

ETUDE DE RENATURATION DES RUS MOISE ET NOIR



Phase 1

**Etude et diagnostic des cours d'eau, analyse de l'état initial
Elaboration des scénarii et synthèse multicritères**



Siège : 5 rue des Tulipes
67600 MUTTERSHOLTZ
Agence Ile de France : 19 rue Diderot
92 130 ISSY LES MOULINEAUX
Tel : 01. 60.83.08.54



SOMMAIRE

1.	Contexte et objectifs.....	5
1.1.	Rappel du contexte	5
1.2.	Rappel des objectifs attendus	5
2.	Etat des lieux.....	6
2.1.	Rappel concernant le statut des rus au niveau du SDAGE.....	6
2.2.	Présentation du bassin versant.....	6
2.3.	Rappel concernant les usages et les enjeux.....	7
2.4.	Les propriétaires	10
2.4.1.	Identification des propriétaires	10
2.4.2.	Synthèse des rencontres et carte.....	10
2.5.	Le ru Noir	14
2.5.1.	Diagnostic écologique du secteur d'étude.....	14
2.6.	Le ru Moise	14
2.6.1.	Diagnostic écologique du secteur d'étude.....	14
2.7.	Les ouvrages.....	15
2.7.1.	Les ouvrages du moulin du lieu Restauré	15
	• Schéma hydraulique	15
	• Les ouvrages.....	15
2.7.2.	La buse de franchissement du Noir sous la Moise (Annexe 4)	17
2.8.	Synthèse et schéma hydraulique de l'ensemble du secteur d'étude.....	18
2.9.	Analyses physicochimiques et hydrobiologiques	19
2.9.1.	Données issues de la campagne de 2013	19
2.9.2.	Résultats de la campagne réalisée par Aquabio (à venir)	20
2.10.	Peuplement piscicole	20
2.11.	Hydrologie.....	21
2.11.1.	Caractéristiques des débits.....	21
	• Débits mensuels moyens	21
	• Débits d'étiage	21
	• Crue	22
2.11.2.	Estimation des débits caractéristiques par extrapolation.....	22
2.11.3.	Débits caractéristiques des cours d'eau de référence.....	23
	En tenant compte des surfaces de bassin versant aux différents points du secteur d'étude, les débits caractéristiques calculés sont faibles.	24
	• Campagne de mesure réalisée en 2013	24

2.11.4.	Piézométrie	25
3.	Fondement de la renaturation et état de référence	26
3.1.	Topographie et modèle hydraulique	26
3.1.1.	Topographie	26
3.1.2.	Modélisation hydraulique.....	26
•	Nature et objectif du modèle	26
3.2.	Caractéristiques morphométriques	28
3.2.1.	Profil en long	28
3.2.2.	Gabarit et puissance spécifique	29
3.2.3.	Détermination de la puissance spécifique de la rivière.....	30
•	Rappel des formules de détermination de la puissance spécifique	30
3.2.4.	Tracé plan et sinuosité	31
•	Exploitation de documents anciens	31
•	Approche calculatoire.....	31
4.	Description des aménagements proposés	33
4.1.	Principes d'aménagements par secteur	33
4.2.	Les opérations communes à tous les secteurs	35
4.2.1.	Traitement sélectif de la végétation rivulaire et des embâcles	35
4.2.2.	Reprofilage des berges par modelage des matériaux vaseux.....	36
4.2.3.	Reprofilage des berges par déblai-remblai et création de banquettes en pied de berges 37	
4.2.4.	Diversification des berges par mise en place d'épis peignes	38
4.2.5.	Diversification du milieu par la création de mares	39
4.3.	Propositions d'aménagements spécifiques sur le secteur amont.....	40
4.3.1.	Scénario 1 : Aménagement d'un lit unique et répartition des débits.....	40
•	Principe (Annexe 6a).....	40
•	Gabarit et tracé du nouveau lit de la Moise	40
•	Devenir du lit du Noir.....	42
•	Création d'une portion de lit entre le PT20 et le PT19.....	42
•	Création d'une portion de lit entre le Noir et le Moise en amont de la STEP	43
•	Prise d'eau et connexion avec le bief (Annexe 6c et 6d).....	43
•	Aménagement de la zone de rejet végétalisée (ZRV)	44
•	Description des travaux.....	46
•	Coût du scénario	46
4.3.2.	Scénario 2 : Maintien d'une séparation des lits et alimentation du moulin par le Noir	47
•	Principe (Annexe 7).....	47
•	Désenvasement et diversification sur le Noir.....	47

• Aménagement du changement de lit entre le Noir et la Moise	48
• Travaux de diversification sur le ru Moise (idem scénario 1).....	49
• Aménagement de la zone humide aménagée (ZHA)	50
• Coût global du Scénario 2	52
4.4. Propositions d'aménagements sur le secteur médian (Annexe 8a)	53
4.4.1. Scénario 1 : Reprofilage et renaturation des berges du lit principal	53
• Principe	53
• Description et coût de l'aménagement	53
4.4.2. Scénario 2 : Aménagement des pieds de berges.....	54
• Principe	54
• Description et coût de l'aménagement	55
4.4.3. Propositions communes	56
• Aménagement du rejet de la conserverie (Annexe 6 a et 6c).....	56
• Epis peignes.....	56
• Remodelage et plantation des points de confluence avec les drains	56
• Coût global pour le secteur médian.....	58
4.5. Propositions d'aménagements sur le secteur aval (Annexe 9).....	59
4.5.1. Reprofilage du lit dans son tracé actuel	59
• Principe	59
• Description et coût de l'aménagement	59
4.5.2. Aménagements d'annexes hydrauliques.....	62
4.5.3. Aménagements de la confluence	62
• Coût global pour le secteur aval (hors aménagement de la confluence).....	63
4.6. Prix de l'aménagement global	64
5. Chiffrage des différents scénarii et comparaison.....	65
5.1. Tableau comparatif des scénarii	65
5.2. Comparaison des scénarii du secteur amont	66
5.3. Comparaison des scénarii du secteur médian	67
5.4. Comparaison des scénarii du secteur médian	68

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Rappel du contexte

Les rus Moise et Noir possèdent deux tracés bien distincts bien que relativement proches à certains endroits. En effet, leurs cours ont été modifiés par le passé, en particulier la Moise, pour assurer l'activité des moulins. Ce secteur de fond de vallée est actuellement utilisé pour la culture de peupliers.

