et nécessiterait une étude géotechnique.

Déversoir du Mittelbach :

Cet ouvrage a pour but de répartir les débits entre le Muehlbach et le Mittelbach. Aujourd'hui le dispositif n'est plus fonctionnel et les débits sont entièrement dirigés vers le cours d'eau du Mittelbach.

Cette situation ainsi que la faible pente présente sur le Muehlbach a provoqué le comblement du Muehlbach à l'aval du déversoir et une érosion en aval de l'ouvrage vers le Mittelbach. D'après la méthode ICE (méthode d'analyse de la franchissabilité fournie par l'OFB [2]), ce seuil est infranchissable.

Récapitulatif pour l'ensemble des obstacles à l'écoulement :

Chacun de ces ouvrages a fait l'objet d'une fiche détaillée et leurs principales caractéristiques sont recensées dans les tableaux ci-dessous (**tableau 3**).

N° ouvrage	Nom de l'ouvrage	Hauteur de chute (m)	Franchissement piscicole	Transport sédimentaire
ER1	Déversoir du Mittelbach	0,5 + 0,5 m (estimée)	Infranchissable	Obstacle au transit
ER2	Déversoir du moulin	0,17 m ou 0,49 m	Infranchissable	Obstacle au transit
ER3	Seuil amont	0,46 m	Infranchissable	Obstacle au transit
ER4	Prise d'eau sur le canal de décharge	0 m	-	-
ER5	Buse 2 Mittelbach	0,18 m	Franchissable une partie de l'année pour les espèces sauteuses.	Léger obstacle au transit
ER6	Buse 1 Mittelbach	0,43 à 0,26 m	Franchissable	Transit non perturbé
ER7	Buse Muehlbach	-	-	-

Tableau 3 : Liste des ouvrages hydrauliques à Erckartswiller

La continuité écologique est altérée sur le cours d'eau du Mittelbach car certains ouvrages sont infranchissables par l'espèce piscicole de référence : la truite Fario, de plus, certains ouvrages bloquent une partie du transit sédimentaire.

2.2.1.3. Synthèse générale d'Erckartswiller

Actuellement, la majorité du débit s'écoule dans le Mittelbach et l'amont du Muehlbach est quant à lui envasé et alimenté principalement par la source du lavoir.

En effet, le manque de débit et le cours d'eau naturellement chargé en sédiments fins gréseux ont rapidement dégradé l'état du canal du Muehlbach qui s'est ensablé et ne permet plus une arrivée d'eau du Mittelbach au Moulin, même en période de hautes eaux.

Le canal recueille tout de même les eaux de pluies et les eaux provenant de la source du lavoir qui arrive en amont du tronçon Muehl 2 (**Fig. 12, photographies : Annexe 14, Annexe 15**)

Par ailleurs, le cours d'eau retrouvant peu à peu son équilibre naturel suite au retour du débit dans le fond de vallée, a naturellement provoqué une incision du lit et par conséquent une déstabilisation des berges voire un effondrement de celles-ci.

En effet, le lit d'une rivière évolue sous l'effet du transport liquide (déplacement de l'eau dans le sens amont-aval et dans le sens transversal) et du transport solide (déplacement et dépôt des matériaux). Ce qui permet à la rivière de dissiper son énergie en :

- érodant ses berges ou son lit ;
- remobilisant les sédiments
- transportant des alluvions

La rivière va rechercher un **équilibre entre son débit liquide et son débit solide**. Ainsi :

- si le débit liquide diminue : les matériaux vont se déposer ;
- si le débit liquide augmente : la rivière va éroder ses matériaux pour augmenter son débit solide et retrouver son équilibre. Ce qui est le cas du Mittelbach.

Pour conclure, la nécessité d'intervenir sur le déversoir du Mittelbach est importante afin d'améliorer la continuité écologique du cours d'eau. Une intervention sur le lit du Mittelbach permettrait également d'améliorer la qualité du milieu, mais également de favoriser le maintien des berges.

Les scénarii proposés devront prendre en compte le besoin d'alimenter le canal du Muehlbach afin d'alimenter le Moulin et prioritairement de laisser une quantité suffisante d'eau dans le tronçon naturel du Mittelbach, appelé « débit réservé » se rapprochant du « débit minimum biologique ».

Le DBM (Débit Minimum Biologique) est le débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux et correspond à la valeur du débit instantané qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter à son aval immédiat. Ici le DBM sera approximer à un dixième du module et correspondra au débit de réserve attribué au milieu naturel.

En aval des ouvrages de stockage ou de prélèvement, l'article L214-18 du code de l'environnement impose de restituer ce débit minimum biologique.

Ce débit doit être suffisant pour :

- Préserver la qualité physico-chimique des eaux (maintenir les capacités de dilution du cours d'eau).
- Maintenir la continuité écologique (ligne d'eau suffisante pour le franchissement des ouvrages en aval).
- Préserver le bon fonctionnement des zones humides périphériques (préserver les échanges entre la nappe et la rivière).
- Permettre le maintien dans des conditions équilibrées des populations d'organismes peuplant la rivière c'est-à-dire définir un débit assurant une capacité d'accueil minimale. Il s'agit probablement de l'aspect le plus complexe à traiter et il nécessite dans la grande majorité des cas le recours aux « techniques des micro-habitats.

Après avoir effectué les calculs de caractérisation des débits, il a été possible de poser un diagnostic sur la répartition des débits dans la situation actuelle (**Annexe 18**) :

Ce graphique présente des résultats purement théoriques puisqu'en réalité, le canal du Muehlbach étant bouché, la totalité du débit passe par le Mittelbach. Cependant cela permet d'envisager la répartition des débits dans le cas où le Muehlbach serait curé et régulièrement entretenu.

Les données montrent qu'à partir du moment où la cote de déversement vers le Mittelbach est atteinte, la répartition des débits devient rapidement plus favorable au Mittelbach, ce qui a pour conséquence de limiter le débit transitant vers le Moulin. Cela montre donc que la cote de déversement est déterminante sur le débit moyen transitant dans le canal du Muehlbach et qu'il sera important de discuter avec les différents acteurs de la fixation de cette cote si le déversoir est restauré.

2.2.2. Rosteig

2.2.2.1. Présentation du site

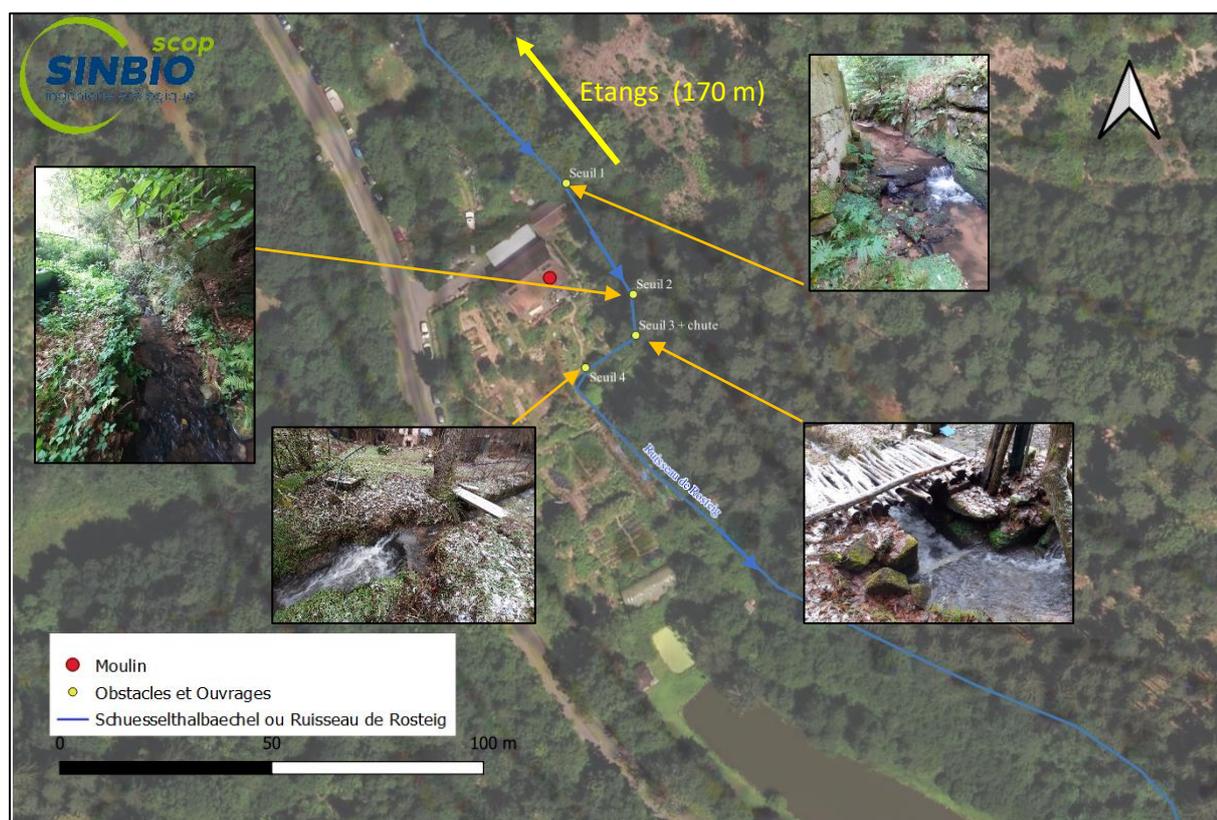


Figure 13 : Obstacles à la continuité présents sur le site de Rosteig

Le Schuesselthalbaechel est un cours d'eau à forte pente (entre 2% et 4% en moyenne autour de la zone d'étude) qui sinue sur les terrains boisés à l'amont et à l'aval du moulin. A proximité du moulin le cours d'eau a été dévié dans un lit creusé dans la roche mère et à l'aval du bâtiment il dévale de fortes pentes et passe par un ouvrage construit avant de retourner dans son lit historique.

2.2.2.2. Diagnostic des ouvrages

Le diagnostic de ces ouvrages est présenté ci-dessous de l'amont vers l'aval et les photographies du site sont disponibles en annexe (**Annexe 19**)

Seuil 1 :

Ce seuil est un seuil naturel induit par le passage du Schuesselthalbaechel sur la roche mère (grès).

Celui-ci ne constitue pas d'obstacle à la continuité sédimentaire, en revanche il est infranchissable au moins la majeure partie de l'année d'après les critères ICE pour les truites de rivière (méthode d'analyse de la franchissabilité de l'OFB [2]).

La problématique sur ce point est la continuité écologique mais surtout la proximité du bâti. En effet les écoulements sont directement dirigés en un point sur le bâti et peuvent venir, à long terme, fragiliser celui-ci ainsi que la stabilité de la berge en aval (rive droite).

Seuil 2 :

Ce seuil est également un seuil incliné naturel induit par le passage du Schuesselthalbaechel sur la roche mère (grès). Celui-ci ne constitue pas d'obstacle à la continuité sédimentaire. Bien qu'il ait des caractéristiques naturelles, il s'avère infranchissable d'après l'analyse ICE [2].

Le seuil 3 et la succession de chutes :

Cet ouvrage infranchissable est une rupture dans la continuité écologique du milieu (sédimentaire et piscicole). De plus, l'énergie dissipée dans la forte pente de la succession de chutes d'eau provoque des problèmes d'érosion des berges en rive droite et gauche.

Seuil 4 :

Diagnostic identique à celui effectué sur le seuil 2.

Récapitulatif :

N° ouvrage	Nom de l'ouvrage	Hauteur de chute	Franchissement piscicole	Transport sédimentaire
ROS1	Seuil 1	0,55	Infranchissable	Transit non perturbé
ROS2	Seuil 2	0,4 (en forte pente)	Infranchissable	Transit non perturbé
ROS3	Seuil 3 + chutes	0,34	Infranchissable	Obstacle au transit
ROS4	Seuil 4	0,25 (estimée)	Infranchissable	Transit non perturbé

Tableau 4 : Liste des obstacles à Rosteig

La continuité écologique est altérée sur le cours d'eau du Schuesselthalbaechel car certains ouvrages sont infranchissables pour l'espèce piscicole de référence : la truite Fario, de plus, certains ouvrages bloquent une partie du transit sédimentaire.

2.2.2.3. Espèce Exotique envahissante (Balsamine de l'Himalaya)

A l'aval de la succession de chutes, le site est fortement colonisé par une plante exotique envahissante nommée Balsamine de l'Himalaya (*Impatiens glandulifera*). Ces peuplements monospécifiques de Balsamine de l'Himalaya peuvent entraîner une baisse de la diversité floristique des zones alluviales et rivulaires grâce à son aptitude à coloniser rapidement une nouvelle aire de répartition et de l'étendre.

2.2.2.4. Synthèse générale

Le Schuesselthalbaechel passe à plusieurs reprises sur un substrat composé de roche mère entraînant la formation de seuils « naturels » qui entravent la continuité écologique et fragilisent les berges, représentant un risque pour le bâti. A ces seuils naturels s'ajoutent un seuil artificiel et un ouvrage placé dans le fond du lit sur une dizaine de mètres.

L'enjeu écologique de la restauration du cours d'eau n'est pas urgent puisque d'autres ouvrages bloquent la continuité écologique à l'amont, mais redonner un tracé naturel au lit de la rivière tout en dissipant l'énergie excessive du cours d'eau qui provoque des effondrements de berges pourrait permettre de concilier intérêts particuliers et écologiques (réduction du fractionnement des milieux aquatiques). Toute intervention devra également prendre en compte le traitement des Balsamines, nombreuses sur le site.

2.3. Hydrologie

Les débits moyens interannuels et les débits d'étiage des cours d'eau du secteur d'étude ne sont pas connus et une étude hydrologique de terrain n'est pas envisageable pour ce projet, les débits devront donc être estimés via une méthode de calcul.

Pour estimer les débits du bassin versant, il était possible de passer par un modèle de transformation de la pluie en débit ou par une extrapolation des débits des bassins versants hydrologiquement proches du bassin d'intérêt. Au vu des données disponibles, la deuxième méthode a été privilégiée.

2.3.1. Méthode

Le débit sera extrapolé grâce à la méthode de transfert [13] qui permet d'estimer les débits d'un bassin versant grâce aux mesures faites sur un bassin ayant des caractéristiques proches en comparant leur surface respective et donne les hypothèses sur lesquelles s'appuie cette démarche

La formule de Myer :

$$Q_{bv_{0,T}} = Q_{bv_{0,T}} * \left(\frac{S_{bv_0}}{S_{bv_A}} \right)^\alpha$$

$Q_{bv_{A,T}}$ = Le débit à l'exutoire du bassin versant A.

S_{bv_A} = La surface du bassin versant A

α , le coefficient de Myer adapté à la situation hydrologique avec

$\alpha = 1.2$; $\alpha = 1.0$; $\alpha = 0.7$ correspondants respectivement aux situations d'étiage, de module et aux périodes de crue.

Cette formule a donc été donc utilisée pour la plupart des calculs hydrologiques en suivant la méthode prescrite [13], seulement, le manque de données sur les bassins versant concernés n'a pas toujours permis de caler le coefficient alpha comme préconisé dans ladite méthode.

Il a donc été choisi d'opter pour les coefficients les plus défavorables décrits dans la littérature afin de dimensionner des ouvrages adaptés aux situations les plus extrêmes.

Ainsi, la formule de Myer a été appliquée pour rapporter les valeurs de trois sources de données concernant deux bassins versants différents :

- Les données AERM (1971-1990) sur le bassin versant du Meisenbach dont l'exutoire se trouve à Ingwiller juste avant la confluence avec la Moder.
- Les données issues de la cartographie des débits caractéristiques de référence réalisée en 2012 par l'ONEMA (aujourd'hui OFB+ Office Français pour la Biodiversité) et le CEMAGREF/IRSTEA sur le même bassin versant.
- Les données de la banque HYDRO sur la Moder, à la station de Schweighouse-sur Moder.

2.3.2. Résultats

Résultats pour les données AERM :

	alpha :	1	1,2	1,2	1,2	
BV	Surface (km ²)	Module (m ³ /s)	Débits mensuels d'étiage (m ³ /s)			Débit réservé
			F=1/2	F=1/5	F=1/10	
Confluence Moder	31,7	0,31	0,181	0,139	0,122	0,031
Déversoir	7	0,068	0,030	0,023	0,020	0,007

Tableau 5 : Résultats obtenus avec les données provenant de l'AERM

Critique des résultats

Les relevés ont été effectués sur une période de 19 ans, ce qui n'est pas suffisant pour calculer un module (20 à 30 ans recommandés), mais tout de même acceptable pour effectuer des interprétations. Cependant les données étant relativement anciennes (1971-1990), on pourra s'inquiéter des effets du réchauffement climatique sur les périodes d'étiage qui ne sont pas pris en compte.

S'agissant des données concernant le bassin du Meisenbach (dans lequel se déverse le Mittelbach), les caractéristiques du bassin sont très similaires et les exutoires peu éloignés. L'application de la méthode de transfert est donc adaptée et les hypothèses sur lesquelles s'appuie cette méthode sont d'autant plus plausibles.

Résultats pour les données ONEMA :

	alpha :	1	1	1	
BV	Surface (km ²)	Module moyen (m ³ /s)	Module max (m ³ /s)	Module min (m ³ /s)	Débit réservé (m ³ /s)
Confluence Moder	30	0,276	0,365	0,208	0,0365
Déversoir	7	0,064	0,085	0,049	0,009

Tableau 6 : Résultats obtenus avec les données provenant de l'ONEMA

Critique des résultats

Les données de l'ONEMA (devenu l'OFB) étant obtenues à partir de calculs statistiques, il est nécessaire d'être prudent avec ces données, cependant la valeur du module moyen étant proche de celle du module relevé dans les données AERM il est possible de considérer que l'intervalle des valeurs minimales et maximales du module contiens bien le module réel.

Résultats pour les données HYDRO :

	alpha :	1	1,2	1,2	1,2	
BV	Surface (km ²)	module (m ³ /s)	Débits mensuels d'étiage (m ³ /s)			Débit réservé (m ³ /s)
			F=1/2	F=1/5	F=1/10	
Schweighouse	622	5,45	2,85	2,42	2,21	0,545
Déversoir	7	0,061	0,013	0,011	0,010	0,006

Tableau 7 : Résultats obtenus avec les données provenant de la banque HYDRO

Critique des résultats

Les relevés de la banque Hydro ayant été effectués sur plus de 40 ans, les calculs de débits à la station sont donc très fiables. En revanche l'extrapolation de ces données grâce à la méthode de transfert devient hasardeuse car, le bassin est de taille et de morphologie différente du bassin du Mittelbach. Les hypothèses sur lesquelles repose la méthode de transfert sont fragiles en raison de la trop grande distance séparant les exutoires de chaque bassin.

Interprétation et choix des valeurs retenues :

Les valeurs du module moyen étant très proches quelle que soit l'extrapolation, il est possible de retenir la valeur de 68 l/s et donc un débit réservé de 7 l/s. Seulement par soucis de bénéfice écologique, il est préférable de se placer dans le cas le plus pessimiste possible (du point de vue réglementaire) avec le module maximal envisagé par l'ONEMA. Ce module maximal étant de 85 l/s, **le débit minimum biologique à respecter est de 9 l/s.**

En ce qui concerne les débits d'étiage calculés, ils sont très différents en fonction de la source de données. Ceux-ci paraissent bien plus sévères lorsque les calculs sont effectués avec les données de la banque HYDRO.