Les rus appartiennent au bassin hydrographique de l'Automne. Le ru Noir est un affluent du ru Moise. Ce dernier conflue, par une brèche dans la digue, en rive gauche du ru de Russy, lui-même affluent de l'Automne.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la construction d'une nouvelle station d'épuration pour la commune de Vaumoise. L'actuelle n'étant pas fonctionnelle, elle a participé à la dégradation de la qualité des rus. L'opportunité de restaurer ces cours d'eau s'est donc présentée en vue d'atteindre les objectifs de « bon état écologique » du ru Moise fixé par la DCE. Cette renaturation devra permettre une amélioration **du transit piscicole et sédimentaire**, mais également un gain en termes de **qualité hydromorphologique** des cours d'eau.

Le ru **Noir** est actuellement l'**exutoire de la station d'épuration non fonctionnelle** de Vaumoise et du **rejet de la conserverie Bonduelle** de Russy-Bémont.

Le ru **Moise**, quant à lui, alimente des **étangs de pêche** en amont et le **moulin** du Lieu Restauré en aval de ce secteur. Ce dernier n'est plus en activité mais constitue un point de rupture en termes de continuité écologique. Le ru moise est donc **cloisonné** entre deux moulins sur près de 1900 mètres.

1.2. Rappel des objectifs attendus

L'objectif principal de l'étude est de définir un projet de **renaturation** des rus Noir et Moise permettant de :

- Décloisonner le ru Moise enclavé entre deux moulins, dont les ouvrages constituent un obstacle à la continuité écologique du ru
- Retrouver les fonctionnalités naturelles des rus en améliorant leurs qualités hydromorphologiques
- Maintenir une alimentation en eau du moulin du Lieu Restauré

L'objectif de la première phase de l'étude est de :

- Définir et analyser le fonctionnement hydromorphologique des rus sur ce secteur
- Mettre en évidence les dysfonctionnements existants (hydrauliques, morphologiques, écologiques)
- Proposer plusieurs scénarios de renaturation au comité de pilotage en confrontant leurs avantages et leurs inconvénients.

Enfin, lorsque les différents acteurs, COPIL et propriétaires seront d'accord sur un scénario global d'aménagement, en deuxième phase :

- Détailler au stade de projet le scénario retenu par le comité de pilotage en définissant les modalités de mise en oeuvre des travaux de renaturation.

2. ETAT DES LIEUX

2.1. Rappel concernant le statut des rus au niveau du SDAGE.

Le SDAGE et les textes d'application de la DCE (directive 2000/60/CE) ont conduit à la codification des masses d'eau (cours d'eau, lacs et nappes souterraines). Dans le cadre de cette codification, le ru Moise fait partie de la masse d'eau R225 – L'Automne du confluent de la Moise.

Le code attribué au Moise est le R225-H2146000 et le ru Noir a le statut de cours d'eau.

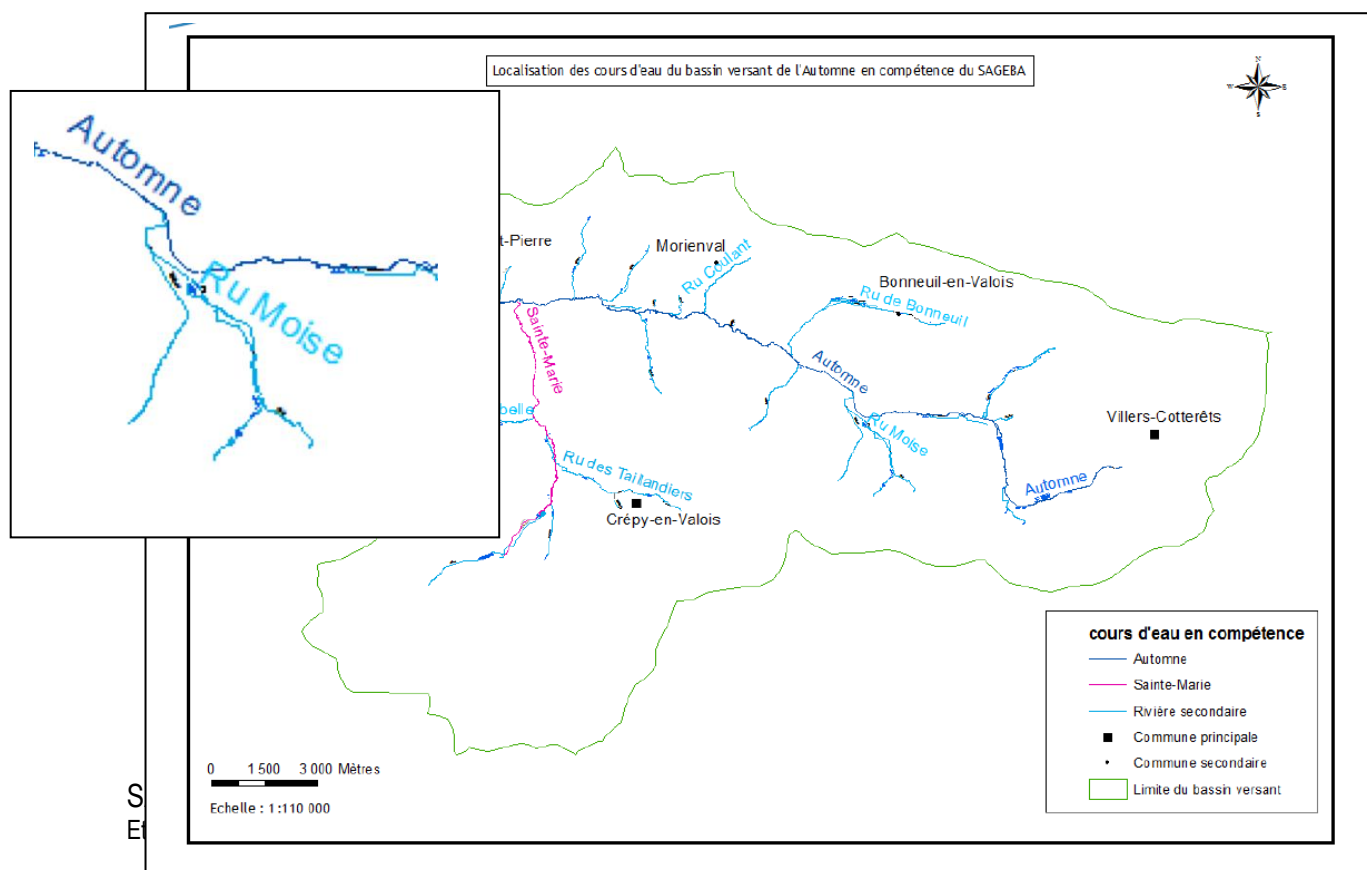
Cette étude fait suite à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) demandant l'atteinte du « bon état écologique » des masses d'eau – paramètre hydromorphologie (circulaire bon état du 28 juillet 2005). La transposition de cette directive en droit français, via l'ordonnance du 21 avril 2004, impose le « bon état » (écologique et chimique) des masses d'eau pour 2015, avec des dérogations possibles pour 2021 ou 2027 selon les objectifs définis dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

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

Les objectifs du ru Moise sont définis dans le SDAGE. L'atteinte du « bon état » a été reportée à 2021.