Il serait possible de sélectionner ces résultats pour envisager le cas le plus problématique, seulement ces résultats sont moins fiables que ceux obtenus sur les données AERM en raison d'une trop grande distance entre les exutoires choisis pour l'extrapolation via la méthode de transfert et de l'absence de calage du coefficient de Myer.

Les valeurs d'étiage retenues seront donc celles de l'AERM :

- **QMNA2 = 30 l/s**
- **QMNA5 = 23 l/s**
- **QMNA10 = 20 l/s**

Source de données	Module (m3/s)	Module (max) (m3/s)	QMNA2 (m3/s)	QMNA5 (m3/s)	QMNA10 (m3/s)	Débit réservé (m3/s)
AERM	0.068	-	0.030	0.023	0.020	0.007
ONEMA	0.064	0.085	-	-	-	0.009
HYDRO	0.061	-	0.013	0.011	0.010	0.006

retenu :	0.085	0.030	0.023	0.020	0.009
-----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Tableau 8 : Résultats retenus en fonction des différents jeux de données exploités

Pour le site de Rosteig, l'aspect hydraulique représentant moins d'enjeux et les données de l'AERM ayant été relevées sur un exutoire non loin à l'aval, sur le bassin du ruisseau de Rosteig, la méthode de transfert a été effectuée sur un seul jeu de données et a permis d'obtenir les résultats suivants :

BV	alpha :	1	1,2	1,2	1,2	Débit réservé (m3/s)
	Surface (km2)	module (m3/s)	Débits mensuels d'étiage (m3/s)			
			F=1/2	F=1/5	F=1/10	
Confluence Moder	16,6	0,206	0,048	0,037	0,032	0,0206
Moulin Rosteig	5,9	0,073	0,014	0,011	0,009	0,007

Tableau 9 : Résultats obtenus pour le bassin du moulin de Rosteig

Le module estimé est de 73 l/s, ce qui fixe le débit minimum biologique à 7l/s et le débit d'étiage de période de retour 5 ans est de 11 l/s.

Analyse critique de la partie hydrologie :

Le manque de données sur les bassins versants étudiés implique une grande imprécision dans les résultats obtenus, bien qu'ils permettent d'envisager avec sécurité les événements extrêmes. Notamment en raison du coefficient de Myer qu'il n'est pas possible de caler et qui influe de manière importante sur les résultats finaux lorsqu'il varie.

Les calculs effectués ci-dessus permettront donc d'envisager sereinement des ouvrages respectant les réglementations concernant l'environnement ou les inondations, en revanche, tout calcul d'optimisation des ouvrages sera limité par l'exactitude de ces résultats hydrologiques.

2.4. Contraintes et problématiques

Un tableau récapitulatif des problématiques recensées est présenté ci-dessous.

Sites	Diagnostic	Problématiques
Erckartswiller	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Chute sur le déversoir du Mittelbach ➤ Non entretien de l'ouvrage déversoir et du canal d'amenée = assèchement du Muehlbach 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ouvrages et restauration de la continuité écologique ➤ Respect du droit d'eau
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buse nommée « buse 2 » perchée 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ouvrages et restauration de la continuité écologique
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effondrement de berge du Mittelbach dans les parcelles de Mr et Mme Rolling 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Erosion et Affaissement de Berge ➤ Entretien de la végétation des berges
Rosteig	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fragilité du bâti dû à la concentration des écoulements contraint, lié au « seuil 1 » 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ « Erosion et Affaissement de Berge »
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limitation de la continuité sédimentaire lié au seuil 3 et à la succession de chutes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ouvrages et restauration de la continuité écologique
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Présence importante de plantes exotiques envahissantes sur les berges en aval des seuils : Balsamine de l'Himalaya 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plantes exotiques envahissantes : La Balsamine de l'Himalaya ➤ Entretien de la végétation des berges ➤ Erosion et Affaissement de Berge

Tableau 10 : Tableau récapitulatifs des problématiques identifiées

À chacune des problématiques recensées sur le terrain et listées ci-dessus, correspond une « fiche problématique »

Les fiches réalisées sont générales, tirées du modèle de l'entreprise Sinbio SCOP, elles sont utilisées pour informer les maîtres d'œuvres sur de nombreux projets. Elles explicitent de manière globale les conséquences et inconvénients des problématiques rencontrées, l'aspect réglementaire qui s'y rattache, et les pistes d'actions qui peuvent être envisagées pour y répondre.

Fiche 1 : Ouvrages et restauration de la continuité écologique (**Annexe 2**)

Fiche 2 : Erosion et Affaissement de Berge (**Annexe 3**)

Fiche 3 : Entretien de la végétation des berges (**Annexe 4**)

Fiche 4 : Plantes exotiques envahissantes : La Balsamine de l'Himalaya (**Annexe 5**)

Nota : Le respect du droit d'eau du moulin d'Erckartswiller ne faisant pas partie des actions pouvant avoir un bénéfice écologique sur le cours d'eau, n'est donc pas recensé dans les fiches problématiques.

3. SOLUTIONS PROPOSEES

3.1. Erckartswiller

Des actions ambitieuses ainsi que des actions plus simples, parmi lesquelles le maître d'ouvrage et le comité de pilotage pouvaient ensuite faire leurs choix, seront proposées dans les paragraphes suivants.

Sur la base du diagnostic et des problématiques recensées, les pistes d'actions porteront sur :

- Scénario 1 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach avec contournement du lit et pré barrages
- Scénario 2 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach et pré barrages
- Scénario 3 : Adaptation du tracé du Mittelbach et restauration d'un seuil répartiteur
- Retalutage des berges du Mittelbach et reprise de la buse
- Restauration de la végétation des berges (plantations et régénération naturelle)

3.1.1. Choix des aménagements

Le rétablissement de la continuité écologique passe par l'effacement ou le contournement du déversoir du Mittelbach. Plusieurs solutions allant dans ce sens ont été envisagées et leur faisabilité technico-économique a été estimée avant de les retenir comme scénario ou de les écarter :

- Effacement de l'ouvrage et installation d'une prise d'eau vers le Muehlbach en lieu et place de l'ancien déversoir pour assurer le droit d'eau du Moulin.

Cette solution n'est pas envisageable, car elle ne permet pas de respecter la continuité écologique ainsi que le droit d'eau. En effet, une fois le déversoir du Mittelbach supprimé, le niveau d'eau n'est plus suffisant pour assurer un déversement dans le canal du Muehlbach.

- Installation d'une rampe pour permettre le maintien d'un niveau d'eau satisfaisant à l'entrée du Muehlbach tout en assurant la continuité écologique du Mittelbach.

Cette solution n'est pas envisageable car les faibles débits du cours d'eau ne sont pas compatibles avec ce type d'ouvrage.

- Relier le Muehlbach à une prise d'eau plus en amont, via un canal passant le long de la rive gauche du Mittelbach, qui permettrait une alimentation du canal et le rétablissement de la continuité écologique sur le Mittelbach.

Cette solution est difficilement envisageable au vu du contexte foncier. En effet, l'emprise disponible en rive gauche est très contrainte par le morcellement des parcelles privées et l'espace disponible est contraint par la présence d'une mare le long du cours d'eau.

- **Contournement de l'ouvrage à l'aide d'un nouveau lit muni de pré-barrages protégeant l'amont de l'érosion régressive tout en utilisant une partie du lit actuel du Mittelbach pour alimenter le Muehlbach.**

Cette solution est envisageable et réalisable, elle permet de respecter au mieux le droit d'eau et la continuité écologique du Mittelbach.

Cette solution a été développée = Scénario 1

- Aménagement similaire au scénario 1, mais réalisé dans le lit actuel du Mittelbach à l'aval du déversoir.

Cette solution est envisageable car elle permet de respecter un écoulement dans le Muehlbach et le débit réservé dans le Mittelbach.

Cette solution a été développée = Scénario 2

- Création d'un nouveau lit naturel pour le Mittelbach permettant de contourner l'ouvrage et utiliser le lit actuel comme canal alimentant de Muehlbach.

Cette solution est envisageable, elle permet de respecter un débit dans le Muehlbach et le débit réservé dans le Mittelbach.

Cette solution a été développée = Scénario 3

3.1.2. Choix des critères de dimensionnement et espèces cibles

Les aménagements d'Erckartswiller faisant intervenir des pré-barrages, ils impliquent donc de dimensionner ces derniers de manière à rétablir la continuité écologique, c'est-à-dire garantir que les ouvrages installés soient franchissables. [14]

Premièrement, la sélection d'une espèce cible permet d'identifier les contraintes à appliquer aux ouvrages en fonction des indications du guide de dimensionnement approprié. Dans le cas présent l'espèce cible sélectionnée est la truite Fario car le site d'étude est une zone potentielle de frayère, vitale pour la reproduction de cette espèce référence des cours d'eau de 1^{ère} catégorie piscicole.

Au vu des faibles débits du cours d'eau il est impossible de respecter strictement les critères imposés dans le guide de dimensionnement pour les passes naturelles [11] et ce pour toutes les espèces. C'est pourquoi durant la phase d'EP, le choix a été fait de dimensionner l'ouvrage avec des contraintes moins importantes, celles du guide ICE [2], et seulement pour les truites (afin de donner au maître d'ouvrage plus de solutions envisageables) :

- 20 cm d'eau minimum dans l'échancrure pour un débit équivalent au QMNA10.
- Une puissance dissipée inférieure à 150 W/m³ sur toute la gamme de débit choisie (QMNA10 jusqu'à 3*QMOD) afin que l'ouvrage soit franchissable pour toutes les espèces.
- Une chute d'eau inférieure à la moitié du niveau d'eau dans le bassin.

Ces critères ainsi que le choix des espèces cibles seront à discuter avec les services de l'OFB qui ne pouvaient malheureusement pas être présents lors de la réunion de démarrage.

3.1.3. Cassiopée et Méthodologie de dimensionnement

Les caractéristiques des échancrures ont été dimensionnées à l'aide du logiciel **Cassiopée**.

Les pré-barrages ont été modélisés grâce à l'outil « pré-barrage » du logiciel en configurant les caractéristiques des bassins (longueur, largeur, altitude) et les dimensions des échancrures (largeur, cote de déversement, forme etc...)

Les cloisons ont été modélisées grâce à la somme de deux échantures, une échanture triangulaire tronquée ainsi qu'une échanture rectangulaire dont le débit est calculé grâce aux deux lois d'ouvrage pour les seuils minces de Villemonte:

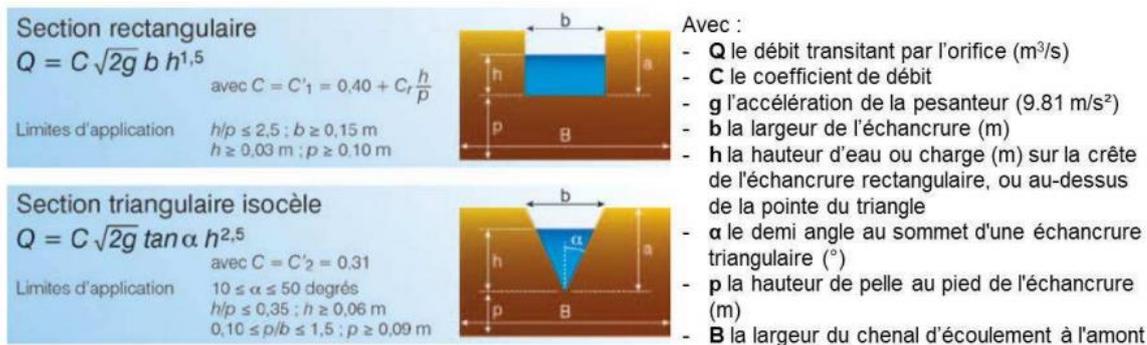


Figure 14 : Formules utilisées par le logiciel Cassiopée [4]

Les autres ouvrages (seuils et déversoirs) ont également été modélisés via la loi d'ouvrage pour les seuils minces rectangulaires de Villemonte.

Anecdote :

Après avoir fait la modélisation sur la version 1996 de Cassiopée pour vérifier les résultats, ceux-ci différaient totalement malgré de nombreuses vérifications sur les paramètres d'entrée.

Après plusieurs jours de recherches et de discussion avec les services d'assistance de Cassiopée il s'est avéré que sur la version de 1996, le coefficient de Villemonte (1.36 dans la littérature) était modifié pour que le personnel CSP (ex-OFB) n'ait plus à rentrer un coefficient différent pour l'échanture triangulaire.

Sans vérification avec la version 2020, l'erreur n'aurait pu être détectée, et peu de professionnels semblaient au fait de ce détail concernant la modification de la formule pour l'échanture triangulaire.

Formule de Manning-Strickler :

$$Q = \sqrt{i} K S R h^{\frac{2}{3}}$$

Q, le débit en m³/s

i, la pente en m/m

K, le coefficient de Rugosité

S, la section d'écoulement en m²

Rh, le rayon hydraulique en m

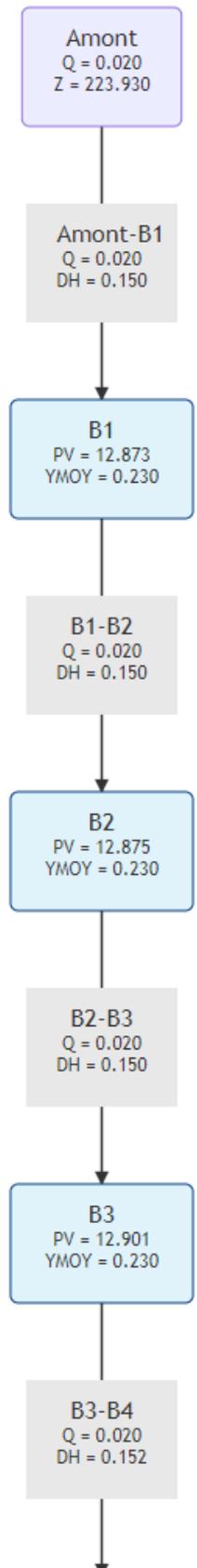


Figure 15 : Aperçu Cassiopée

La formule de Manning-Strickler a été utilisée à de nombreuses reprises dans des calculs non détaillés dans le rapport, pour obtenir des correspondances entre débit et hauteurs d'eau à proximité des ouvrages existants ou des ouvrages proposés dans les différents scénarii.

Le coefficient de Strickler a été sélectionné grâce au **tableau de Chow (1959)**, et sa sensibilité sur les résultats obtenus a été systématiquement testée afin de porter un regard critique sur les valeurs de débit calculées.

3.1.4. Scénario 1 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach avec contournement du lit actuel et pré-barrages.

3.1.4.1. Principe d'aménagement

L'objectif est de restaurer la continuité écologique tout en protégeant l'amont de l'érosion régressive et en permettant un écoulement d'eau vers le Muehlbach à l'aide des aménagements suivants :

(Voir fig. 16 et 17)

- Création d'un nouveau lit d'une quarantaine de mètres pour le Mittelbach permettant de contourner l'ouvrage.
- Mise en place de 5 pré-barrages dans le nouveau lit, avec une hauteur de chute de 0,1 m chacun, formant 4 bassins avec une pente de 0.5%.
- Mise en place d'un seuil permettant de déverser vers le Muehlbach et de contrôler la hauteur d'eau au pré-barrage déversant dans le nouveau bras. Le seuil sera placé à une quinzaine de mètres à l'amont du déversoir, dans l'actuel lit du Mittelbach.
- Restauration du seuil du déversoir du Mittelbach

3.1.4.2. Caractéristiques des aménagements proposés

Le tracé du nouveau lit du Mittelbach

Le point de répartition du débit entre le Muehlbach et le nouveau lit se fera au niveau du premier pré-barrage, c'est-à-dire une vingtaine de mètres à l'amont de l'actuel déversoir, à la cote de 223,70 m NGF

Le dernier pré-barrage quant à lui déversera dans le lit du Mittelbach, 15 m à l'aval de l'actuel déversoir, à la cote de 223 m NGF **(fig. 16)**.

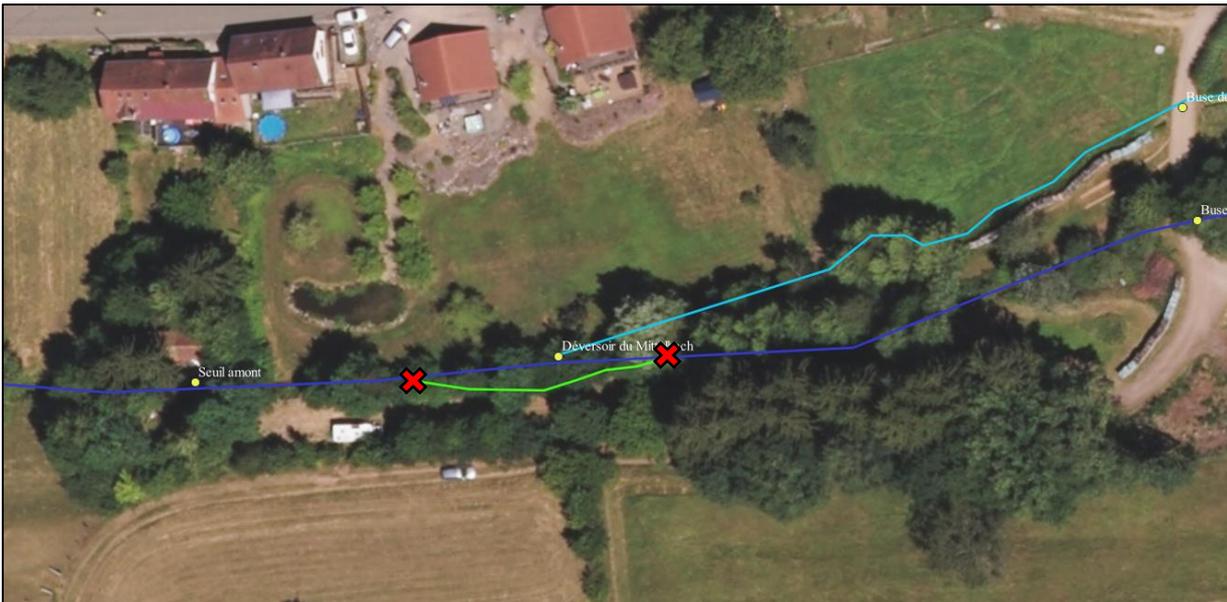


Figure 16 : Localisation des entrées et sorties d'eau de l'ouvrage de contournement

Calcul du nombre de pré-barrages et bassins nécessaires

Le nombre de bassins est déterminé par le rapport entre le dénivelé de chute du Mittelbach (moins le dénivelé obtenu avec 40m de pente à 0.5%) et la hauteur de chute maximale fixée entre deux bassins. Ici la hauteur de chute maximale souhaitée a été fixée à 0,10 m. **Le nombre de bassin ainsi obtenu est alors de 4.**

Le dimensionnement des pré-barrages

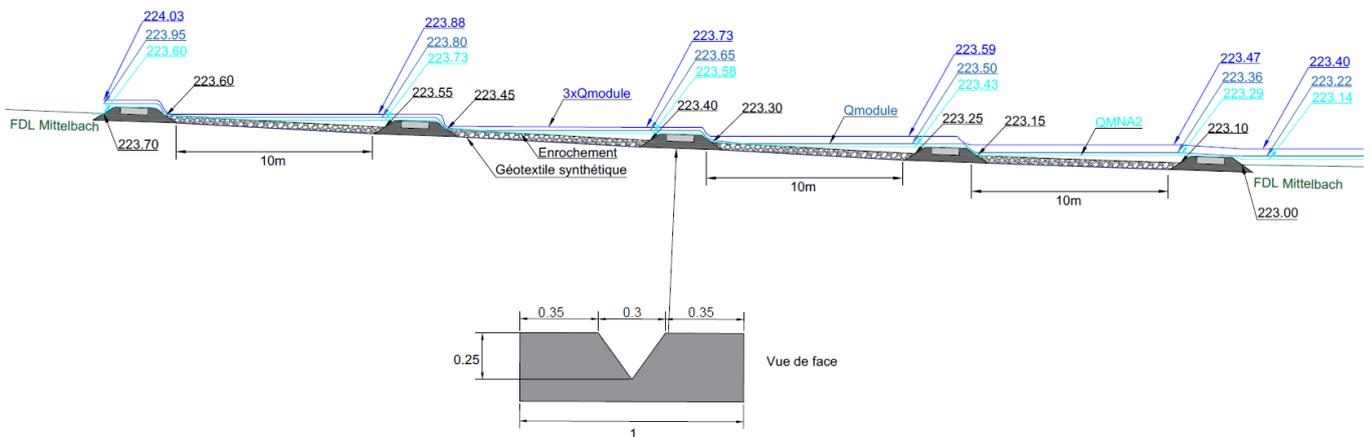


Figure 17 : Dessin technique : vue de profil de l'ouvrage en pré-barrages à Erckartswiller

Les pré-barrages sont espacés de 10 m les uns des autres, chacun représente une chute de 10 cm entre 2 bassins

Le lit a quant à lui une largeur de 1m qui a été fixée d’après les largeurs observées à l’amont et à l’aval du site, cette largeur n’impactant que peu les paramètres de dimensionnements, elle avait la possibilité d’être ajustée en phase AVP.