2.2. Présentation du bassin versant

Le bassin versant complet de la Moise et du Noir présente une superficie de 13.4 km² environ. Il culmine à 118 mètres d'altitude. Le ru Moise s'écoule au travers de ce bassin versant dans un axe Sud- Est vers Nord-Ouest et parcourt un linéaire de l'ordre de 25 km. La carte présentée ci-dessous permet d'illustrer le bassin versant global.



2.3. Rappel concernant les usages et les enjeux.

La popiluculture

La culture du peuplier est une contrainte importante pour l'aménagement des rus Moise et Noir. Sur la majorité du linéaire des cours d'eau, les rives sont occupées par des alignements de peupliers dont l'âge, l'état de santé et l'entretien est variable en fonction des parcelles et des propriétaires. L'ensemble des cultures est privé.

Sur la partie amont des rus, les peupliers sont adultes et peu entretenus. Ce manque d'entretien cumulé au fort envasement sur le ru Noir qui a modifié les conditions de développement (élévation du niveau d'eau) ont entraîné la mort d'une partie de la culture.

Sur la partie médiane à aval, parcelles de M. XXXXX, les peupliers sont jeunes et en bonne santé puisque le propriétaire a replanté l'ensemble de sa surface exploitable en 2012. Le propriétaire a profité du renouvellement de la peupleraie pour recréer le système de drainage des parcelles, des fossés de drainage ont été recrusés en arrête par rapport au ru Noir, qui sert de principal fossé drainant.

Les moulins et le patrimoine

Le moulin du Lieu Restauré est le moulin le plus impactant sur la zone d'étude puisqu'il est situé à l'aval. Il est alimenté par le ru Moise qui est par conséquent lentique et envasé sur plusieurs centaines de mètres (Longueur d'influence = 1340mètres).



Moulin vu de l'aval



Moise perchée en amont du moulin

Le Moulin du Lieu Restauré, propriété de M. XXXXX n'est pas représenté sur les cartes de Cassini mais le moulin est antérieur au 18^{ème} siècle, le deuxième droit d'eau, sur la Moise (le premier étant sur l'Automne) datant de 1832.



Carte de Cassini (18^{ème} siècle): Présence d'une retenue au niveau de l'emplacement du moulin



Carte d'état major (1824): Sous le trait rouge, peut être un bras représentant la dérivation de la Moise vers le moulin

La famille XXXXX, propriétaire depuis le début du XXème siècle a transformé le moulin en scierie et apporta un appoint hydraulique en détournant une partie de l'Automne via un bief se situant derrière la propriété, aujourd'hui comblé.

La station d'épuration de Vaumoise

Une station est actuellement en construction sur la commune de Vaumoise, cette dernière traitera les eaux usées de la commune qui possède un réseau séparatif. Les eaux seront rejetées dans le ru Noir comme c'est le cas aujourd'hui. Il est important de souligner qu'actuellement et depuis plus de 10 ans, les eaux usées de la commune sont envoyées à la STEP de Vaumoise qui dysfonctionne et sont directement rejetées dans le ru, ce qui a engendré une dégradation importante du milieu physique par pollution et envasement.

Objectifs de la station :

- Débit moyen du rejet de station : 195 m³/j soit 2.25l/s
- Capacité de traitement : 1 300 EH

Niveau de qualité de l'eau que l'on peut attendre après traitement :

Les normes de rejet à respecter pour la station de traitement des eaux usées de Vaumoise, prévue pour traiter une charge brute maximale de pollution organique de 78 kg par jour de DBO₅, sont :



STEP en construction

Paramètres	Concentration (mg/l)	Rendement
DBO ₅	25	90%
DCO	90	85%
MES	30	93%
NH ₄	15	70%
Ptot	2	80%

La conserverie Bonduelle et son rejet dans le ru Noir

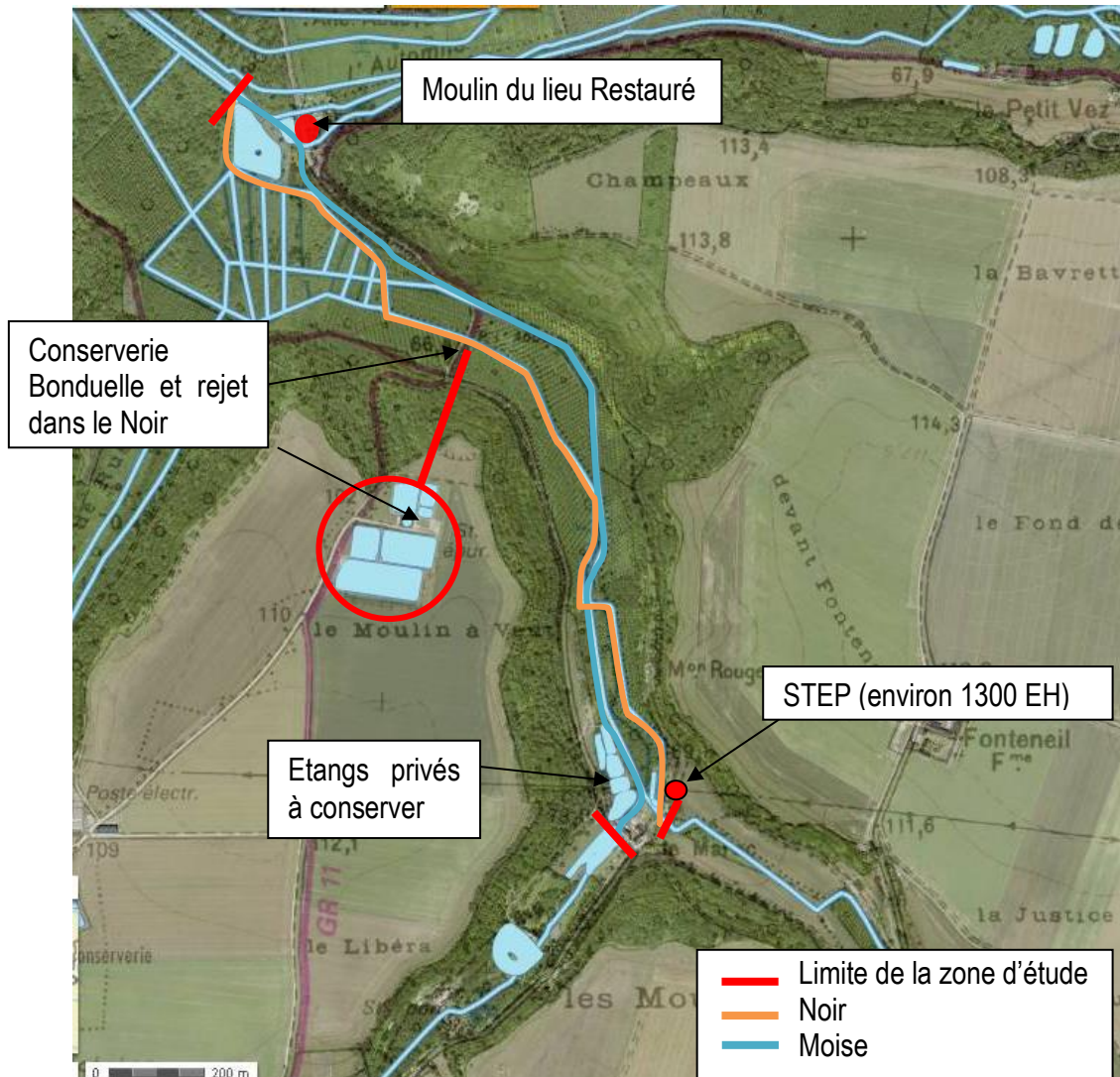
La conserverie Bonduelle située sur la commune de Vaumoise rejette les eaux de lavage des légumes après traitement dans le ru Noir en amont immédiat du pont de l'Abbé.

Les eaux ne sont pas fortement impactées par l'activité puisque l'utilisation ne consiste qu'au lavage des légumes et que l'usine possède sa propre filière de traitement bactériologique.

Le régime de rejet est saisonnier, en lien avec la production agricole, la période Mai-Octobre est la plus intense avec un débit de rejets journaliers autorisé de 1500m³/j et la période Novembre – Avril, plus calme, avec un rejet en moyenne de 250m³/j. Il est à noter que l'usine présente un bassin de stockage utilisé pour réguler le débit de rejets, des analyses journalières sont réalisées pour contrôler la qualité du rejet.

L'arrêté d'autorisation impose à l'usine de rejeter les eaux traitées dans le ru Noir afin d'améliorer les eaux de celui-ci plutôt que de les utiliser à des fins agricoles.

Le rejet au niveau du ru est constitué d'une canalisation de 30cm de diamètre situé 1.35m au dessus du niveau du lit. Cependant, la chute ne crée pas de désordre particulier sur la berge, celle-ci étant empierrée mais plutôt un stress hydraulique local lié à la variation de débit et aux turbulences.



2.4. Les propriétaires

2.4.1. Identification des propriétaires

Les propriétaires et leurs coordonnées sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

NOM	PRENOM	ADRESSE	Commentaires
XXXXX			Propriétaire des jeunes peupleraies sur les rus Moise et Noir
XXXXX			Propriétaire des anciennes peupleraies en rive droite du ru Noir
XXXXX			Propriétaire en rive gauche du ru Noir
XXXXX			Propriétaire du moulin du Lieu Restauré sur le ru Moise
XXXXX			Propriétaire du moulin de Pont l'Abbé et des étangs de pêche sur le ru Moise

2.4.2. Synthèse des rencontres et carte

M. XXXXX (rencontre le 07/12/14 à 10h)

M. XXXXX est propriétaire du Moulin situé en amont de la zone d'étude, le moulin n'est aujourd'hui plus en activité mais les plans d'eau servent d'agrément et de loisir pour la pêche (étangs à poissons).

-Échange de document, M. XXXXX présente l'étude physico-chimique qu'il a réalisé à ses frais mettant en avant la mauvaise qualité de l'eau sur le Ru Noir et les problèmes liés aux rejets des eaux non traitées (pollution, envasement).

M. XXXXX possède un règlement d'eau présentant la situation du moulin et les droits d'eau de ce dernier. Les plans présentés font apparaître une chute de 4.5m.

M. XXXXX fait part de son préjudice causé par le rejet des eaux usées non traitées dans le ru Noir, qui se rejettent par plusieurs brèches dans le ru Moise qui passe dans sa propriété créant des nuisances importantes (pollution des terrains et forte odeur de matière en décomposition).

M. XXXXX insiste sur sa volonté que le ru Noir soit isolé du Ru Moise afin de préserver la qualité de l'eau qui coule dans sa propriété. Il fait part de son implication dans le projet de la station d'épuration de Vaumoise.

M. XXXXX (rencontre le 07/12/14 à 11h30)

M. XXXXX est propriétaire des parcelles en rive droite du Ru Noir, voir plan parcellaire. Il est agriculteur et exploite du blé jusqu'en limite de la parcelle de la STEP de Vaumoise.

La parcelle communale de la STEP de Vaumoise avait été historiquement vendue par le père de M. XXXXX à la commune dans les années 70.

M. XXXXX expose le problème annexe d'évacuation des eaux de drainage entre sa parcelle cultivée et la station d'épuration. Les drains débouchent sur une tranchée non reliée au cours d'eau ce qui crée un fossé d'eau stagnante en période de pluie.

Un tour de la parcelle de M. XXXXX est effectué, celui-ci donne à connaître sa connaissance du site :

- Présence d'une source servant anciennement d'abreuvoirs
- Présence de nombreux drains en arrête de poissons se jetant dans le ru Noir

- La parcelle de M. XXXXX est plantée de peupliers, une partie des arbres est morte du fait du rehaussement des niveaux d'eau dans le ru Noir, consécutif au comblement progressif de ce dernier. Les rejets d'eaux non traitées n'arrangent pas leurs états de santé.

SINBIO expose les possibilités d'aménagement sur le site et notamment la possibilité de rassembler les cours d'eau, ceci est bien reçu par M. XXXXX qui sera peu impacté par le projet.

M. XXXXX (rencontre le 07/12/14 à 13h30)

M. XXXXX est le propriétaire majoritaire sur la zone d'étude, il exploite les parcelles par la culture des peupliers et a planté en 2012 sur l'ensemble de son terrain.

Une visite de la parcelle est faite en partant du pont pour remonter jusqu'à la limite amont de la parcelle. M. XXXXX explique l'histoire de ses parcelles qu'il a achetées dans les années 70 à M. XXXXX, grand-père de M. XXXXX, actuel propriétaire du moulin de lieu Restauré. Depuis son acquisition et même avant, la parcelle a toujours été exploitée pour la culture du peuplier. Les plantations réalisées sont la 3^{ème} génération des peupliers exploités par M. XXXXX qui n'a pas modifié le système de drainage existant depuis son acquisition. Il a réalisé un curage des drains et des différents bras lors des derniers travaux de plantations en respectant le tracé des fossés existants. Les fossés sont nets mais se sont bien végétalisés depuis les travaux faisant apparaître des héliophytes dans leurs fonds.