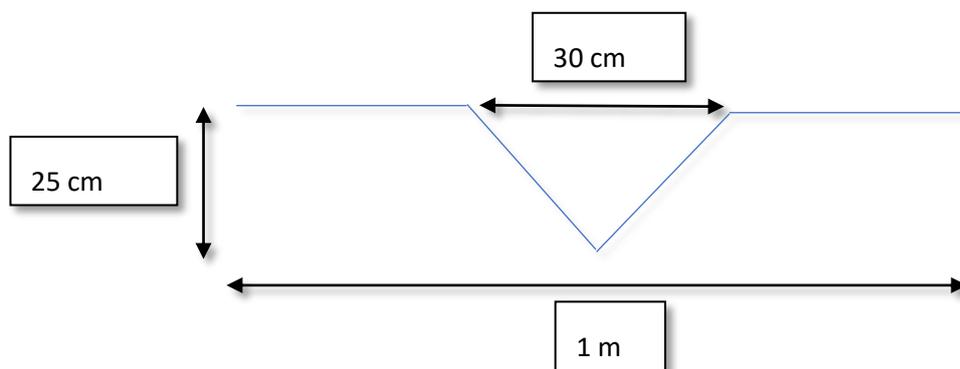
Au vu des faibles débits lors des étiages (QMNA10 = 20 l/s), le choix s’est porté sur des échancrures de type triangulaires qui permettent de maintenir des hauteurs d’eau plus importantes pour de faibles débits. Les dimensions de l’échancrure ont été choisies de manière à maximiser le niveau d’eau dans les chutes lors de l’étiage tout en conservant une ouverture raisonnable afin d’éviter un encombrement du dispositif.

Différentes géométries ont été testées, jusqu’à l’obtention de dimensions répondant le mieux aux contraintes fixées précédemment (cf. partie 3.1.2) : la géométrie d’échancrure obtenue est alors la suivante :

Forme	Largeur en gueule	Ouverture du triangle	Hauteur du triangle	Cote du fond de l’échancrure
Triangulaire	1 m	0,30 m	0,25 m	Fond du bassin/lit

Tableau 11 : Dimensions des échancrures triangulaires tronquées

Dimensions et cotes des bassins



	Cote déversante haute (mNGF)	Cote déversante basse (mNGF)	Hauteur échancrure (m)	Surface bassin (m ²)	Largeur bassin retenue (m)	Longueur du bassin (m)
pré-barrage 1	223.95	223.7	0.25	10	1	10
pré-barrage 2	223.8	223.55	0.25	10	1	10
pré-barrage 3	223.65	223.4	0.25	10	1	10
pré-barrage 4	223.5	223.25	0.25	10	1	10
pré-barrage 5	223.35	223.1	0.25	10	1	10

Tableau 12 : Dimensions et cotes des pré-barrages

Épaisseur et ancrage des pré-barrages

En phase d'étude préliminaire, ni l'épaisseur ni les modalités d'ancrage des pré-barrages n'ont été fixées car elles n'impactent que peu le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage.

Cependant pour estimer le coût de l'ouvrage une largeur de 0.5m a été envisagée, correspondant à un volume d'enrochement de 0.47m^3 par cloison.

Stabilité des enrochements dans le fond des bassins

Les fonds de bassins ont été considérés comme enrochés à l'aide de matériaux de diamètre 30 cm, mais une étude plus fine en phase AVP permettra d'affiner ce diamètre et déterminera si ces enrochements sont nécessaires sur toute la surface de l'ouvrage.

Dimensionnement du seuil du Muehlbach

Afin d'assurer une hauteur d'eau assez importante à l'entrée du premier pré-barrage il est nécessaire d'installer un seuil à quelques mètres à l'aval, afin d'alimenter en priorité le nouveau lit du Mittelbach lors des périodes d'étiage.

Lorsque le débit est suffisant pour alimenter convenablement le nouveau lit du Mittelbach, le seuil déverse vers l'ancien lit, connecté au Muehlbach, c'est pourquoi la hauteur de crête du seuil a été calée en fonction de la franchissabilité de l'ouvrage de contournement. (détaillé dans la partie suivante).

La cote nécessaire à l'aval du premier barrage pour qu'il soit franchissable lors d'un étiage décennal est de 223,88 cm.

En prenant une marge de sécurité (approximation de calcul ou défaut de pose des ouvrages), il est alors défini que le seuil du Muehlbach sera calé à la cote 223.92. mNGF

La longueur du seuil est de 1,2 m, ce qui correspond à la largeur du lit actuel, ainsi lorsque le niveau d'eau en amont de l'ouvrage de contournement est suffisant, le cours d'eau déverse vers le Muehlbach.

Franchissabilité des pré-barrages

Les pré-barrages et les bassins ont été dimensionnés sur Cassiopée, de manière à assurer des niveaux d'eau suffisants (supérieurs à 20 cm) et une puissance dissipée inférieure à 150 W/m^3 .

Les caractéristiques hydrauliques issues de Cassiopée sont fournies dans le tableau présenté en annexe **(Annexe 20)**.

Les conditions de hauteur d'eau et de puissance dissipée sont respectées pour tous les débits d'intérêt.

En revanche, la hauteur de chute est trop importante dans le cas du QMNA10 puisqu'elle est inférieure à la moitié de la profondeur des bassins.

3.1.4.3. Restauration du déversoir du Mittelbach

La restauration de ce seuil a pour objectif de conserver un débit dans le Muehlbach tout en contrôlant la hauteur d'eau dans ce dernier en cas de crue.

Comme lorsqu'il était dans un état fonctionnel, l'ouvrage commencera à déverser lorsque le niveau d'eau dans le Muehlbach atteindra 0,18m et la longueur de crête sera de 2m.

Le dimensionnement sera affiné en phase Avant-Projet-Sommaire en fonction de la volonté du comité de pilotage. Le seuil sera fixe pour éviter tout défaut d'entretien et manipulation manuelle de l'ouvrage.

3.1.4.4. Impacts sur les inondations

Pour vérifier que l'aménagement n'a pas d'impact sur les inondations il est possible de se placer dans la configuration pour laquelle la cote de plein bord est atteinte et comparer les situations avant et après l'aménagement :

La situation avant aménagement est évaluée par application de la formule de Manning-Strickler qui permet d'estimer un débit de plein bord de 497 l/s.

Le calcul des débits transitant par l'ouvrage de contournement et le déversoir pour la cote 224.18m correspond également à 497 l/s (soit 0.215 m³/s dans les pré-barrages et 0,282m³/s dans le Muehlbach, **(Annexe 21, Annexe 22)**, la situation est donc similaire en cas d'inondation, l'aménagement a donc peu d'impact sur les inondations au niveau de l'ouvrage.

3.1.4.5. Répartition des débits

Une fois tous les ouvrages dimensionnés il est possible d'obtenir une répartition des débits entre le Muehlbach et l'ouvrage de contournement pour différents débits :

Débit	cote (mNGF)	Qmuehl (l/s)	Qmitt (l/s)	Qtot (l/s)	hauteur d'eau en amont de l'ouvrage (m)
QMNA 10	223.92	0	18	18	0.22
QMNA 5	223.93	2	20	22	0.23
QMNA 2	223.95	11	24	35	0.25
QMOD	223.99	39	44	83	0.29
3* QMOD	224.08	136	118	254	0.38
Plein bord	224.18	282	216	498	0.48
Q2	Débordement	Débordement	Débordement	Débordement	Débordement

Tableau 13 : Répartition du débit entre le Muehlbach et le Mittelbach dans le cas du scénario 1

A noter que dans ce scénario :

- La répartition des débits permet de restaurer à la fois un déversement dans le Muehlbach et maintenir le débit réservé dans le Mittelbach. Cette répartition est la plus avantageuse, afin de garantir les objectifs fixés par la réglementation et de répondre à la demande du maître d'ouvrage.
- Cet aménagement nécessite d'acquérir la maîtrise foncière sur 2 parcelles appartenant à un propriétaire riverain, ou le cas échéant d'obtenir l'accord du dit propriétaire pour la création d'un tel aménagement.

3.1.4.6. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation pour la réalisation du scénario 1 = 20 828 € HT (**Annexe 23**)

Ce cout n'intègre pas une potentielle acquisition foncière.

3.1.5. Scénario 2 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach et pré-barrages

3.1.5.1. Principe d'aménagement

L'objectif est de restaurer la continuité écologique tout en protégeant l'amont de l'érosion régressive et en permettant un écoulement d'eau vers le Muehlbach à l'aide des aménagements suivants :

Le Profil en long de l'ouvrage est identique à celui vu dans le scénario précédent.

- Mise en place de 5 pré-barrages dans le lit actuel de Mittelbach, avec une hauteur de chute de 0,1 m chacun, formant 4 bassins de pente 0.5%. Le premier pré-barrage sera placé au niveau de l'actuel déversoir.
- Mise en place d'un seuil permettant de déverser vers le Muehlbach et de contrôler la hauteur d'eau au pré-barrage déversant dans le Mittelbach. Le seuil sera placé au niveau du seuil actuel mais sur le canal du Muehlbach



Figure 18 : Localisation du pré-barrage dans le lit du Mittelbach

Dimensionnement des ouvrages

Le dimensionnement est le même que pour le scénario 1. Il sera affiné aux besoins durant la phase APS.

Répartition des débits

Une fois tous les ouvrages dimensionnés il est possible d'obtenir une répartition du débit entre le Muehlbach et le Mittelbach pour différents débits :

Débit	cote (m NGF)	Qmuehl (l/s)	Qmitt (l/s)	Qtot (l/s)	hauteur d'eau en amont de l'ouvrage (m)
QMNA 10	223.92	0	18	18	0.22
QMNA 5	223.93	1	20	21	0.23
QMNA 2	223.95	6	24	30	0.25
QMOD	224.01	30	58	88	0.31
3* QMOD	224.13	76	167	243	0.43
Débordement muehl	224.14	Débordement	177	Débordement	Débordement
Q2	Débordement	Débordement	Débordement	Débordement	Débordement

Tableau 14: Répartition des débits entre le Muehlbach et le Mittelbach dans le cas du scénario 2

3.1.5.2. Impacts sur les inondations

Les premiers débordements sont observables dans le Muehlbach pour un débit à l'amont de 243 l/s contre 497 l/s de débit dans la situation actuelle. Les aménagements ont donc un impact notable sur les inondations notamment dans le fond de vallée.

A noter que dans ce scénario :

- Le Muehlbach débordera en cas de crue puisque le déversoir du Mittelbach serait remplacé par un pré-barrage ne permettant pas de réguler aussi efficacement le débit dans le canal.
- La largeur du Muehlbach étant plus réduite, la répartition des débits est moins avantageuse pour le moulin que dans la proposition précédente.
- Les calculs ne prennent pas en compte l'influence de la source du lavoir ou des eaux pluviales, qui impactent notamment les cotes de débordement et la répartition du débit lors des crues.

3.1.5.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation du scénario 2 = 18 719,75€ HT (**Annexe 24**).

3.1.6. Scénario 3 : Adaptation du tracé du Mittelbach et restauration d'un seuil répartiteur

3.1.6.1. Principe d'aménagement

L'objectif est de restaurer la continuité écologique tout en protégeant l'amont de l'érosion régressive et en permettant un écoulement d'eau vers le Muehlbach à l'aide des aménagements suivants :

- Création d'un nouveau lit du Mittelbach de 120 à 180 mètres de long pour une pente de 0.6 à 0.4%, avec pour connexion amont 19 mètres à l'aval du seuil amont,
- Mise en place d'un seuil permettant de déverser vers le Muehlbach et de contrôler la hauteur d'eau dans le nouveau lit déversant dans le nouveau bras du Mittelbach. Le seuil sera placé à 19 mètres à l'aval du seuil amont.



Figure 19: Localisation du nouveau tracé du Mittelbach

3.1.6.2. Dimensionnement des ouvrages

Le dimensionnement sera réalisé aux besoins durant la phase AVP.

A noter que dans ce scénario :

- **La continuité écologique est rétablie et un débit dans le Muehlbach est assuré.**
- **La longueur du lit nécessaire pour éviter l'érosion régressive s'avère très importante (120 à 180 m). Cette longueur doit donc se rattraper en réalisant un reméandrage du cours d'eau jusqu'à la première buse (point dur du profil). Un tel reméandrage nécessite une emprise importante qui prend en compte le chemin agricole en rive droite du Mittelbach.**

3.1.6.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements. L'estimation du scénario 3 = 24 495 € HT (**Annexe 25**)

N.B. : Ce cout n'intègre pas les acquisitions foncières nécessaires.

3.1.7. Retalutage et plantations sur les berges

3.1.7.1. Objectifs des travaux

L'objectif des travaux est de ralentir l'érosion du Mittelbach en aval de la première buse et de favoriser la qualité du milieu, par le retalutage en pente douce des berges, la reconstitution d'une trame paysagère, la création d'une diversité d'habitat et le maintien des terres via le système racinaire des plantations.

Le retalutage comprend la remise en place de la buse « Buse 2 », actuellement perchée.



Figure 20 : Localisation du linéaire de berge à retaluter

Le linéaire de cours d'eau concerné par cette proposition d'action est de 134 ml et est cartographié ci-dessus (**fig.20**).

3.1.7.2. Propositions d'actions

Le retalutage consiste à modifier la pente et la forme du talus pour obtenir un profil plus doux et équivalent à celui retrouvé sur le Mittelbach sur des zones plus naturelles.

Cette opération permettra d'accélérer la reprise de l'équilibre naturel du cours d'eau suite au retour de la quasi-totalité des débits dans le fond de vallée et ainsi diminuer fortement le travail des berges (érosions et affaissements).

Par ailleurs, réalisation de plantation en rive droite et gauche du Mittelbach présente l'avantage de :

- Ralentir les processus érosifs et protéger le lit et les berges
- Créer un filtre en bordure de cours d'eau qui capte une partie des eaux de ruissellement en provenance du bassin versant (autoépuration des eaux)
- Reconstituer des zones d'accueil d'alimentation, de repos et de reproduction pour la faune locale à un endroit particulièrement propice au développement de la biodiversité.

Cette bande rivulaire sera conçue en fonction des besoins, et contraintes des riverains (brise-vent, accès aux parcelles...) et des essences adaptées aux bords de cours d'eau.

Il sera important de favoriser en priorité (en termes de densité par exemple) les essences déjà présentes sur les cours d'eau du bassin versant. Mais les essences à planter seront rediscutées avec le comité de pilotage et à adapter suivant les besoins ou contraintes. Les plantations sont pour l'instant prévues « en bosquet » :

Schéma type de réalisation de plantations en bordure de cours d'eau en zone de culture :
plantations dites "en bosquets"

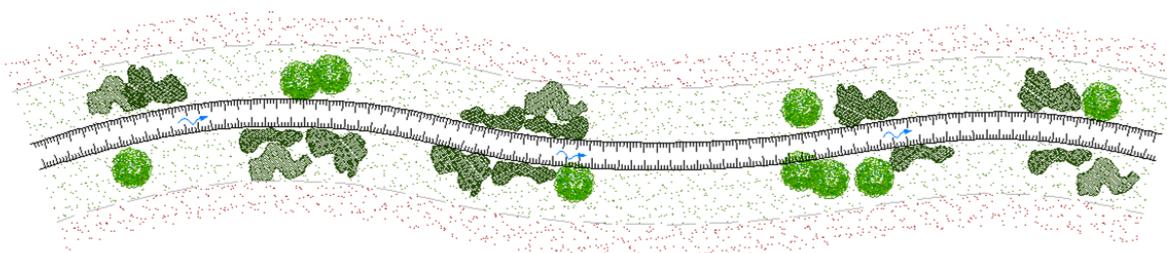


Figure 21 : schéma de plantations en bosquets

Pour conclure les travaux consistent en :

- Terrassement de la berge en déblai-remblai pour diminuer la largeur du lit, régalage de la terre sur place.
- Légère reprise du fond du lit / remodelage de façon à lui redonner une forme similaire à celle relevée à l'aval.
- Remise en place de la buse « buse2 ».
- Evacuation des matériaux excédentaires.
- Plantations d'arbustes et/ou de boutures de saules en concertation avec le comité de pilotage et des propriétaires du site.
- Ensemencement des surfaces travaillées.
- Mise en place de clôture.
- Remise en état du site après travaux.

3.1.7.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts il est nécessaire d'affiner le calage de l'aménagement et le choix des aménagements. De plus, en cas d'export des matériaux il sera nécessaire de prendre en compte le lieu de décharge.

L'estimation pour la réfection des berges du Mittelbach est de : 5 994,96€ HT (**Annexe 26**)

A ce coût s'ajoute l'installation de chantier comprise dans les propositions d'aménagements de la prise d'eau.

3.2. Rosteig

Le Schuesselthalbaechel passe à plusieurs reprises sur un substrat composé de roche mère ce qui résulte par la formation de seuils « naturels » ou artificiels qui entravent la continuité écologique, fragilisent les berges et représentent un risque pour le bâti.

Des actions ambitieuses ainsi que des actions plus simples, parmi lesquelles le maître d'ouvrage et le comité de pilotage ont pu ensuite faire leurs choix, seront proposées dans les paragraphes suivants.