La visite fait apparaître 3 fossés principaux :

- Le lit de la Moise qui se perche progressivement
- Un fossé en contrebas immédiat du bief de la Moise
- Le lit du Noir qui passe sous le Moise sur la partie amont de la propriété et qui reste ensuite en dans le talweg
- Plusieurs fossés en arêtes de poissons viennent drainés les eaux vers le Noir.

Concernant le passage du Noir sous la Moise, M. XXXXX explique que cela avait été mis en place par M. XXXXX afin de préserver la qualité des eaux de la Moise venant vers le moulin.

En effet, jusqu'en 2000, une usine de sucrerie rejetait de la mélasse dans le ru Noir polluant les eaux et leur donnant une couleur foncée, ce qui expliquerait le nom du « ru Noir ». Afin d'isoler le Moise et de percher le lit de ce dernier, une buse a été mise en place permettant de faire passer le Noir sous le terrain naturel sans échange avec la Moise.

M XXXXX explique ses relations assez tendues avec le SAGEBA et la police de l'eau, qui font suite aux plantations et aux travaux de curage. Les curages sont (selon M. XXXXX) à réaliser de façon systématique lors de nouvelles plantations, c'est-à-dire environ tout les 25ans.

M. XXXXX est opposé à la modification du tracé de la Moise et à la modification de ses plantations. Cependant, il est favorable à une modification du croisement des rus et à une simplification sur la partie amont. Une modification du profil des rus dans leurs tracés actuels pourrait être envisageable.

Sur le sujet, M. XXXXX a effectué des comblements de terriers sur le ru Moise dans sa partie perchée afin d'assurer un maintien du niveau d'eau et l'alimentation du Moulin. M. XXXXX accepte **d'envisager des travaux dans sa parcelle à condition de maintenir l'alimentation du moulin de M. XXXXX avec qui il entretient de très bonnes relations.**

M. XXXXX (rencontre le 07/12/14 à 15h)

M. XXXXX est propriétaire du moulin du lieu Restauré, le moulin est propriété familiale depuis son grand-père qui utilisait la force de l'eau pour la scierie. Initialement le moulin était alimenté par les eaux de

l'Automne dont le bief d'alimentation a été comblé, le moulin n'est aujourd'hui plus en activité et est alimenté par les eaux de la Moise.

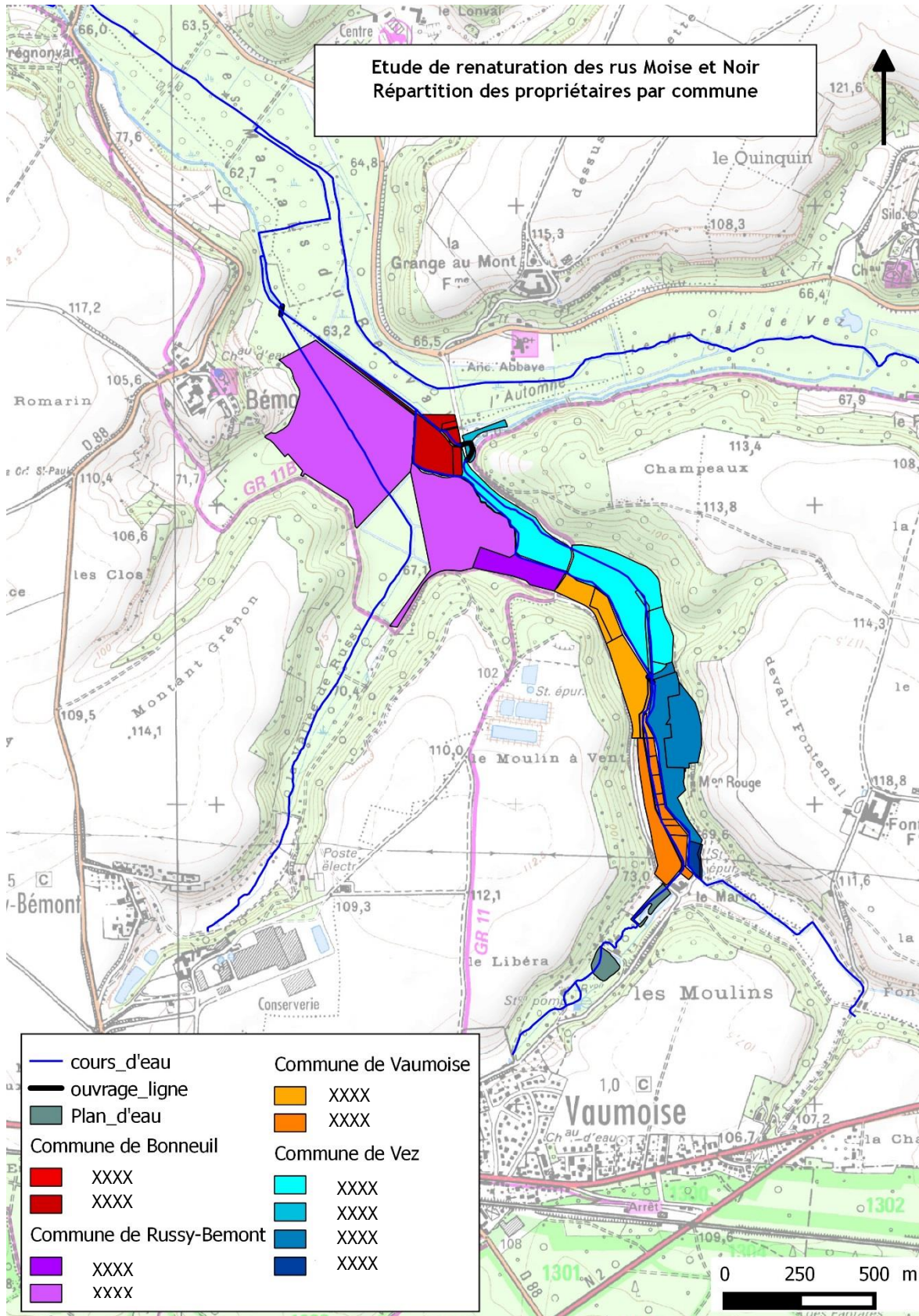
M. XXXXX utilise toujours la chute et la rotation de la turbine pour faire tourner un moulin à prière. L'agrément créé par l'alimentation du moulin est fort pour M. XXXXX, qui serait favorable à l'idée d'une restauration des cours d'eau à condition de pouvoir garder une alimentation suffisante de son moulin.

SINBIO expose la possibilité de maintenir une alimentation gravitaire de son moulin par un ouvrage de régulation sur le secteur où les rus se croisent.