Sur la base du diagnostic et des problématiques recensées, les pistes d'actions porteront sur :

- Scénario 1 : Déplacement et reméandrage du cours d'eau en amont du moulin.
- Scénario 2 : Arasement du seuil 1 et construction d'une passe à poissons en aval de ce seuil.
- Scénario 3 : Conservation du lit actuel et suppression du seuil 3.
- Traitement des espèces exotiques envahissantes : Balsamine de l'Himalaya.

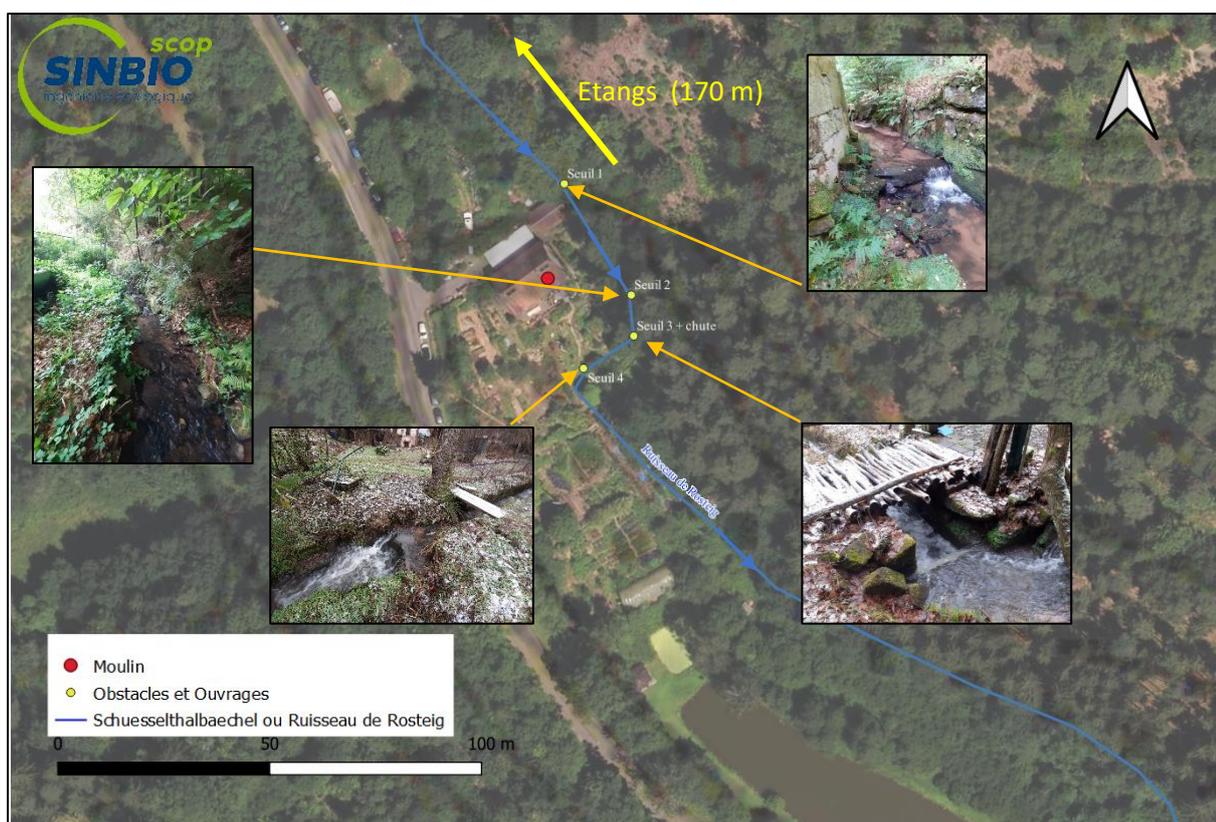


Figure 22 : Obstacles à la continuité présents sur le site de Rosteig

3.2.1. Choix des aménagements

Le rétablissement de la continuité écologique passe par l'effacement ou le contournement des obstacles infranchissables du Schuesselthalbaechel. Plusieurs solutions allant dans ce sens ont été envisagées :

- Arasement du seuil 1 et création d'une rampe en enrochements afin de contourner le seuil 3. Cette solution a été écartée, car elle ne permet pas de respecter les critères de débit minimum

imposés par l'OFB [11] pour les ouvrages construits au vu du débit du Schuesselthalbaechel (de l'ordre de 10 l/s à l'étiage et de 73 l/s au module).

- Arasement du seuil 1 et restauration d'un lit méandrique, constitué de radiers naturels à l'aval du moulin, afin de contourner le seuil 3 et rattraper la pente importante au niveau de ces seuils. Cette solution a été écartée, car le scénario implique de recréer un lit à une altitude plus importante que celle du talweg (dans lequel est placé le lit actuel) sur plus d'une centaine de mètres (160 m de radier au minimum).
Par ailleurs, le cours d'eau serait détourné du lit naturel et la transformation du fond de vallée nécessite un import de matériaux conséquent.
- **Déplacement et reméandrage du cours d'eau en amont du moulin. Cette solution est envisageable et réalisable, elle permet de respecter les contraintes et les enjeux du site. Cette solution a été développée = Scénario 1**
A noter que, retracer un nouveau lit implique d'avoir la maîtrise foncière. De potentielles contraintes géologiques peuvent induire des travaux conséquents.
- **Arasement du seuil 1 et construction d'une passe à poissons en aval de ce seuil. Cette solution est envisageable et réalisable, elle permet de respecter les contraintes et les enjeux du site.**
Cette solution a été développée = Scénario 2
A noter que, la création de cette passe à poisson permet de respecter les critères de franchissabilité de l'OFB, au moins en ce qui concerne l'espèce cible (truite fario).
- **Conservation du lit actuel et suppression du seuil 3**
Cette solution est envisageable et réalisable, elle permet de respecter les contraintes et les enjeux du site.
Cette solution a été développée = Scénario 3
A noter que, cette solution n'est pas optimum concernant la franchissabilité piscicole, mais nécessite que de légères interventions et n'impacte que peu le milieu naturel en phase travaux.

3.2.2. Choix des critères de dimensionnement

La forte pente du terrain naturel et les faibles débits du cours d'eau offrent peu de possibilités d'aménagements. En effet, les hauteurs d'eau ne sont pas assez importantes pour construire des rampes en enrochements respectant les critères de l'OFB [11].

Une passe à poisson a donc été proposée pour rétablir la continuité piscicole, ce qui implique de dimensionner cette dernière de manière à ce qu'elle demeure franchissable durant la période de montaison.

La sélection d'une espèce cible permet d'identifier les contraintes à appliquer aux ouvrages en fonction des indications du guide de dimensionnement approprié. Dans le cas présent l'espèce cible sélectionnée est la truite Fario car la zone d'étude est une zone potentielle de frayère, vitale pour la reproduction de cette espèce référence des cours d'eau de 1^{ère} catégorie piscicole.

Les critères de dimensionnement ont été choisis d'après les critères imposés par l'OFB pour un ouvrage similaire lors d'un projet déjà réalisé par Sinbio Scop :

- Une hauteur de chute de 25 cm maximum entre deux bassins, quel que soit le débit.

- Une longueur de bassins égale à au moins 10 fois la hauteur de chute.
- Une profondeur de bassin de 60 cm minimum.
- Une puissance dissipée inférieure à 150 W/m³ jusqu'à un débit de 2,5 fois le module.
- Des échancrures d'au moins 25 cm de largeur.

Ces critères ainsi que le choix des espèces cibles seront à discuter avec les services de l'OFB qui ne pouvaient malheureusement pas être présents lors de la réunion de démarrage.

3.2.3. Cassiopée et méthodologie

Les ouvrages ont été dimensionnés à l'aide du logiciel **Cassiopée**.

La passe à poissons a été modélisée grâce à l'outil « passe à bassins » du logiciel en configurant les caractéristiques des bassins (longueur, largeur, altitude) et les dimensions des échancrures (largeur, cote de déversement, forme etc...).

Les cloisons ont été modélisées grâce à la loi de Villemonte pour les échancrures rectangulaires sur seuil mince [4]

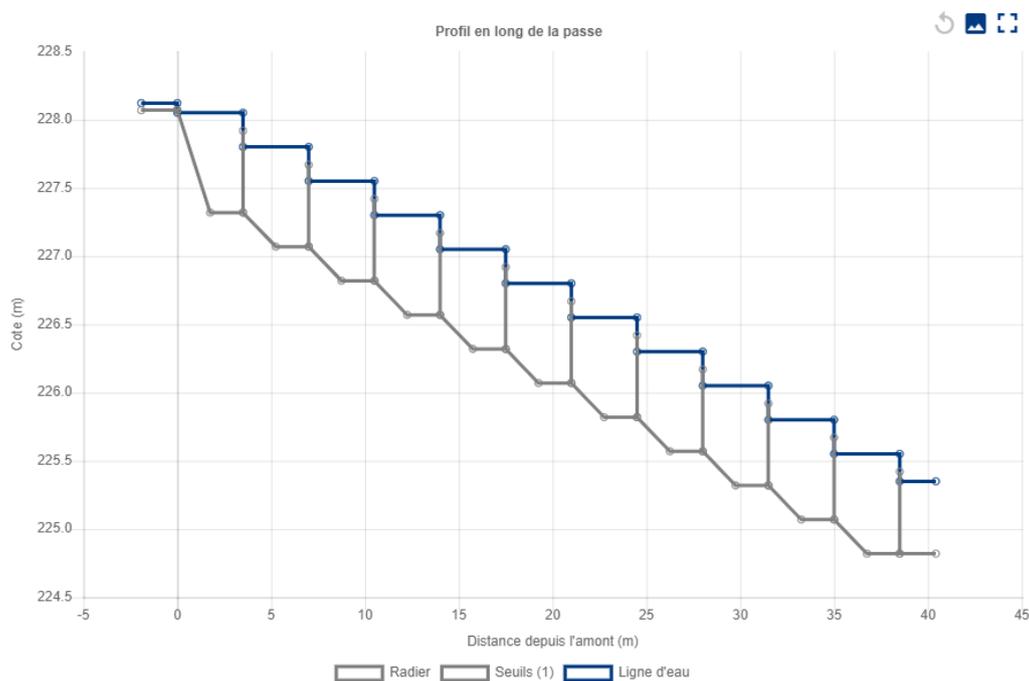


Figure 23: Résultats graphiques de Cassiopée pour le QMNA5 sur la passe à bassins

3.2.4. Scénario 1 : Déplacement et reméandrage du cours d'eau en amont du moulin

3.2.4.1. Principe d'aménagement

L'objectif est de redonner un espace de liberté et un tracé moins rectiligne au cours d'eau actuellement contraint du fait d'une dérivation de celui-ci au pied de la roche mère et ainsi prévenir d'une déstabilisation du bâti, par éloignement du cours d'eau et limiter l'érosion de berge en aval du seuil 3.

Par ailleurs, cet aménagement permettra de diversifier les habitats.

Ainsi, le déplacement et le reméandrage du lit permettraient de contourner les obstacles à la continuité écologique tout en conservant/améliorant la qualité écologique du milieu naturel. Le lit sera réalisé dans l'ancien tracé du Schuesselthalbaechel, correspondant au type fluvial naturel.

Les aménagements sont les suivants :

- Déplacement du lit sur 245 m permettant de contourner les seuils naturels infranchissables actuellement présents sur le Schuesselthalbaechel.
- Création de radiers naturels sur une partie du linéaire recréé afin de diversifier les écoulements et rattraper la pente naturelle sur le cours d'eau.
- Mise en place d'un pont cadre au niveau du chemin privé d'accès à la propriété privée.

3.2.4.2. Caractéristiques des aménagements proposés

D'après l'analyse des relevés topographiques réalisés par Lambert Géomètres-Experts en avril/mai 2021, le cours d'eau à l'aval du moulin (secteur sans influence) présente une pente naturelle de 1,1%, qui se définit comme la pente à respecter dans le nouveau tracé afin d'éviter l'érosion régressive en amont du cours d'eau.

Déplacement du lit et reméandrage

Le déplacement du lit induit une différence d'altitude à rattraper de 2.71 mètres (**tab.15**) entre l'amont (étangs) et l'aval (seuil 4), afin de respecter une pente homogène sur le cours d'eau.

En effet, une pente de 1,1% ne permet pas de rattraper le lit du cours d'eau en amont et un allongement du linéaire en donnant au cours d'eau un profil plus sinueux (méandres) est nécessaire pour pallier cela.

linéaire rectiligne			
lieu	Aval seuil 4	route	étang
linéaire rectiligne (ml)	0	37	242.53
altitude (m NGF)	225.25	225.66	227.92
différence d'altitude à rattraper (m):			2.71

Tableau 15 : Différence d'altitude à rattraper après déplacement du lit sans reméandrage du cours d'eau

Ainsi, un reméandrage du cours d'eau de 6 m d'amplitude et de 14 m de longueur d'onde (équivalent des méandres naturels en aval du moulin (**fig.24**), permettrait de rattraper 0.72 mètres tab.10.

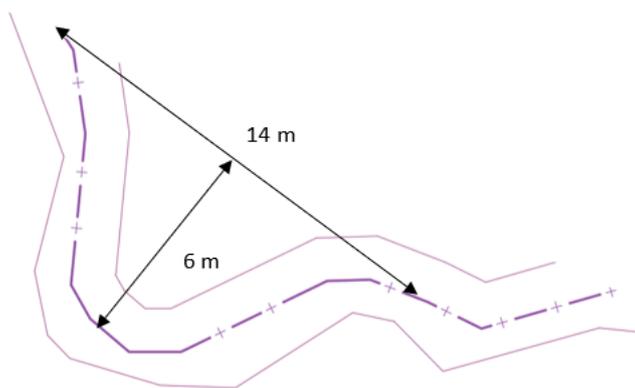


Figure 24 : Schéma type des méandres en aval du moulin de Rosteig

linéaire reméandré			
lieu	Aval seuil 4	route	étang
linéaire reméandré (ml)	0	37	308.30
altitude (m NGF)	225.25	225.66	228.64
différence d'altitude à rattraper (m) :			1.99

Tableau 16: Différence d'altitude à rattraper après déplacement du lit après reméandrage du cours d'eau

Les méandres permettraient d'augmenter le linéaire d'environ 65 m (**fig. 25**) entre le moulin et les étangs, ce qui représente un dénivelé de 72 cm pour un cours d'eau de pente moyenne de 1,1%. Ces méandres pourront être adaptés aux contraintes du site. (Géologiques, foncières, ripisylve etc...).



Figure 25 : Schéma de principe du nouveau tracé reméandré du Schuesselthalbaechel et des aménagements induits

L'espace disponible et l'amplitude des méandres ne sont pas suffisants pour rattraper la pente nécessaire, après déplacement du lit. La différence d'altitude restante de 1.99 mètres après reméandrage sera rattrapée à l'aide de radiers naturels tels que décrits ci-dessous.

Radiers naturels

En complément du déplacement du lit et du reméandrage, la mise en place de radiers permettrait d'augmenter légèrement la pente sur le cours d'eau tout en gardant un lit naturel et en augmentant la diversification de celui-ci.

D'après les critères ICE (guide OFB), les petites truites de rivières, sur une pente inférieure à 5%, nécessitent un tirant d'eau d'au moins 10 cm.

Sur le Schuesselthalbaechel, la formule de Manning Strickler permet d'estimer que pour le débit moyen (70 l/s) avec les caractéristiques de ce cours d'eau, un tirant d'eau de 10 cm correspond à un radier de pente 3%.

Il n'y a pas de valeur seuil de chute imposée pour ce type de pente, il est donc possible d'installer une rampe de longueur illimitée pour la truite.

Ainsi, la différence d'altitude restante de 1.99 mètres après reméandrage peut être rattrapée à l'aide de radiers naturels inclinés de 3%, dans un lit comprenant une pente de 1,1%. La longueur de radier nécessaire est de 104 mètres réalisés en plusieurs tronçons. Une telle adaptation ramènerait à créer un lit présentant une pente moyenne de 1.7 %.

Nota : Afin de rattraper la différence d'altitude restante après reméandrage, il a été étudié la mise en place d'une rampe en enrochement, cependant ce type d'aménagement n'est pas envisageable sur ce site. En effet, un tel ouvrage nécessite de respecter les préconisations suivantes en ce qui concerne la truite : « A 5% de pente, la gamme de débit unitaire franchissable par ces espèces est encore très restreinte : 0.2 à 0.5 m³ /s/m. » (Guide technique pour la conception des passes à poissons naturelles, OFB) et ces débits ne sont pas atteignables dans un cours d'eau de ce gabarit.

Ouvrage cadre

Le nouveau tracé passant sous le chemin d'accès au moulin, la pose d'un ouvrage cadre sera nécessaire pour permettre le maintien de l'accès au propriétaire riverain.

Nota : A ce stade, le scénario 1 est proposé sur la base de l'emprise foncière potentiellement disponible entre le moulin et l'étang en amont. Cependant, si la maîtrise foncière permet de disposer d'un linéaire plus long et si la volonté et également de traiter l'étang en amont faisant également obstacle à la continuité écologique, l'ajustement du reméandrage peut être plus conséquent et les aménagements annexes moindres (radiers naturels).

Par ailleurs, l'enjeu de rétablir la continuité piscicole entre l'amont et l'aval du moulin et à relativiser au vu de l'ouvrage infranchissable à 200 m en amont du Moulin.

3.2.4.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation pour la réalisation du scénario 1 = 41 147 € HT (**Annexe 27**)

N.B. Ce cout n'intègre pas les potentielles acquisitions foncières nécessaires.

3.2.5. Scénario 2 : Arasement du seuil 1 et création d'une passe à poissons en aval de ce seuil

3.2.5.1. Principe d'aménagement

L'objectif est d'intervenir sur les seuils infranchissables à l'aide d'arasement de seuils et de création d'une passe à poissons.

Cet aménagement permettra de rétablir la continuité écologique, de prévenir d'une déstabilisation du bâti et de limiter les érosions en berge en aval du seuil 3.

Les aménagements sont les suivants :

- Arasement du seuil 1
- Création d'une passe à bassins

3.2.5.2. Caractéristiques des aménagements proposés

Suppression de seuil

Le seuil nommé « seuil 1 » (le plus en amont) sera arasé, afin de permettre de rétablir la continuité écologique en amont du cours d'eau, puis les seuils aval seront traités à l'aide d'une passe à bassins.

Création d'une passe à bassins

A l'aval du premier seuil, nommé seuil 1, s'enchaîne une succession de seuils infranchissables pour les truites de rivières.

La passe à bassins sera réalisée entre le seuil 1 et l'aval du seuil 4 et représente une longueur de 44 m pour un dénivelé de 2.8 m. La localisation exacte des bassins se fera en accord avec les propriétaires.



Figure 26 : Localisation schématique de la passe à bassins successifs en aval du seuil 1 jusqu'à l'aval du seuil 4

Nombres et dimensions des bassins

La hauteur de chute, une fois fixée permet d'établir le nombre de bassins nécessaires pour une passe respectant les critères de dimensionnement cités précédemment.

Pour limiter le nombre de bassins au minimum, la hauteur de chute choisie sera de 25 cm, ce qui implique que la passe sera munie de 12 bassins permettant de rattraper les 2,8 m de dénivelé.

La longueur minimale des bassins doit donc être de 2,5 m chacun (10 fois 25 cm) mais pour exploiter au mieux le linéaire disponible et minimiser la largeur des bassins, le choix a été fait de sélectionner une longueur de 3,5 m. En comptant 10 cm de largeur pour chaque cloison séparant un bassin, la longueur totale de l'ouvrage atteint 43,3 m.

Afin de garantir la franchissabilité (**cf partie suivante**) de la passe lors des périodes de forts débits, la largeur des bassins sera de minimum 1 m et leur profondeur sera de 60 cm sous la crête déversante afin de permettre le saut en toute circonstance.

Franchissabilité

La structure en bassin permettant de stabiliser la profondeur des bassins à un minimum de 60 cm et la hauteur de chute entre 2 bassins à 25 cm, seule la puissance dissipée reste comme facteur de dimensionnement.

Grâce au logiciel Cassiopée, il est possible de modéliser la puissance dissipée et la hauteur d'eau dans chaque bassin pour un débit donné (**Annexe 28**). Les débits nous intéressant sont les débits compris entre le Q_{mod} et $2,5 * Q_{mod}$ qui correspondent aux débits rencontrés pendant les périodes de montaison des truites de rivière. Le QMNA10 sera également modélisé pour prendre en compte les autres périodes hydrologiques.

Les résultats (**Annexe 28**) montrent que pour des bassins d'un mètre de largeur la puissance dissipée reste inférieure ou égale à 150 W/m³ pour des débits allant jusqu'à $2,5 * Q_{mod}$. L'ouvrage est donc considéré comme franchissable puisqu'il respecte tous les critères cités précédemment.

Nota : La passe à bassin dimensionnée considère un passage de bassins par surverse car la mise en place d'échancrures latérales est trop limitée par les faibles débits d'étiages. Il est important de rappeler que la sélection de l'ouvrage a été faite en prenant en compte les contraintes réglementaires de l'OFB pour les ouvrages construits. Ces contraintes ne sont pas forcément adaptées à des cours d'eau de ce gabarit.

Par ailleurs, cet aménagement permet de rétablir la continuité piscicole sur l'espèce cible (la truite), mais ne permet pas la remontée toutes espèces. L'enjeu de rétablir la continuité piscicole entre l'amont et l'aval du moulin et à relativiser au vu de l'ouvrage infranchissable à 200 m en amont du Moulin.

De plus, il est important de rappeler qu'un aménagement de ce type nécessitera à fortiori de l'entretien (ensablement, embâcles, vétusté de l'ouvrage, etc...).

3.2.5.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation pour la réalisation du scénario 2 = 103 164,00 € HT (**Annexe 29**)

3.2.6. Scénario 3 : Conservation du lit actuel et suppression du seuil 3

Dans son état actuel, le Schuesselthalbaechel présente des seuils non franchissables d'après les critères ICE [2]. Cependant, le cours d'eau s'écoule sur de la roche mère avec des caractéristiques proches de l'écoulement qu'il pourrait avoir dans son lit d'origine.

Ainsi, il est possible de considérer que les seuils induit par la roche mère sont naturels et que seuls les ouvrages construits non franchissables d'après l'ICE nécessitent d'être effacés. Dans ce cadre seul le seuil 3 est concerné par la restauration de la continuité écologique.

3.2.6.1. Principe d'aménagement

L'objectif est d'arasement le seuil construit infranchissable et de stabiliser les berges en aval du seuil 3.

Cet aménagement permettra de rétablir en partie la continuité écologique et de limiter les érosions en berge en aval du seuil 3.

Les aménagements sont les suivants **(fig.27)** :

- Arasement du seuil 3
- Stabilisation des berges (option)

3.2.6.2. Caractéristiques des aménagements proposés

Suppression du seuil

Le seuil nommé « seuil 1 » (le plus en amont) sera arasé, afin de permettre de rétablir la continuité écologique en amont du cours d'eau, puis les seuils aval seront traités à l'aide d'une passe à bassins.

Stabilisation des berges

Les berges sont en parties renforcées entre le seuil 3 et 4, afin de permettre une stabilité optimale de ces berges, 2 aménagements sont possibles :

- Conserver les protections présentes et retaluter le haut de la berge en pente douce, afin de limiter les contraintes érosives.
- Restructurer entièrement les berges et extraire les protections de berge en bois, afin de réaliser une protection de berge en technique végétale, voire technique mixte dans le cas où les contraintes hydrauliques seraient trop importantes.

Le choix de l'aménagement dépend en partie de l'état des protections de berge actuellement présentes qui reste à évaluer et des contraintes hydrauliques.

Le déplacement du grillage en rive droite du cours d'eau sera indispensable.



Figure 27 : Localisation schématique des aménagements proposés au scénario 3

NOTA : Les rondins placés en fond de lit entre le seuil 3 et 4 ne sont pas à supprimer dans ce scénario. En effet cet aménagement, ne présente pas d'obstacle à la continuité écologique et permet de maintenir le profil en long du cours d'eau.

3.2.6.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation pour la réalisation du scénario 3 = 11 550 € HT. **(Annexe 30, Annexe 31, Annexe 32)**

L'estimation pour la réalisation d'un retalutage des berges= 1 240 € HT à ajouter au scénario 3.

L'estimation pour la réalisation d'une protection de berge est de l'ordre de 10 000€ HT à 20 000€ HT à ajouter au scénario 3.

3.2.7. Traitement des espèces exotiques envahissantes : Balsamine de l'Himalaya

Sur le site une quantité importante de Balsamine a été recensée. La station étant encore concentrée sur une surface, il serait intéressant de réaliser une intervention sur cette espèce afin de stopper la propagation.

3.2.7.1. Objectifs des travaux

La stratégie de reproduction de cette espèce se limite essentiellement à la dispersion des graines. La reconduction d'une action de lutte pendant 2 années peut permettre de traiter définitivement les sites touchés. Ensuite, la plantation d'arbres pouvant faire concurrence et limiter la reprise et une surveillance régulière sont nécessaires.

3.2.7.2. Propositions d'actions

➤ Arrachage manuel des plants avant floraison, 2 fois par an, pendant deux années consécutives (L'arrachage est facile et a peu d'impact sur le sol).

Toutes opérations de lutte engagées doivent avoir lieu avant la fructification qui survient 13 semaines après la fertilisation. La période idéale semble donc être de mars à juillet (à adapter selon les années). La plante pouvant se reproduire par bouturage, il est nécessaire d'apporter le plus grand soin au stockage et exportation des produits. L'idéal étant de stocker et brûler sur le lieu de chantier quand cela est possible.

3.2.7.3. Synthèse des aménagements, coûts et secteurs concernés par les travaux

Les prix sont donnés à titres indicatifs et seront détaillés et affinés lors de la phase d'Avant-Projet Sommaire. Afin d'affiner les coûts, il est primordial d'affiner techniquement les propositions d'aménagements.

L'estimation pour le traitement des balsamines est de 28 000 € HT. **(Annexe 33)**

3.2.7.4. Synthèse des Actions

Rappel : Les scénarios techniques sont à affiner au stade Avant-Projet et suivant les choix d'opérations retenues

Les montants présentés sont donc des montants estimatifs, par ailleurs ces montants ne tiennent pas compte des éventuelles acquisitions foncières nécessaires pour la réalisation des travaux.

	Type d'opération	Coûts Totaux estimatifs (€ H.T)
Erckartswiller	Installation de chantier, Scénario 1 : pré-barrages en parallèle du lit et retalutage des berges	26 823,08 €
	Installation de chantier, Scénario 2 : pré-barrage dans le lit et retalutage des berges	24 664,71 €
	Installation de chantier, Scénario 3 : reméandrage + déviation du lit et retalutage des berges	30 490,20 €
Rosteig	Installation de chantier, Scénario 1 : renaturation et déplacement du lit.	41 147,00 €
	Installation de chantier, Scénario 2 : arasement du seuil 1 et installation d'une passe à poisson.	103 164,00 €
	Installation de chantier, Scénario 3 : arasement du seuil 3.	11 550,00 €
	Protection de berge	1 240 ou entre 10 000 et 20 000€
	Traitement des plantes exotiques	28 000,00€

Analyse critique des propositions :

A Erckartswiller les propositions permettent de trouver un compromis entre les différents acteurs pour l'usage de l'eau, cependant, l'utilisation d'ouvrages construits n'est pas une solution pérenne et le manque de données fait qu'ils ne pourront être optimisés pour un contrôle de la répartition du débit qui est ici l'élément clef. D'autant plus qu'au vu des faibles pentes le coefficient de Strickler influe sensiblement sur les résultats.

Bien que les solutions proposées ne soient pas idéales d'un point de vue technique puisqu'elles ne respectent pas les critères imposés par l'OFB mais ce sont les plus à même d'aboutir à un consensus entre tous les acteurs.

A Rosteig les deux premières solutions proposées impliquent des moyens conséquents et des risques importants (dus aux incertitudes sur le déroulé des travaux) pour de faibles gains écologiques mais elles permettent de satisfaire tous les critères imposés dans le CCTP tandis que la troisième solution présente un rapport coût/bénéfice écologique beaucoup plus intéressant mais ne satisfait pas tous les critères d'une restauration complète de la continuité écologique.

4. CONCLUSION

Le présent mémoire décrit la démarche et le projet entrepris pour répondre à la requête du SDEA Alsace Moselle sur la restauration écologique du Mittelbach à Erckartswiller et du Schuesselthalbaechel à Rosteig.

Une étude bibliographique a permis de caractériser ces deux rivières, typiques des Vosges du nord, encaissées et s'écoulant en fond de vallée avec une forte propension à l'ensablement. Les qualités chimique et écologique de la masse d'eau Moder 1 sont classées comme « mauvaises » mais ces deux cours d'eau présentent des paramètres encourageants. C'est pourquoi restaurer ces rivières toutes deux rectifiées il y a longtemps pourrait dégager un important bénéfice écologique. D'autant plus qu'elles sont situées dans un périmètre d'inventaire et de protection environnementale : Natura 2000, PNR des Vosges du Nord et ZNIEFF 1.

Cependant la restauration de ces deux affluents de la Moder se verra confrontée à de nombreuses contraintes techniques, économiques et sociales : des territoires fortement aménagés, la présence de roche mère dans le cas du Schuesselthalbaechel, une emprise foncière limitée due à un territoire morcelé et dans le cas du Mittelbach à un conflit autour de l'usage de l'eau puisqu'un Moulin dispose d'un droit d'eau et que, dans un contexte où la ressource manque déjà lors des étiages, il est difficile de garantir un débit réservé suffisant pour le bon état du cours d'eau.

Les diagnostics de terrain ont permis de révéler les problématiques à traiter avec des moyens techniques appropriés : La franchissabilité des deux cours d'eaux est à restaurer, l'érosion des berges est à traiter et l'incision du lit à éviter sur les deux sites. Il convient également d'intervenir sur la ripisylve, avec notamment une espèce invasive au Moulin de Rosteig.

L'estimation des débits sur les bassins versant du projet a été limitée par le peu de données disponibles, il a donc été choisi d'opter pour les paramètres les plus défavorables possibles afin que les aménagements proposés soient dimensionnés en toute sécurité vis-à-vis des inondations et du respect de la réglementation.

Après estimation des débits, la faisabilité de toutes les solutions envisagées a été étudiée, 3 scénarii par site ont été retenus, pré-dimensionnés et chiffrés afin de donner au maître d'ouvrage les éléments nécessaires à la discussion et à la prise de décision :

A Erckartswiller, la première solution fait intervenir un déplacement du cours d'eau et un ouvrage à pré-barrages installé dans le nouveau lit, le partage des débits entre le moulin et le milieu naturel se fera à l'amont de l'ouvrage avec une priorité pour le milieu naturel. La pente naturelle du cours d'eau et les contraintes réglementaires sur les ouvrages construits en cours d'eau ont conditionné le dimensionnement des pré-barrages qui a pour objectif de respecter au mieux le droit d'eau du moulin.

La deuxième solution est très similaire à la première à l'exception du fait que l'ouvrage à pré-barrage sera installé dans le lit actuel du Mittelbach, en lieu et place de l'actuel déversoir. Cette solution a l'avantage de nécessiter très peu d'emprise foncière bien qu'elle induise d'autres inconvénients mineurs.

Enfin la troisième solution, plus simple : contourner l'ouvrage à l'aide d'un nouveau tracé renaturé, bien qu'optimum au niveau de la réglementation et du partage des débits, nécessite une grande emprise foncière.

A Rosteig, les contraintes du terrain naturel contraignent à engager des moyens importants pour rétablir la continuité écologique : renaturation du lit sur un linéaire important ou construction d'une passe à bassins en génie civil. Au vu de ces résultats coût/bénéfice écologiques, une troisième solution plus simple mais moins satisfaisante a été proposée au maître d'ouvrage pour effacer les ouvrages artificiels sans rétablir une continuité piscicole complète.

Pour conclure le projet de restauration écologique du Mittelbach et du Schuesselthalbaechel permet d'illustrer une grande variété de contraintes que l'on peut rencontrer lors de la restauration de cours d'eau à faibles débits. Ces contraintes vont pousser le projet vers des solutions offrant un compromis acceptable entre usages des riverains et restauration écologique.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] : AERM, « Typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse », Juin 1998.
- [2] : BAUDOUIN J-M., ONEMA, « Diagnostic de la franchissabilité à la montaison », 2014
https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/CPA-ICE-chp-C-tableaux_maquette.pdf
- [3] : BARAN P., ONEMA, « Mise au point d'outils d'estimation du coût des passes à poissons », Avril 2015,
https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/png/PNG%202011/2015_008.pdf
- [4] : BARIL D. « Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du débit minimal », Janvier 2014, p4, https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/2014_014.pdf
- [5] : BURGEAP, « Etude hydraulique préalable à la restauration du ruisseau du Muehlbach », 2016,
réf : REAUNE01968-01
- [6] : BURGEAP, « Etude hydraulique préalable à la restauration du ruisseau du Muehlbach », 2018,
réf : REAUNE03007-01
- [7] : CHEVROLIER G., COMMISSION DE L'AMENAGEMENT DURABLE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE,
« Rapport d'information : rompre avec la continuité écologique destructive : réconcilier préservation de
l'environnement et activités humaines », 30 mars 2021
http://www.senat.fr/espace_presse/actualites/202104/continuite_ecologique_des_cours_deau.html
- [8] : DEGOUTTE G., « Transport solide en hydraulique fluviale, Chapitre 2 »,
<http://www.hydrologie.org/MISC/hydr/degoutte/degoutte2.pdf>
- [9] : DREAL Grand Est, « Débits observés avec accès alphabétique par cours d'eau », http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/debits-observees-acces-alphabetique-par-cours-d-eau-r6600.html?page=rubrique&id_rubrique=6600&id_article=16032&masquable=OK
- [10] : FOURNIALS X., WEIL S., CATER Normandie, « La récréation de cours d'eau, du retour en fond de vallée au reméandrage » <https://www.cater-com.fr/mediatheque/documents/la-recreation-de-cours-deau.html>
- [11] : LARINIER M., ONEMA « Guide technique pour la conception des passes à poissons Naturelles », 2006 : <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/guide-technique-pour-la-conception-des-passes-a-poissons-naturelles0>
- MALBROUCK C. « La réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse : synthèse et résultats », avril 2007 <http://hdl.handle.net/2268/221520>
- [12] : PITON G., ENS Hydraulique et Mécanique, Grenoble « Méthode de transfert de bassin », 2008,
https://lms.fun-mooc.fr/c4x/grenobleinp/19001/asset/Methode_de_transfert_de_bassin_G_Piton.pdf
- [13] : ROLLING E., « La vie du moulin d'Erckartswiller », 2005-2016
- [14] OFB, PATBiodiv, « Principaux facteurs intervenant dans le choix du type de dispositif de franchissement à la montaison » <https://patbiodiv.ofb.fr/fiche-methodologique/continuite-ecologique/principaux-facteurs-intervenant-choix-du-type-dispositif-franchissement-a-montaison-339>

6. ANNEXES

Annexe 1 : Exemple de fiche ouvrage : Le déversoir d'Erckartswiller

Annexe 2 : Fiche Ouvrages et restauration de la continuité écologique

Annexe 3 : Fiche érosion et Affaissement de Berge

Annexe 4 : Fiche entretien de la végétation des berges

Annexe 5 : Fiche plantes exotiques envahissantes : La Balsamine de l'Himalaya

Annexe 6 : Carte géologique du secteur d'étude d'après la carte géologique au 1:50000 de Bitche Walschbronn; Extrait Infoterre BRGM, 2021

Annexe 7 : Etat chimique et écologique 2011-2013, SDAGE Rhin Meuse_2015

Annexe 8 : Recensement des données piscicoles, d'après les données de la Fédération de pêche 67

Annexe 9 : Cartographie des ZNIEFF types I et II, d'après Géoportail, 2021

Annexe 10 : Extrait Géoportail du Parc Naturel des Vosges du Nord, 2021

Annexe 11 : Extrait de la carte de Cassini, Erckartswiller

Annexe 12 : Extraits cartographiques d'Erckartswiller d'après l'IGN (remonter le temps)

Annexe 13 : Extraits cartographiques des photographies aériennes de 1950 et de 2018, sur Rosteig d'après l'IGN (remonter le temps)

Annexe 14 : Photographies prises à Erckartswiller lors des visites de terrain

Annexe 15 : Photographies prises à Erckartswiller lors des visites de terrain

Annexe 16 : descriptif par tronçon du Muehlbach sur le site d'Erckartswiller

Annexe 17 : Descriptif des tronçons du site d'Erckartswiller sur le cours d'eau du Mittelbach

Annexe 18 : Répartition des débits dans la configuration hydraulique actuelle après entretiens des ouvrages

Annexe 19 : Photographies prises lors des visites de terrain du 09/02/2021 et du 01/10/2021

Annexe 20 : Extraits des résultats Cassiopée pour les débits d'intérêt

Annexe 21 : Débit transitant par les pré-barrages pour un débit de plein bord

Annexe 22 : Extrait Cassiopée : Déversement par le seuil du Muehlbach pour un débit de plein bord

Annexe 23 Estimation financière du scénario 1, Erckartswiller

Annexe 24 : Estimation financière pour le scénario 2 Erckartswiller

Annexe 25 : Estimation financière pour le scénario 3 Erckartswiller

Annexe 26 : Estimation financière du retalutage à Erckartswiller

Annexe 27 : Estimation financière du scénario 1 à Rosteig

Annexe 28 Extraits des résultats Cassiopée pour les débits d'intérêt

Annexe 29 : Estimation financière pour le scénario 2 à Rosteig

Annexe 30 : Estimation financière pour le scénario 3 à Rosteig

Annexe 31 : Estimation financière pour l'option 1 du scénario 3 à Rosteig

Annexe 32 : Estimation financière pour l'option 2 du scénario 3 à Rosteig

Annexe 33 : Estimation financière pour le traitement des balsamines

Annexe 1 : Exemple de fiche ouvrage : Le déversoir d'Erckartswiller



Nom de l'ouvrage : Déversoir du Mittelbach		Franchissement faune aquatique :	Infranchissable
		Transit sédimentaire :	Obstacle au transit
Bassin versant :	Moder	Localisation (L93) :	1019962 6872732
Cours d'eau :	Mittelbach	Conditions de :	hautes eaux
Tronçon :	Mitt1	Classement préfectoral	Liste 1
Commune :	Erckartswiller	Catégorie piscicole :	1ère catégorie
Date de relevé :	09/02/2021	Espèce piscicole repère :	truite fario
Description de l'ouvrage		Impacts de l'ouvrage	
Type :	Déversoir	Hauteur sur terrain naturel (m) :	-
Dimensions (long x larg x hauteur) :	2 x 0,25 x 0,5+0,5	Hauteur de chute (m) :	0,5 + 0,5 m (estimée)
Etat de l'ouvrage :	Hors service	Epaisseur de la lame d'eau :	0,10 m (estimée)
Usage actuel :	-	Franchissement faune aquatique :	Infranchissable
Intérêt général ou privé :	Privé (agrément)	Transit sédimentaire :	Obstacle au transit
Bilan			
A l'origine, le seuil à pour but de déverser dans le Mittelbach lorsque le débit est suffisant, or le seuil mobile ayant disparu, la totalité du débit coule dans le Mittelbach et plus aucun débit n'est dirigé vers le Muehlbach,			
Pistes d'actions			
Scénario 1 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach avec contournement du lit actuel et pré-barrages.			
Scénario 2 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach et pré-barrages dans le lit du Mittelbach			
Scénario 3 : Reméandrage du cours d'eau pour rattraper la pente et contourner le déversoir (création d'un seuil répartiteur pour le Muehlbach)			
Maître d'ouvrage :		SDEA	
Opération :		Etude de restauration du droit d'eau et de mise en valeur des cours d'eau	
Affaire / Date :		CE 856 - 02/2021	



1 : Ouvrages et restauration de la continuité écologique

Définition et illustrations

La notion de continuité de la rivière, ou **continuité écologique**, est introduite dans **l'annexe V de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau**, comme un élément de qualité pour la classification de l'état écologique des cours d'eau.