M. XXXXX fait visiter à SINBIO les différentes parties de son moulin.

M. XXXXX (rencontre le 07/12/14 à 15h)

M. XXXXX est propriétaire des parcelles situées sur la partie aval en rive gauche du ru Noir, il est également membre du comité syndical du SAGEBA. M. XXXXX n'ayant pas d'activité particulière sur ces parcelles hormis la chasse occasionnellement, il est favorable à la modification du tracé et du gabarit du Noir, si cela apporte une plus value écologique.



Carte des propriétaires et synthèse des rencontres

2.5. Le ru Noir

2.5.1. Diagnostic écologique du secteur d'étude

Se référer aux fiches tronçons No1, No2 et No3 en Annexe 3

2.6. Le ru Moise

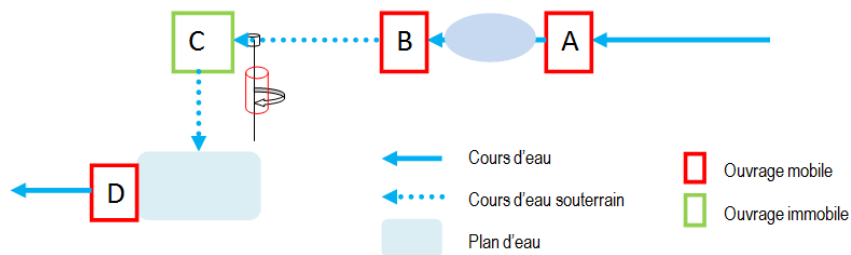
2.6.1. Diagnostic écologique du secteur d'étude

Se référer aux fiches tronçons Mo1, Mo2 et Mo3 en Annexe 3

2.7. Les ouvrages

2.7.1. Les ouvrages du moulin du lieu Restauré

- Schéma hydraulique



- Les ouvrages

A : Dégrilleur et passage sous la route

Etat : Médiocre

Manœuvrabilité : pas possible



Vue amont de l'ouvrage



Vue aval de l'ouvrage

Les eaux de la Moise passent par le dégrilleur puis sous la route pour arriver directement dans la propriété de M. XXXXX.

B : Seuil de contrôle du niveau du bief (Annexe 6c)

Localisation : X(L93) : 698550.639 Y(L93) : 6906339.433 Zcrete : 67.05mNGF

Propriétaire : M. XXXXX



Seuil B : vue amont

Le seuil B contrôle le niveau d'eau dans le bief, en aval l'écoulement s'accélère, passe dans une canalisation de diamètre 0.35m jusqu'à l'ancienne vannage de répartition où se trouve le vannage C. La maçonnerie du seuil est en bon état.

Dimensions :

Largeur = 0.5m (Voir plan Annexe 6c Ouvrage du moulin du Lieu Restauré)

Hauteur d'eau sur le déversoir : Heau = 0.2m

C : Vannage du moulin et moulin à prière

Localisation : X(L93) : 698542.898 Y(L93) : 6906389.740

Propriétaire : M. XXXXX

Etat global : Correct

Maçonnerie : Correct

Vantellerie : Médiocre

Manœuvrabilité : Correct

Dimensions des vannes :

Largeur totale = 3m

Hauteur des pelles = 1.15m

Photos



Deux vannes à crémaillère C



Chambre de répartition et arbre de transmission du moulin à prière



Sortie de la canalisation sur la microturbine *

Commentaire :

A la sortie de la canalisation, l'écoulement chute de quelques dizaines de cm sur une microturbine qui entraîne un arbre de transmission faisant lui-même tourner le moulin à prière qui se trouve à l'emplacement de l'ancienne roue du moulin.

L'intégralité du débit de la Moise passe par le vannage de régulation.

D : Seuil de retenue en aval du moulin

Localisation : X(L93) : 698476.766 Y(L93) : 6906427.140

Propriétaire : M. XXXXX

Etat global : Médiocre

Maçonnerie : Médiocre

Batardeaux : Médiocre



Vue aval de l'ouvrage



Vue amont de l'ouvrage

Commentaire : Le seuil D sert donc à rehausser la lame d'eau en aval du moulin afin de maintenir le plan d'eau aval au niveau des hauts de berges. Situé sur la Moise, le seuil génère une chute de 0.3m infranchissable mais le Moise n'est de toute façon pas un axe de circulation piscicole de par la présence du moulin 30 mètres en amont.

2.7.2. La buse de franchissement du Noir sous la Moise (Annexe 4)

Etat global : Correct

Manœuvrabilité : pas d'ouvrage de manoeuvre

Localisation : X(L93) : 699165.413 Y(L93) : 6905597.927

Propriétaire : M. XXXXX

Dimensions : Longueur = 22m Diamètre = 0.7m



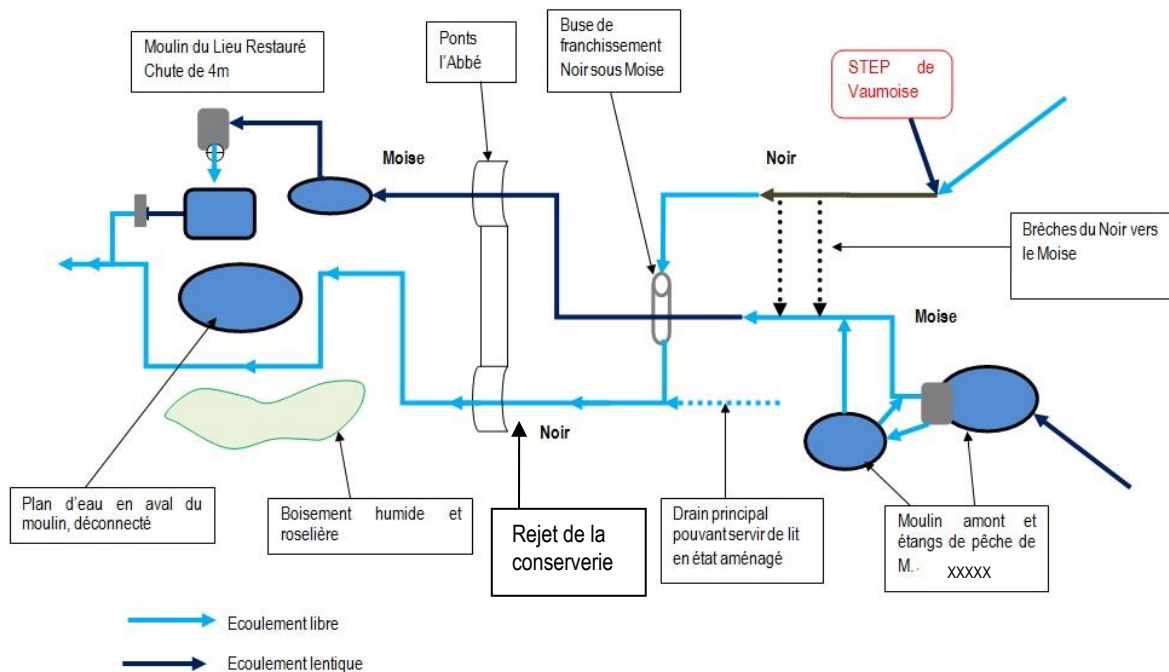
Vue amont de l'ouvrage



Vue aval de l'ouvrage

Commentaire : La buse permet le franchissement de la Moise au dessus du Noir afin de permettre leur écoulement jusqu'au moulin. La buse est ancrée par un rideau de palplanches à l'amont. Au vu de ses dimensions et de la pente du cours d'eau, sa capacité hydraulique est de l'ordre de m³/s. La buse est infranchissable par les espèces cibles du fait de sa longueur.