La notion est reprise dans la **circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état »** et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface.

Cette dernière stipule notamment que la continuité de la rivière est assurée par :

Le **rétablissement des possibilités de circulation (montaison et dévalaison) des organismes aquatiques**

Le rétablissement des flux de sédiments nécessaires au maintien ou au recouvrement des conditions d'habitat des communautés correspondant au bon état.

Ainsi, tout obstacle à la libre circulation piscicole doit être aménagé, au titre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

(Photographie Sinbio Scop : 09/02/2021, (Déversoir du Mittelbach à Erckartswiller)



Conséquences et inconvénients

- Rupture de la continuité écologique
- Impact sur les poissons migrateurs

Modification de l'habitat des espèces (en amont d'un seuil, ou dans une retenue d'eau, la vitesse d'écoulement ralentit et la hauteur d'eau s'élève avec les conséquences suivantes : dépôt de sédiments fins, réchauffement de l'eau, baisse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, augmentation de l'évaporation).

➤ Erosion sédimentaire = Les matériaux solides (**galets, graviers, sables**) autrefois emportés par les **crues** sont bloqués et manquent à l'aval. En quête d'équilibre sédimentaire, la rivière se recharge en matériaux après le passage de l'ouvrage, en érodant son lit et les berges parfois de plusieurs mètres.

➤ Prolifération des algues = Dans les eaux de **qualité moyenne**, le ralentissement du courant et le réchauffement de l'eau favorise le développement des algues unicellulaires à partir des stocks de **phosphore et d'azote** piégés dans les sédiments. Ce phénomène peut provoquer une pollution subite qui pénalise les usages de loisirs et la consommation de l'eau.

Pistes d'actions envisageables

Parmi les **aménagements** de restauration de la libre circulation piscicole, plusieurs solutions sont possibles :

- **Effacement**, partiel ou complet, de l'ouvrage ;
- Aménagement du seuil infranchissable par la mise en œuvre de **seuils aval franchissables avec échancrures** (réalisation de pré-barrages, fragmentation de la chute) ;
- Aménagement d'un **bras de contournement** (pour contourner l'ouvrage infranchissable, rivière artificielle) ;
- Aménagement d'une **passerelle à poisson** à bassins successifs, (dans le cas d'ouvrages importants tels que des centrales hydrauliques, des moulins) ;
- **Mise en dérivation** (par la création d'un bras de contournement etc...).

Aménagement de seuils franchissables avec échancrure :
Photographies : François LAFFLY, traversée de la Seine à Châtillon sur Seine



Rétablissement de la continuité écologique par arasement total de l'ouvrage, situation après travaux



2 : Erosion et Affaissement de Berge

Définition et illustrations

En géomorphologie, l'érosion est le processus de dégradation et de transformation du relief qui est causé par tout agent externe.

Les érosions font partie de la dynamique naturelle de la rivière et participent à la diversité des milieux et des habitats : le fuseau de mobilité du cours d'eau doit être respecté.

En effet, le phénomène d'érosion des berges est un moyen de dissipation d'énergie qui participe à l'équilibre morphodynamique entre le transport et le dépôt solide du cours d'eau.

Exemples d'érosion du Mittelbach : (Photographies Sinbio Scop, 2021)



Conséquences et inconvénients

L'érosion des berges des cours d'eau est un processus naturel accentué par l'absence de ripisylve et de bande enherbée (notamment lors des crues).

Celles-ci sont souvent liés aux anciens travaux de rectification, de curage des cours d'eau ou dans le cas présent induit par une concentration des écoulements suite à l'effacement d'ouvrages. Ces anciens aménagements ont eu pour conséquence de modifier le profil des berges qui présentent alors un caractère abrupt faisant suite à l'affaissement du sommet de berge. En effet, suite à l'érosion du pied de berge, la partie haute de la berge devient instable et fini par s'effondrer, on parle alors de sapement ou d'affaissement de berge.

En l'absence d'enjeu (infrastructures, habitations), le SDAGE Rhin Meuse indique qu'il est important de conserver, dans la mesure du possible, un fuseau de mobilité au cours d'eau.

Le fuseau de mobilité ou espace de liberté est un concept de gestion des hydrosystèmes qui consiste à laisser évoluer la rivière, s'ajuster morphodynamiquement.

Ce processus est essentiel au bon fonctionnement des écosystèmes et à la biodiversité attenante.

Cependant, en cas d'enjeux humains ou d'infrastructures des mesures peuvent être mises en place en concertation avec les services de l'Etat.

Aspect réglementaire

D'après l'article L215-14 du Code de l'Environnement modifié par la Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 – art. 8 JORF 31 décembre 2006, le riverain possède des droits relatifs à sa propriété mais aussi des devoirs en ce qui concerne l'entretien et l'aménagement des cours d'eau.

Sur les cours d'eau domaniaux, l'Etat, propriétaire du lit, est tenu de faire les travaux nécessaires au seul maintien de la capacité naturelle d'écoulement des eaux. L'entretien des berges et leur protection reste de la compétence du propriétaire riverain.

Sur les cours d'eau non-domaniaux, le riverain est propriétaire jusqu'au milieu du cours d'eau et est tenu à un entretien régulier du cours d'eau. Cet entretien régulier a pour objet de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives.

Pistes d'actions envisageables

Diverses techniques de génie végétal permettent de stabiliser la berge et de favoriser le développement de végétaux.

Parmi ces techniques :

- le tressage de saules en pied,
- la fascine de saules,
- le **retalutage** et bouturage dense,
- la banquette peigne rustique,
- la **plantation d'arbres et d'arbustes pour stabiliser la berge par l'ancrage du système racinaire dans le sol (qui retient alors le terrain).**

La mise en œuvre d'un aménagement dépend de son intérêt et de la configuration du site et peut être couplé avec des techniques de génie civil en pied de berge si cela s'avère indispensable, ce n'est pas le cas de l'effondrement des berges du Mittelbach sur Erckartswiller

3: entretien de la végétation des berges

Définition et illustrations

La ripisylve est l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, (la notion de rive désignant l'étendue du lit majeur du cours d'eau non submergée à l'étiage).

Elle constitue un élément fondamental pour l'équilibre des cours d'eau car elle présente de nombreuses fonctions :

- Physiques (maintien des berges)
- Biologiques (abris, refuges pour la faune)
- Ecologiques (autoépuration, ombrage)

Sur la zone d'étude on observe une absence ou une réduction importante de la ripisylve sur certain secteur:

Exemples de ripisylves absentes ou clairsemés : (Photographie : Sinbio Scop).



Conséquences et inconvénients

L'absence de ripisylve prive le cours d'eau de tous les bénéfices qu'elle procure pour la qualité chimique du cours d'eau, mais aussi pour le maintien des berges grâce aux systèmes racinaires.

Cette absence est donc pénalisante pour les cours d'eau et ruisseaux lorsqu'elle s'étend sur des linéaires importants.

Aspect réglementaire

D'après l'article L215-14 du Code de l'Environnement, le riverain possède des droits relatifs à sa propriété mais aussi des devoirs en ce qui concerne l'entretien et l'aménagement des cours d'eau.

Sur les cours d'eau domaniaux, l'Etat, propriétaire du lit, est tenu de faire les travaux nécessaires au seul maintien de la capacité naturelle d'écoulement des eaux. L'entretien des berges et leur protection reste de la compétence du propriétaire riverain.

Sur les cours d'eau non-domaniaux (comme le Mittelbach), le riverain est propriétaire jusqu'au milieu du cours d'eau et a obligation d'entretenir les berges et le lit et de s'assurer du libre écoulement des eaux sur les parcelles lui appartenant. La protection des berges est de la responsabilité du propriétaire riverain conformément aux dispositions des règlements et des autorisations émanant de l'Administration de l'Etat.

Pistes d'actions envisageables

La plantation d'arbres et d'arbustes aux essences adaptées, variées et de différentes strates arbustives, permet de reconstituer une ripisylve.

Les essences d'arbres adaptées aux bordures de cours d'eau sont le Saule, l'Aulne (un aulne adulte peut protéger jusqu'à 6 m de berges avec son système racinaire). Les arbres peuvent être associés avec des arbustes (Noisetier, Aubépine).

Il est également nécessaire de favoriser le développement naturel et spontané de la végétation des berges.

4 : Plantes exotiques envahissantes : La Balsamine de l'Himalaya

Définition et illustrations

Echappée des jardins, cette plante exotique envahissante, colonise généralement les milieux humides comme les bords de cours d'eau, les zones alluviales, les zones déboisées. Elle peut également se retrouver dans les fossés humides, talus et lisières de forêt.

C'est une plante annuelle qui se reproduit essentiellement par production de graines. A maturité, elles sont dispersées par explosion de la capsule qui projette les graines jusqu'à une distance de 7 mètres. Chaque pied peut produire jusqu'à 2500 graines capables de germer une fois disséminées pendant 3 à 6 ans.

Elle peut également se disperser par bouturage des tiges et des racines.

Les graines, comme les tiges et les racines, peuvent être dispersées par l'eau sur de grandes distances. Elles sont capables de germer dans l'eau et de créer un nouveau massif.



(Photographies : Sinbio Scop 20/10/2020)



Conséquences et inconvénients

Les nuisances liées à la Balsamine de l'Himalaya sont les suivantes :

- Défavorable à la biodiversité : réduction de la biodiversité locale, monospécifique,
- Vitesse d'expansion rapide
- Gêne à la régénération fluviale
- L'exclusion compétitive des autres espèces et l'absence de parties aériennes durant l'hiver augmentent fortement la proportion de sol nu dans les zones envahies, ce qui rend le sol sensible à l'érosion par l'eau lors d'évènement de fortes pluies et de crues. Alors que l'importante masse végétale produite cause une gêne à l'écoulement des crues en automne.
- Elles forment des peuplements denses grâce à leur croissance rapide et leur germination précoce.

Aspect réglementaire

D'après l'article L215-14 du Code de l'Environnement, le riverain possède des droits relatifs à sa propriété mais aussi des devoirs en ce qui concerne l'entretien et l'aménagement des cours d'eau.

Sur les cours d'eau domaniaux, l'Etat, propriétaire du lit, est tenu de faire les travaux nécessaires au seul maintien de la capacité naturelle d'écoulement des eaux. L'entretien des berges et leur protection reste de la compétence du propriétaire riverain.

Sur les cours d'eau non-domaniaux, le riverain est propriétaire jusqu'au milieu du cours d'eau et a obligation d'entretenir les berges et le lit et de s'assurer du libre écoulement des eaux sur les parcelles lui appartenant.

Le Grenelle I prévoit la mise en œuvre de plans de lutte contre les espèces exotiques envahissantes afin de prévenir leur installation/extension et réduire leurs impacts négatifs.

Le Code de l'environnement interdit l'introduction dans le milieu naturel d'une espèce végétale à la fois non indigène et non cultivée (Article L411-5). Depuis 2017, la berce du Caucase figure sur la liste des espèces exotiques envahissantes établie par le règlement européen 2016/1141.

Pistes d'actions envisageables

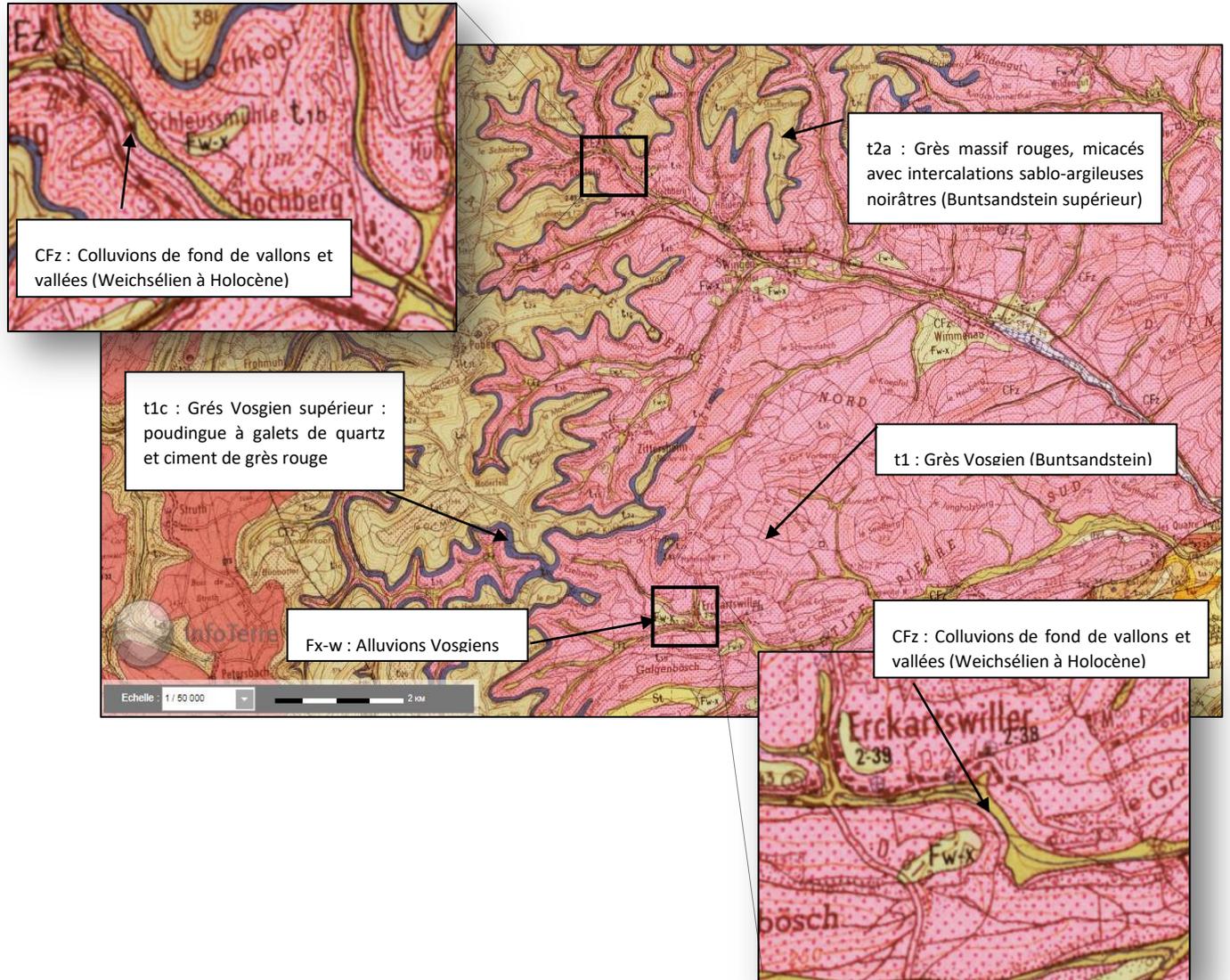
Arrachage manuel ou mécanique :

Les graines conservant leur pouvoir germinatif pendant plusieurs années, la gestion des sites envahis devra s'étaler sur plusieurs années afin d'épuiser les banques de graines présentes dans le sol. Il faudra assurer un suivi des sites après intervention pour prévenir tout risque de recolonisation.

Plusieurs méthodes sont envisageables :

- Arracher manuellement les pieds de Balsamine. Leur habitat humide se caractérise généralement par un sol fait de sédiments meubles dans lequel elles s'enracinent peu profondément. L'arrachage est donc facile et a peu d'impact sur le sol.
- Faucher les pieds de Balsamine au raz du sol. Il faut veiller à couper sous le premier nœud pour que la plante ne reproduise pas de nouvelles tiges.

Annexe 6 : Carte géologique du secteur d'étude d'après la carte géologique au 1:50000 de Bitche Walschbronn; Extrait Infoterre BRGM, 2021



Annexe 7 : Etat chimique et écologique 2011-2013, SDAGE Rhin Meuse_2015

Objectifs d'état de la masse d'eau	Motifs justifiant une échéance ultérieure à 2015
Bon état écologique 2021	Faisabilité technique
chimique 2027	Faisabilité technique

Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

Etat 2011-2013 (SDAGE 2015)

Etat chimique				Commentaires		Etat chimique			
3				Confiance		3			
Paramètres déclassants: Fluoranthène, Benzo(a)pyrène				(39 paramètres surveillés sur 41 possibles)		Confiance			
Etat écologique				Commentaires		Etat écologique			
5				Confiance Faible		4			
Biologie	5			Diatomées	5	Surveillance	4		
				Invertébrés	4	Surveillance			
				Poissons	ND	Surveillance			
				Macrophytes	4	Surveillance			
Paramètres généraux	2	Bilan en oxygène	2	COD	1	Surveillance	3		
				DBO5	1	Surveillance			
				sat O2	2	Surveillance			
				O2	1	Surveillance			
		Nutriments	2			NH4+		2	Surveillance
						NO2		1	Surveillance
						NO3		1	Surveillance
						PO4		2	Surveillance
						Pt		2	Surveillance
						Acidification		1	Surveillance
		Température	1	Surveillance					
Substances	ND			Chlortoluron	ND	Surveillance	2		
				2,4-D	ND	Surveillance			
				Linuron	ND	Surveillance			
				2,4-MCPA	ND	Surveillance			
				Arsenic	ND	Surveillance			
				Zinc	ND	Surveillance			
				Chrome	ND	Surveillance			
				Cuivre	ND	Surveillance			
		Oxadiazon	ND	Surveillance					

Légende :

Etat/Potentiel écologique

1	Très bon
≤2	Très bon à bon
2	Bon
3	Moyen
4	Médiocre
5	Mauvais
ND	Non déterminé / Inconnu
≥3	Moyen à Mauvais

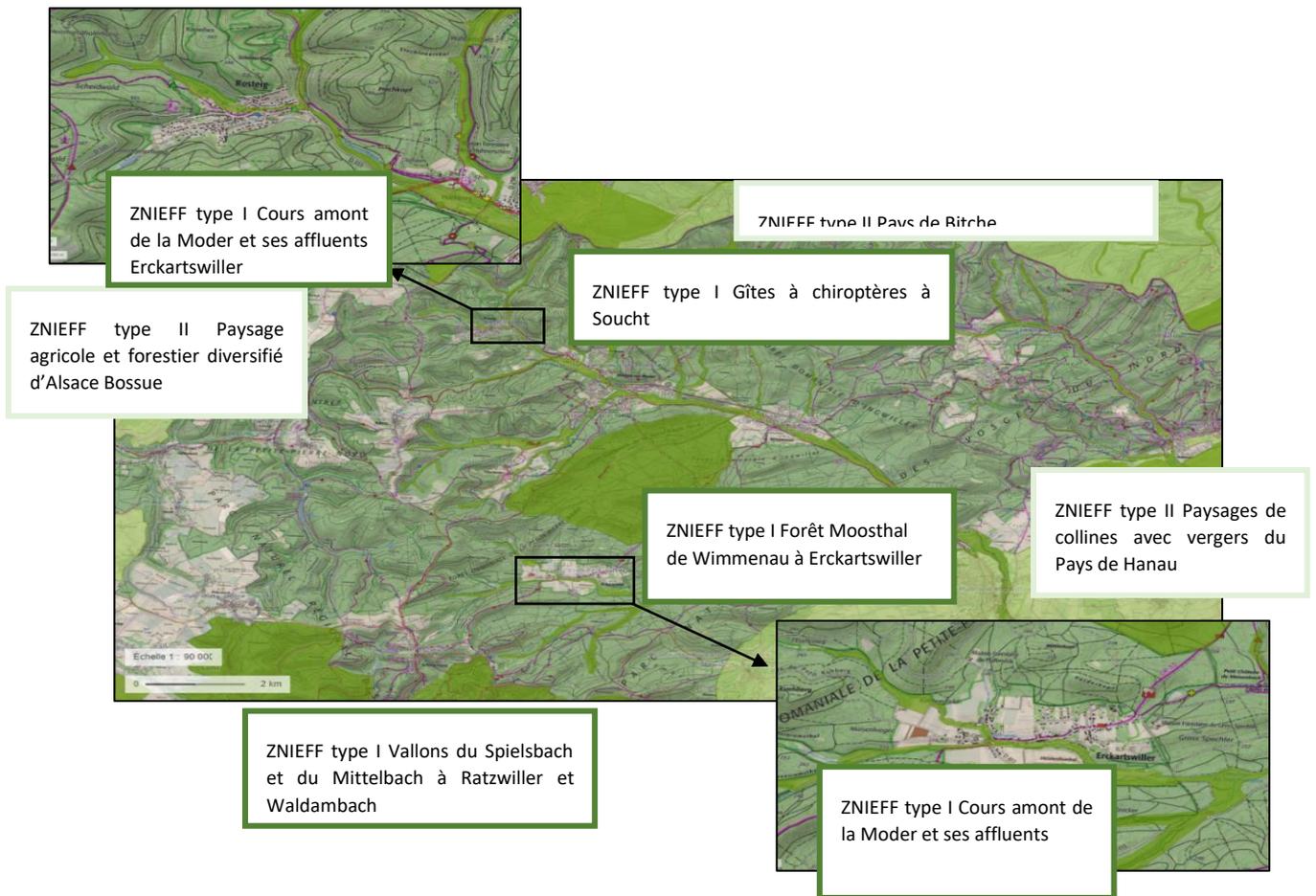
Etat chimique

2	Bon
3	Mauvais
ND	Non déterminé / Inconnu

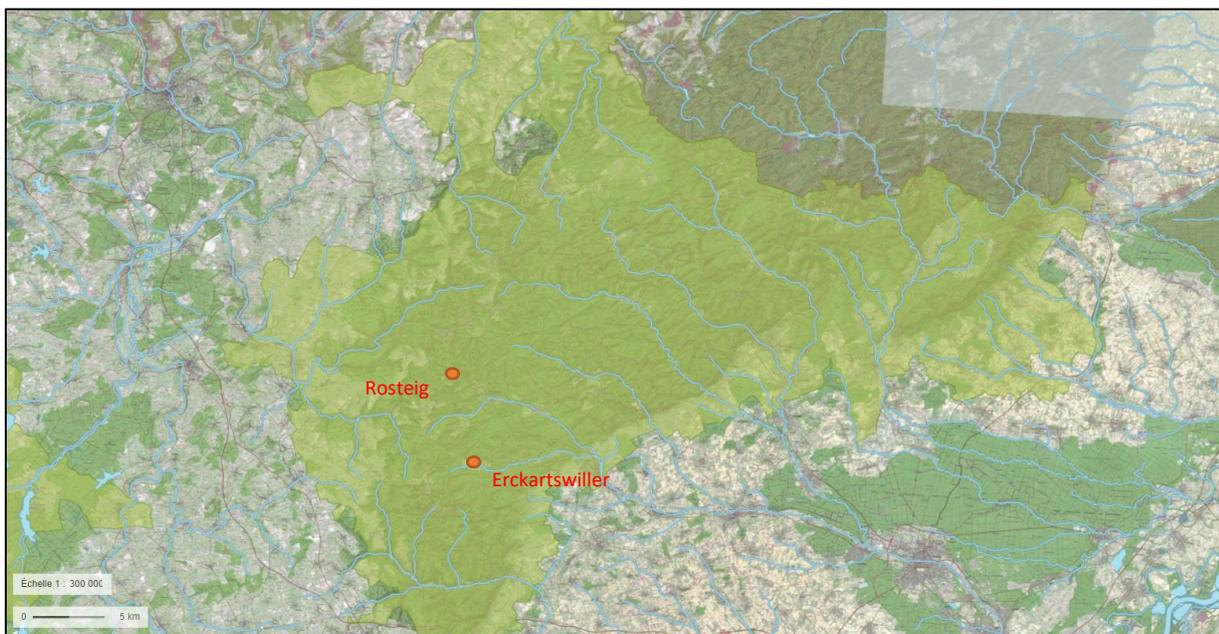
Annexe 8 : Recensement des données piscicoles, d'après les données de la Fédération de pêche 67

Informations pêche électrique	Nom latin	Nom commun	% de l'effectif
Pêche électrique du 5 mai 2011 sur le Schuesselthalbaechel à Wingen sur Moder. (Pêche réalisée selon le guide pratique de l'ONEMA 2008)	<i>Cottus gobio</i>	Chabot commun	19%
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	1%
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Truite fario	73%
	<i>Cyprinus carpio</i>	Lamproie Planer	8%
Pêche électrique du 19 septembre 2011 sur le Meisenbach à Ingwiller, affluent de la Moder. Le Mittelbach est l'affluent direct du Meisenbach. (Pêche réalisée selon le guide pratique de l'ONEMA 2008)	<i>Esox lucius</i>	Brochet	1%
	<i>Leiciscus cephalus</i>	Chevaine	2%
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Epinoche	3%
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	1%
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	23%
	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	13%
	<i>Lampetra planeri</i>	Lamproie de Planer	1%
	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	2%
	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil	5%
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirlin	48%
<i>Salmo trutta fario</i>	Truite de rivière	0% (1 individu)	

Annexe 9 : Cartographie des ZNIEFF types I et II, d'après Géoportail, 2021



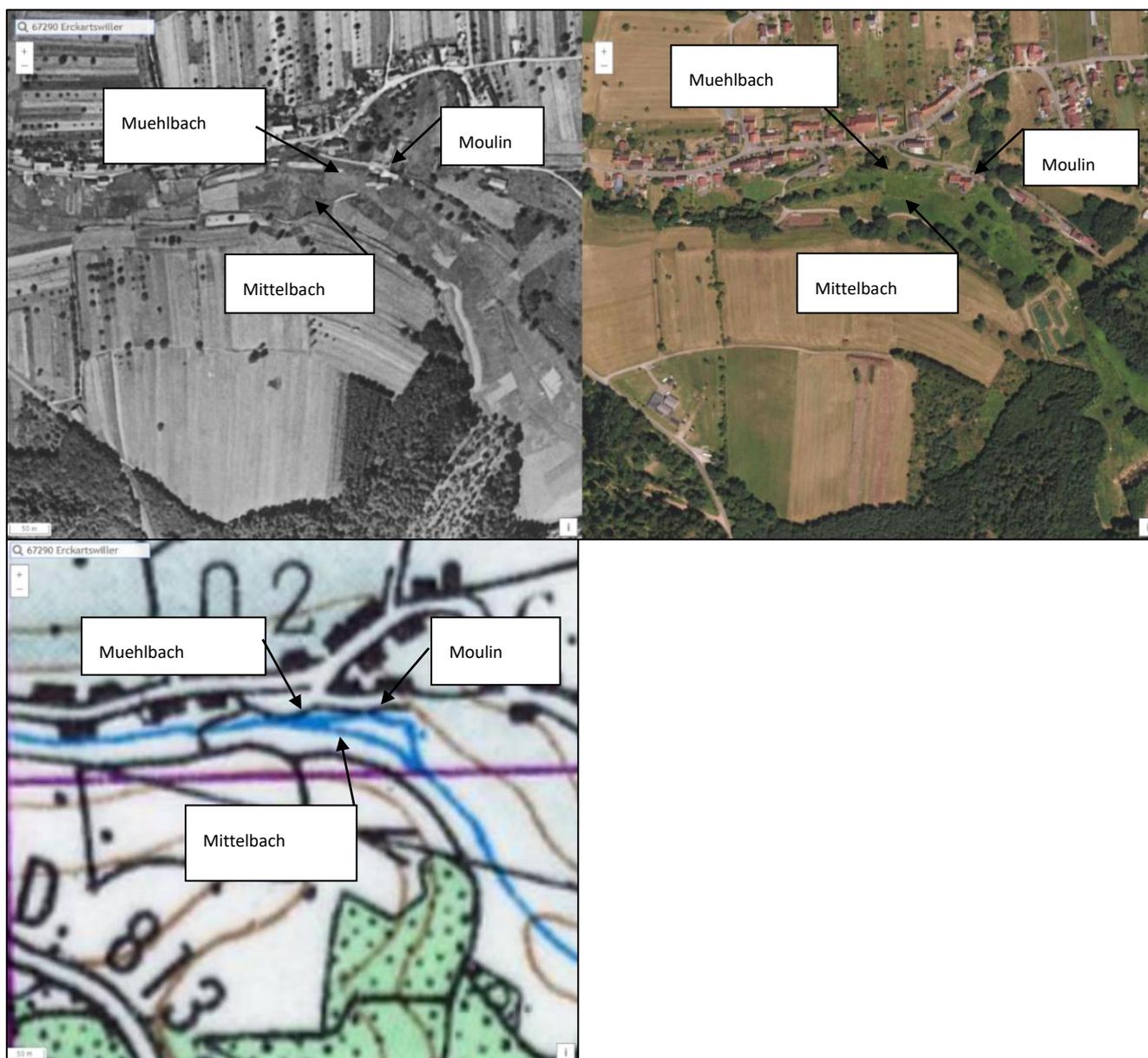
Annexe 10 : Extrait Géoportail du Parc Naturel des Vosges du Nord, 2021



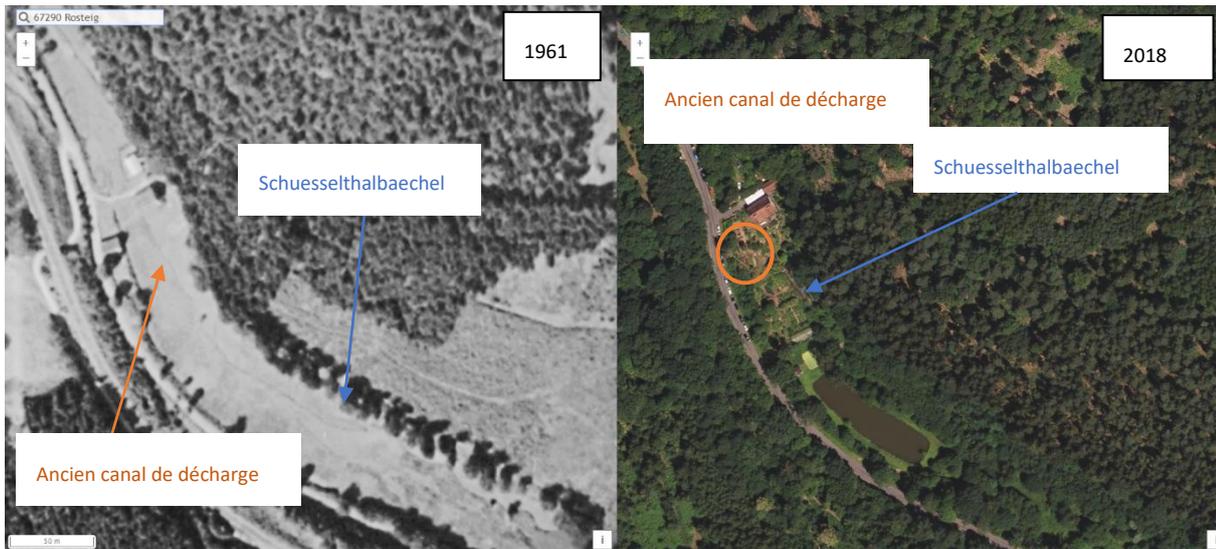
Annexe 11 : Extrait de la carte de Cassini, Erckartswiller



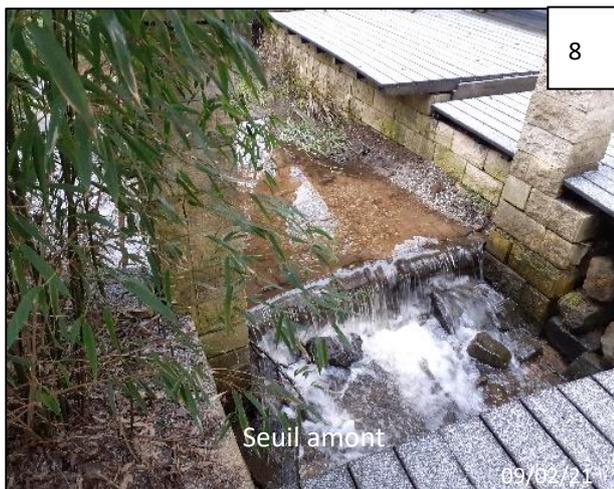
Annexe 12 : Extraits cartographiques d'Erckartswiller d'après l'IGN (remonter le temps)



Annexe 13 : Extraits cartographiques des photographies aériennes de 1950 et de 2018, sur Rosteig d'après l'IGN (remonter le temps)



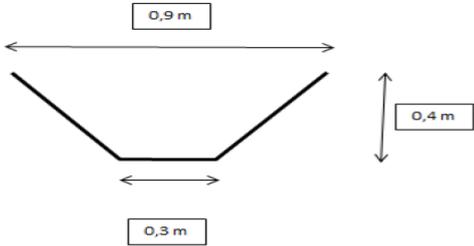
Annexe 14 : Photographies prises à Erckartswiller lors des visites de terrain



Annexe 15 : Photographies prises à Erckartswiller lors des visites de terrain



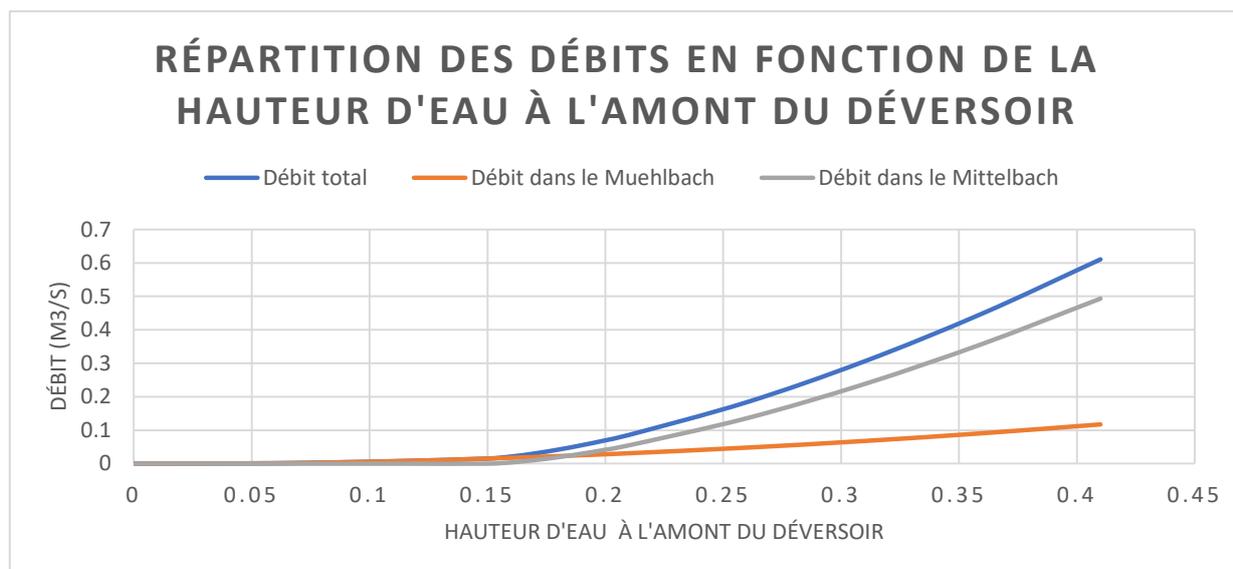
Annexe 16 : descriptif par tronçon du Muehlbach sur le site d'Erckartswiller

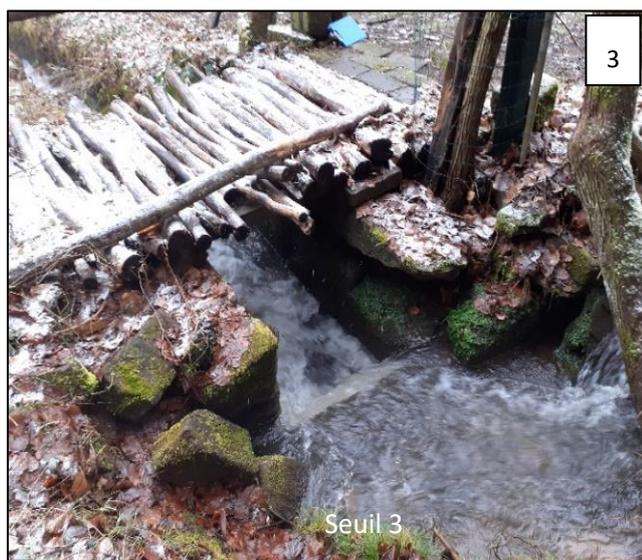
Muehlbach		
Tronçons	Photographies	Descriptions
Muehl 1		<p>A l'aval du déversoir du Mittelbach, le canal d'aménagé du moulin est entièrement ensablé et recouvert de végétation jusqu'à la buse permettant le passage sous la route.</p> <p>Sur cette partie, on peut observer une légère contre pente qui s'explique par l'ensablement rapide du Muehlbach sur cette section.</p> <p>Suite au passage busé, le Muehlbach est légèrement ensablé, mais toujours visible, la pente est très faible et l'alimentation provient essentiellement des eaux de pluie et de la source provenant du lavoir en aval.</p> <p>Ce tronçon est composé de cunettes en béton :</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Muehl 2		<p>En aval du lavoir la canalisation à l'aide de cunettes en béton laisse place à un lit plus naturel formé dans le substrat.</p> <p>La pente reste très faible, ce qui engendre des problèmes d'eau stagnante lors des étiages.</p>
Muehl 3		<p>En amont du déversoir du Moulin, les berges sont soutenues par des murs en béton et le fond du lit est sableux avec une pente très faible.</p>