2.8. Synthèse et schéma hydraulique de l'ensemble du secteur d'étude

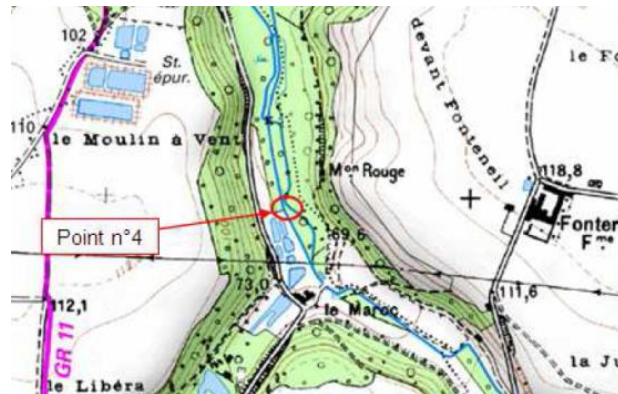


2.9. Analyses physicochimiques et hydrobiologiques

2.9.1. Données issues de la campagne de 2013

Physico-chimie

La station de mesure était localisée sur le ru Moise dans sa partie amont (propriété de M. XXXXX), en amont des brèches venant du Noir vers la Moise et polluant ce dernier.



Eléments de qualité et paramètres mesurés	Unité	Dates de prélèvement		Etat 2013
		26/04/2013	25/07/2013	
Etat de l'Oxygène				
Oxygène dissous	mg O2/l	7,9	6	
Taux de saturation O2	%	79,3	66,1	
DBO5	mg O2/l	2,6	4	
Carbone organique dissous	mg C/l	2,2	3,2	
Température				
Température de l'eau	°C	14,8	20	
Nutriments				
Orthophosphates	mg PO4/l	< 0,015	<0,015	
Phosphore total	mg P/l	< 0,01	0,02	
Ammonium	mg NH4/l	0,06	0,13	
Nitrates	mg NO3/l	22	16,1	
Nitrites	mg NO2/l	0,08	0,21	
Acidification				
pH	unités pH	7,8	7,67	
Etat physico-chimique 2013				
Biologie (IBG-DCE)	Note /20	/	8	
Etat écologique 2013				

Altération et paramètres mesurés	Unité	Dates de prélèvement		Qualité 2013
		26/04/2013	25/07/2013	
MOOX				
DCO	mg O2/l	8	9	
AZOT				
Azote Kjeldahl	mg N/l	< 0,5	0,8	
NITR				
Nitrates	mg NO3/l	22	16,1	
PAES				
Matières en suspension	mg/l	9,1	6	
MINE				
Conductivité corrigée à 25°C	µS/cm	657	660	
Qualité de l'eau (SEQ-EAU V2)				

Le Ru de Moise affiche un état écologique médiocre en raison de l'hydrobiologie, la valeur de l'IBG-DCE étant de 8/20, soit une qualité biologique médiocre. La station présente un état physico-chimique moyen lié au taux de saturation en oxygène du 25 juillet 2013, les autres paramètres affichant une classe de qualité bonne à très bonne pour les deux campagnes de prélèvement. Le faible taux d'oxygène mesuré lors de la campagne de juillet peut être ponctuel et lié aux étangs situés en amont.

Hydrobiologie

Cours d'eau	Ru de Moise
Numéro station	Station 4
Nom station	Ru de Moise
Date de prélèvement	25/07/2013
Variété taxonomique	18
Taxon(s) du Groupe Indicateur (GI)	3
Groupe Indicateur (GI)	<i>Hydropsychidae</i>
IBG-DCE max	11
IBG-DCE (/20)	8
IBG-DCE min	7
% de GOLD	48,60%
% d'EPT	2,10%
Indice de Shannon (H)	1,77
Indice de Simpson (S)	0,38
Coefficient morphodynamique (m) (/20)	9,48
Complexité de la mosaïque (H')	1,1
Fragilité de la mosaïque (F)	0,46

La qualité biologique médiocre du Ru de Moise le 25 juillet 2013 est issue d'une variété taxonomique faible (18 taxons prélevés et $H=1,77$) et de l'absence de taxons polluosensibles (GI de niveau 3 représenté par les trichoptères *Hydropsychidae*). Néanmoins, un individu *Ephemera* de groupe indicateur de niveau 6 est présent en phase B mais en quantité insuffisante pour être retenu dans le calcul de la note.

Deux individus supplémentaires auraient permis un IBG-DCE de 11/20

Le pourcentage relativement élevé de GOLD (48,6%) témoigne d'une perturbation trophique et organique du milieu. Cette composition du peuplement est également liée à des habitats peu biogènes ($m=9,48$), le Ru de Moise étant un cours d'eau très lent et envasé, ce qui ne permet pas le maintien de taxons sensibles généralement rhéophiles. L'analyse de la mosaïque des habitats décrit un environnement moyennement diversifié ($H'=1,1$) et moyennement stable ($F=0,46$) en 2013.

2.9.2. Résultats de la campagne réalisée par Aquabio (à venir)

La campagne de mesures physico chimiques sera réalisée le 10 avril 2015. Une pêche électrique sera également réalisée en aval sur le ru Noir, celle-ci sera légèrement différée, mois de juin.

2.10. Peuplement piscicole

L'Automne et la Sainte-Marie sont classés en 1^{ère} catégorie piscicole avec les espèces représentatives suivantes : la truite fario, le chabot, la loche franche, le vairon, le goujon, le gardon, l'anguille, l'épinoche et l'épinochette.

Les rus Moise et Noir sont donc également en 1^{ère} catégorie mais aucun recensement n'a encore été effectué.