Annexe 17 : Descriptif des tronçons du site d'Erckartswiller sur le cours d'eau du Mittelbach

Mittelbach		
Tronçons	Photographies	Descriptions
Mitt 1		<p>Sur sa partie amont le Mittelbach possède une morphologie adaptée à un cours d'eau de cette taille. Cependant, on note la présence d'une ripisylve instable et légèrement perchée, dû à une incision progressive du fond du lit.</p> <p>Le lit est sableux et légèrement sinueux par endroits</p>
Mitt 2		<p>Le Mittelbach traverse ensuite une plaine dont il creuse les berges à la recherche d'un équilibre entre la forme du lit et les débits (équilibre dynamique qui s'opère entre les processus d'érosion et de dépôt).</p> <p>Par ailleurs, sur cette section la rivière est complètement dépourvue de ripisylve.</p>

Annexe 18 : Répartition des débits dans la configuration hydraulique actuelle après entretiens des ouvrages





Annexe 20 : Extraits des résultats Cassiopée pour les débits d'intérêt

Situation hydrologique	Extrait Cassiopée							
QMNA10	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bassin</th> <th>Surface (m²)</th> <th>Cote de fond (m)</th> <th>Cote de l'eau (m)</th> <th>Puissance dissipée (W/m³)</th> <th>Profondeur moyenne (m)</th> <th>Débit (m³/s)</th> </tr> </thead> </table>	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)
	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)	
	Amont				223.920			0.018
	1	10.000	223.550	223.770	12.113	0.220	0.018	
	2	10.000	223.400	223.620	12.114	0.220	0.018	
	3	10.000	223.250	223.470	12.131	0.220	0.018	
	4	10.000	223.100	223.318	12.371	0.218	0.018	
	Aval				223.110			0.018
QMOD	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bassin</th> <th>Surface (m²)</th> <th>Cote de fond (m)</th> <th>Cote de l'eau (m)</th> <th>Puissance dissipée (W/m³)</th> <th>Profondeur moyenne (m)</th> <th>Débit (m³/s)</th> </tr> </thead> </table>	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)
	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)	
	Amont				223.990			0.044
	1	10.000	223.550	223.840	22.430	0.290	0.044	
	2	10.000	223.400	223.690	22.433	0.290	0.044	
	3	10.000	223.250	223.540	22.476	0.290	0.044	
	4	10.000	223.100	223.387	23.134	0.287	0.044	
	Aval				223.160			0.044
3*QMOD	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bassin</th> <th>Surface (m²)</th> <th>Cote de fond (m)</th> <th>Cote de l'eau (m)</th> <th>Puissance dissipée (W/m³)</th> <th>Profondeur moyenne (m)</th> <th>Débit (m³/s)</th> </tr> </thead> </table>	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)
	Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ³)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)	
	Amont				224.080			0.118
	1	10.000	223.550	223.930	45.540	0.380	0.118	
	2	10.000	223.400	223.780	45.554	0.380	0.118	
	3	10.000	223.250	223.630	45.713	0.380	0.118	
	4	10.000	223.100	223.475	47.484	0.375	0.118	
	Aval				223.260			0.118

Annexe 21 : Débit transitant par les pré-barrages pour un débit de plein bord

Bassin	Surface (m ²)	Cote de fond (m)	Cote de l'eau (m)	Puissance dissipée (W/m ²)	Profondeur moyenne (m)	Débit (m ³ /s)
Amont			224.180			0.215
1	10.000	223.550	224.031	65.134	0.481	0.215
2	10.000	223.400	223.886	63.057	0.486	0.215
3	10.000	223.250	223.751	56.912	0.501	0.215
4	10.000	223.100	223.641	43.035	0.541	0.215
Aval			223.570			0.215

Annexe 22 : Extrait Cassiopée : Déversement par le seuil du Muehlbach pour un débit de plein bord

Paramètres fixés	Valeurs
Cote de l'eau amont (m)	224.180
Cote de l'eau aval (m)	223.880
Ouvrage n°1: Cote de la crête du déversoir ou du radier de la vanne (m)	223.920
Ouvrage n°1: Largeur du déversoir (m)	1.200
Ouvrage n°1: Coefficient de débit seuil	0.400
Débit total (m³/s)	0.282
Ouvrage n°1 : Débit total (m³/s)	0.282
Ouvrage n°1 : Type d'écoulement	Surface libre
Ouvrage n°1 : Régime	Dénoyé
Ouvrage n°1 : Type de jet ?	plongeant

Annexe 23 Estimation financière du scénario 1, Erckartswiller

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier, sécurisation, amenée des matériaux et des engins, remise en état du site et des chemins d'accès	FFT	1	5 000	5 000,00 €
Implantation et piquetage des aménagements	FFT	1	2 000	2 000,00 €
Constat d'huissier	FFT	1	1 000	1 000,00 €
Panneau d'information	U	1	1 500	1 500,00 €
Barrage filtrant	FFT	1	1 000	1 000,00 €
SOUS TOTAL				10 500,00 €
Scénario 1 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach avec contournement du lit actuel et pré-barrages.				
Traitement de la végétation y compris dessouchage et gestion des déchets sur l'ensemble du site (nouveau tracé du Mittelbach)	FFT	1	2000	2 000,00 €
Terrassement du nouveau tracé du Mittelbach	m ³	30,8	6	184,80 €
Export des matériaux terreux	m ³	30,8	12	369,60 €
Fourniture et mise en œuvre de blocs dans le fond du lit de la rampe et en pied de berge	T	13	65	845,00 €
Fourniture et mise en œuvre de géotextile synthétique sous les blocs en enrochements	m ²	120	6	720,00 €
Fourniture et mise en œuvre de béton pour le liaisonnement des enrochements dans le fond du lit	m ³	5,2	300	1 560,00 €
Fourniture et mise en œuvre de blocs ou blocs préfabriqués	T	0,85	65	55,25 €
Réalisation d'une échancrure	u	5	350	1 750,00 €
Fourniture et mise en œuvre de treillis coco de 900 g/m ²	m ²	80	7	560,00 €
Fourniture et mise en œuvre d'un ensemencement	m ²	80	2	160,00 €
Aménagement d'un seuil répartiteur	m ³	0,12	250	30,00 €
Aménagement du déversoir actuel (pour déversement en crue)	FFT	1	200	200,00 €
Divers et imprévus		10%		1 893,47 €
SOUS TOTAL				10 328,12 €
TOTAL				20 828,12 €

Annexe 24 : Estimation financière pour le scénario 2 Erckartswiller

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier, sécurisation, amenée des matériaux et des engins, remise en état du site et des chemins d'accès	FFT	1	5 000,00	5 000,00 €
Implantation et piquetage des aménagements	FFT	1	2 000,00	2 000,00 €
Constat d'huissier	FFT	1	1 000,00	1 000,00 €
Panneau d'information	U	1	1 500,00	1 500,00 €
Barrage filtrant	FFT	1	1 000,00	1 000,00 €
SOUS TOTAL				10 500,00 €
Scénario 2 : Aménagement de la prise d'eau du canal du Muehlbach et pré barrages				
Traitement de la végétation y compris dessouchage et gestion des déchets sur l'ensemble du site (nouveau tracé du Mittelbach)	FFT	1	1000	1 000,00 €
Fourniture et mise en œuvre de blocs dans le fond du lit de la rampe et en pied de berge	T	13	50	650,00 €
Fourniture et mise en œuvre de géotextile synthétique sous les blocs en enrochements	m ²	120	6	720,00 €
Fourniture et mise en œuvre de béton pour le liaisonnement des enrochements dans le fond du lit	m ³	5,2	300	1 560,00 €
Fourniture et mise en œuvre de blocs ou blocs préfabriqués	T	0,85	50	42,50 €
Réalisation d'une échancrure	u	5	350	1 750,00 €
Fourniture et mise en œuvre de treillis coco de 900 g/m ²	m ²	80	7	560,00 €
Fourniture et mise en œuvre d'un ensemencement	m ²	80	2	160,00 €
Aménagement d'un seuil répartiteur	m ³	0,12	250	30,00 €
Divers et imprévus		10%		1 697,25 €
SOUS TOTAL				8 169,75 €
TOTAL				18 669,75 €

Annexe 25 : Estimation financière pour le scénario 3 Erckartswiller

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier, sécurisation, amenée des matériaux et des engins, remise en état du site et des chemins d'accès	FFT	1	5 000	5 000,00 €
Implantation et piquetage des aménagements	FFT	1	2 000	2 000,00 €
Constat d'huissier	FFT	1	1 000	1 000,00 €
Panneau d'information	U	1	1 500	1 500,00 €
Barrage filtrant	FFT	1	1 000	1 000,00 €
SOUS TOTAL				10 500,00 €
1.1.1. Scénario 3 : Adaptation du tracé du Mittelbach et restauration d'un seuil répartiteur				
Traitement de la végétation y compris dessouchage et gestion des déchets sur l'ensemble du site (nouveau tracé du Mittelbach)	FFT	1	6000	6 000,00 €
Terrassement du nouveau tracé du Mittelbach	m ³	138,8	6	832,80 €
Export des matériaux terreux	m ³	138,8	12	1 665,60 €
Fourniture et mise en œuvre de treillis coco de 900 g/m ²	m ²	360	7	2 520,00 €
Fourniture et mise en œuvre d'un ensemencement	m ²	360	2	720,00 €
Aménagement d'un seuil répartiteur	m ³	0,12	250	30,00 €
Divers et imprévus		10%		2 226,84 €
SOUS TOTAL				13 995,24 €
TOTAL				24 495,24 €

Annexe 26 : Estimation financière du retalutage à Erckartswiller

Retalutage des berges du Mittelbach				
Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Terrassement en déblai	m ³	21,44	6	128,64 €
Export des matériaux terreux	m ³	21,44	12	257,28 €
Fourniture et mise en œuvre d'un ensemencement	m ²	536	2	1 072,00 €
Plantations d'arbres et arbustes	ml	134	10	1 340,00 €
Mise en place d'une clôture	ml	25	8,5	212,50 €
Reprise de clôture (décalage de la clôture existante)	ml	268	6,5	1 742,00 €
Reprise de la Buse	FFT	1	700	700,00 €
Divers et imprévus		10%		542,54 €
SOUS TOTAL				5 994,96 €

Annexe 27 : Estimation financière du scénario 1 à Rosteig

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier et préparation des travaux	FFT	1	11 500 €	11 500,00 €
SOUS TOTAL				11 500,00 €
Scénario 1 : Déplacement et reméandrage du cours d'eau en amont du moulin				
Etude géotechnique	FFT	1	15 000,00 €	15 000,00 €
Déplacement du lit	FFT	1	3 564,00 €	3 564,00 €
Création de radiers naturels	FFT	1	2 210,00 €	2 210,00 €
Fourniture et mise en œuvre d'un pont cadre	FFT	1	4 096,00 €	4 096,00 €
Fourniture et mise en œuvre d'un ensemencement	m ²	600	2,00 €	1 200,00 €
SOUS TOTAL				12 270,00 €
Divers et imprévus (10%)				2 377,00 €
TOTAL				41 147,00 €

Annexe 28 Extraits des résultats Cassiopée pour les débits d'intérêt

Débit	Résultats									
	Cloison n°	Cote de l'eau (m)	Cote du radier amont (m)	Chute (m)	Débit (m³/s)	Puissance volumique dissipée (W/m³)	Tirant d'eau moyen (m)	Cote de radier mi-bassin (m)	Débit d'attrait (m³/s)	Type de jet
QMNA10	Amont 228.102									
	1	227.952	228.070	0.150	0.010	6.656	0.632	227.320	0	plongeant
	2	227.702	227.320	0.250	0.010	11.093	0.632	227.070	0	plongeant
	3	227.452	227.070	0.250	0.010	11.093	0.632	226.820	0	plongeant
	4	227.202	226.820	0.250	0.010	11.093	0.632	226.570	0	plongeant
	5	226.952	226.570	0.250	0.010	11.093	0.632	226.320	0	plongeant
	6	226.702	226.320	0.250	0.010	11.093	0.632	226.070	0	plongeant
	7	226.452	226.070	0.250	0.010	11.093	0.632	225.820	0	plongeant
	8	226.202	225.820	0.250	0.010	11.093	0.632	225.570	0	plongeant
	9	225.952	225.570	0.250	0.010	11.093	0.632	225.320	0	plongeant
	10	225.702	225.320	0.250	0.010	11.093	0.632	225.070	0	plongeant
	11	225.452	225.070	0.250	0.010	11.093	0.632	224.820	0	plongeant
	12	225.351	224.820	0.101	0.010	3.624	0.781	224.570	0	plongeant
	Aval	225.350	225.250	0.000744	0.010					de surface
QMOD	Amont 228.186									
	1	228.036	228.070	0.150	0.070	41.103	0.716	227.320	0	plongeant
	2	227.786	227.320	0.250	0.070	68.506	0.716	227.070	0	plongeant
	3	227.536	227.070	0.250	0.070	68.506	0.716	226.820	0	plongeant
	4	227.286	226.820	0.250	0.070	68.506	0.716	226.570	0	plongeant
	5	227.036	226.570	0.250	0.070	68.506	0.716	226.320	0	plongeant
	6	226.786	226.320	0.250	0.070	68.506	0.716	226.070	0	plongeant
	7	226.536	226.070	0.250	0.070	68.506	0.716	225.820	0	plongeant
	8	226.286	225.820	0.250	0.070	68.506	0.716	225.570	0	plongeant
	9	226.036	225.570	0.250	0.070	68.506	0.716	225.320	0	plongeant
	10	225.786	225.320	0.250	0.070	68.506	0.716	225.070	0	plongeant
	11	225.536	225.070	0.250	0.070	68.506	0.716	224.820	0	plongeant
	12	225.395	224.820	0.141	0.070	33.662	0.825	224.570	0	plongeant
	Aval	225.350	225.250	0.045	0.070					de surface
2,5*QMOD	Amont 228.293									
	1	228.134	228.070	0.159	0.175	96.016	0.814	227.320	0	plongeant
	2	227.884	227.320	0.250	0.175	150.705	0.814	227.070	0	plongeant
	3	227.634	227.070	0.250	0.175	150.705	0.814	226.820	0	plongeant
	4	227.384	226.820	0.250	0.175	150.705	0.814	226.570	0	plongeant
	5	227.134	226.570	0.250	0.175	150.705	0.814	226.320	0	plongeant
	6	226.884	226.320	0.250	0.175	150.705	0.814	226.070	0	plongeant
	7	226.634	226.070	0.250	0.175	150.705	0.814	225.820	0	plongeant
	8	226.384	225.820	0.250	0.175	150.705	0.814	225.570	0	plongeant
	9	226.134	225.570	0.250	0.175	150.705	0.814	225.320	0	plongeant
	10	225.884	225.320	0.250	0.175	150.705	0.814	225.070	0	plongeant
	11	225.643	225.070	0.241	0.175	143.659	0.823	224.820	0	plongeant
	12	225.483	224.820	0.160	0.175	86.042	0.913	224.570	0	plongeant
	Aval	225.350	225.250	0.133	0.175					plongeant

Annexe 29 : Estimation financière pour le scénario 2 à Rosteig

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier et préparation des travaux	FFT	1	25 500,00 €	25 500,00 €
SOUS TOTAL				25 500,00 €
Scénario 2 : Arasement du seuil 1 et création d'une passe à poissons en aval de ce seuil				
Effacement et évacuation du seuil 1	FFT	1	500,00 €	500,00 €
Effacement et évacuation du seuil 3	FFT	1	500,00 €	500,00 €
Etude géotechnique	FFT	1	15 000,00 €	15 000,00 €
Etudes et plans d'exécution des ouvrages en génie civil	FFT	1	8 000,00 €	8 000,00 €
Création d'une passe à bassins (12 bassins)	FFT	1	44 286,00 €	44 286,00 €
SOUS TOTAL				68 286,00 €
Divers et imprévus (10%)				9 378,00 €
TOTAL				103 164,00 €

Annexe 30 : Estimation financière pour le scénario 3 à Rosteig

Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Installation de chantier et préparation des travaux	FFT	1	10 000,00 €	10 000,00 €
SOUS TOTAL				10 000,00 €
Scénario 3 : Conservation du lit actuel et suppression du seuil 3				
Effacement et évacuation du seuil 3	FFT	1	500,00 €	500,00 €
SOUS TOTAL				500,00 €
Divers et imprévus (10%)				1 050,00 €
TOTAL				11 550,00 €

Annexe 31 : Estimation financière pour l'option 1 du scénario 3 à Rosteig

S3 : option 1 : Retalutage des berges				
Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Démontage et remise en place des clôtures existantes y compris remise en état du terrain	FFT	1	500,00 €	500,00 €
Terrassement en déblai pour retalutage des berges et export des matériaux excédentaires	FFT	1	740,00 €	740,00 €
Divers et imprévus		10%		124,00 €
COUT SUPPLEMENTAIRE				1 364,00 €

Annexe 32 : Estimation financière pour l'option 2 du scénario 3 à Rosteig

S3 : option 2 : protection de berge				
Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Protection de berge en enrochements	FFT	1	10 000 - 20 000 €	10 000 - 20 000 €
COUT SUPPLEMENTAIRE				10 000 - 20 000 €

Annexe 33 : Estimation financière pour le traitement des balsamines

Traitement des Balsamines				
Nature des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total € HT
Fauche / 2 passages/ an sur 2 années	m ²	800	32	25 600,00 €
Fourniture et mise en œuvre de plantation de saules après traitement des balsamines	ml	120	20	2 400,00 €
Total (€ HT)				28 000,00 €

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) Ingénieur ENGEES

Spécialité Ecologie

Auteur Jules TURQUAIS

Année
2021

Titre

Etude pour le rétablissement de la continuité écologique sur le Mittelbach au Moulin d'Erckartswiller et sur le Schuesselthalbaechel au Moulin de Rosteig

Nombre de pages : 93 texte principal : 58 pages ; annexes : 33 annexes sur 23 pages

Nombre de références bibliographiques : 14

7. Structure d'accueil

Sinbio SCOP / Muttersholtz / France

Maître de stage Mathilde GOETSCH

Résumé

Etude préliminaire pour la restauration de la continuité écologique sur deux cours d'eau des Vosges du Nord :
Le Mittelbach : au cœur d'un conflit pour les usages de l'eau (alimentation du milieu naturel et respect du droit d'eau d'un moulin)

Le Schuesselthalbaechel, évoluant dans un milieu semi-naturel avec de nombreuses contraintes liées au terrain.

3 solutions techniques ont été proposées pour répondre aux problématiques de chaque site : notamment des renaturations du cours d'eau et des ouvrages de franchissement (pré-barrage).

Mots-clés

Restauration, cours d'eau, Vosges du nord, continuité écologique, droit d'eau, contraintes, Renaturation, pré-barrages