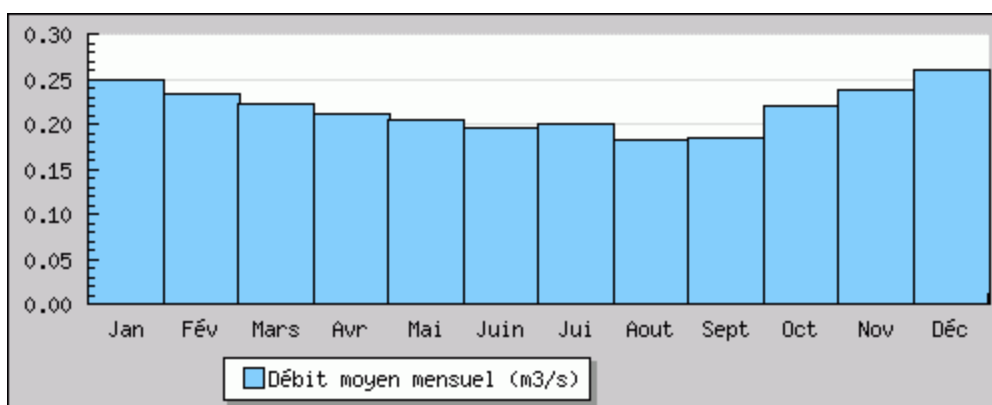
La mauvaise qualité de l'eau du ru Noir, le manque d'habitats (envasement important, peu de cache car peu de végétation en pied de berge) et les obstacles sur la Moise ne permettent pas d'envisager le développement d'un peuplement piscicole aujourd'hui. Lors du parcours diagnostique des rus et des relevés topographiques, aucun poisson n'a été observé. La pêche électrique qui sera réalisée par Aquabio en juin 2015 sur le tronçon No2, secteur présentant le meilleur potentiel devrait confirmer cette hypothèse.

2.11. Hydrologie

2.11.1. Caractéristiques des débits

Aucune station hydrométrique n'étant disponible sur le bassin versant, les débits ont été caractérisés par exploitation des données hydrologiques disponibles sur les bassins versants proches et disposant de contextes topographiques et altimétriques équivalents. En particulier, une station hydrométrique est active sur l'Automne à Vauciennes, secteur très proche du secteur d'étude et qui présente donc une forte corrélation hydrologique avec le bassin du Moise et Noir. Cette station sert donc de référence pour le calcul des débits.

- **Débits mensuels moyens**



Les variations de débits sur l'Automne à Vauciennes sont faibles sur cette partie du bassin versant avec une amplitude de débits de +/- 0.05l/s soit +/- 22% par rapport au module interannuel. Pour l'Automne, le module interannuel moyen est de **0,222 m³/s** à Vauciennes.

Ces faibles variations de débits s'expliquent par le fait que l'Automne, comme les rus Moise et Noir sont alimentés essentiellement par la nappe phréatique ce qui tamponne les fluctuations.

- **Débits d'étiage**

Les valeurs mesurées par la station de Vaucienne montre que les étiages ne sont pas très sévères sur le bassin amont de l'Automne et donc sur les rus Moise et Noir. Le QMNA-5 s'approche du module interannuel: les variations de débits observées dans la rivière sont faibles entre les périodes d'étiage et les périodes « moyennes ».

Cependant, les échanges avec les propriétaires riverains nous ont interpellés sur des périodes d'assecs estivaux qui tempèrent les résultats plutôt optimistes de la station hydrométrique de Vaucienne. Les résultats des études piézométriques montrent que la nappe est particulièrement basse depuis quelques années, ce qui explique en partie ces phénomènes d'assecs estivaux.

- **Crue**

Les crues survenues sur le bassin ont engendré peu de dégâts sur les biens et les personnes, c'est pourquoi elles n'ont pas marqué la mémoire collective.

Entre 2000 et 2010, les débits journaliers de crue n'ont cependant jamais atteint une période de retour biennale. (Source : révision du SAGE de l'Automne - phase 1 - 2011).

Pour ce qui est des débits instantanés de crue, les résultats de leur analyse sur la période 2000-2010 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Stations	DÉBITS INSTANTANÉS DE CRUE (m ³ /s)										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vauciennes (Automne)	2,07	3,00	2,09	1,53	1,63	1,13	1,91	2,19	1,24	1,05	1,45
Saintines (Automne)	6,40	7,53	7,08	7,12	6,28	4,01	-	5,68	3,92	5,26	6,89
Glaignes (Sainte-Marie)	-	-	3,03	3,13	2,09	1,86	2,24	1,87	1,42	1,73	2,24

	Période de retour 2 ans
	Période de retour 5 ans
	Période de retour 10 ans
	Période de retour 20 ans
	Période de retour 50 ans

Sur le Moise et le Noir, les témoignages des propriétaires riverains ne font pas non plus mention de crues ayant engendré des dégâts matériels.

2.11.2. Estimation des débits caractéristiques par extrapolation

Afin d'effectuer une comparaison avec d'autres cours d'eau du département, l'extrapolation a été menée à partir d'autres stations situées sur des points de bassins versants drainants des surfaces du même ordre.

Le choix des cours d'eau de référence

Les critères retenus étaient :

- de présenter un bassin versant de taille acceptable (entre 10 et 100 km²),
- d'être situés dans le département.

L'ensemble des cours d'eau répondant à ces conditions et disposant de données viables de leurs débits caractéristiques (banque hydro) a été retenu.

Cinq cours d'eau ont ainsi été recensés :

Cours d'eau	Station hydro	BV (km ²)
La Divette	Passel	72
La Sainte-Marie	Glaignes	99
L'Avelon	Goincourt	172
La Launette	Ver sur Launette	41
L'Automne	Vauciennes	33

2.11.3. Débits caractéristiques des cours d'eau de référence

Pour chaque cours d'eau, les valeurs de Q₂, Q₁₀, Q₅₀ ainsi que les données concernant QMNA* et QMNA5** ont été analysées.

* : QMNA : débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A) ou débit minimum mensuel

** : QMNA5 : débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A) d'une fréquence de retour de 5 ans (débit minimum mensuel observé une année sur 5).

Le tableau suivant reprend ces différentes valeurs :

Cours d'eau	Station hydro	BV (km ²)	QMNA5 (m ³ /s)	Q _{mod} (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
La Divette	Passel	72	0.14	0.37	1.7	2.5	3	4.1
La Sainte-Marie	Glaignes	99	0.41	0.71	1.4	1.6	1.8	X
L'Avelon	Goincourt	172	0.29	1.1	5.3	6.9	8	10
La Launette	Ver sur Launette	41	0.36	0.121	0.94	1.4	1.7	2.4
L'Automne	Vauciennes	33	0.12	0.22	0.87	1.1	1.2	1.6

Les débits caractéristiques sont appréhendés par le formule $Q_1/Q_2 = (S_1/S_2)$. La surface du bassin versant des rus Moise et Noir à la confluence est de 13.4km², les débits y sont estimés en faisant la moyenne des extrapolations sur les cours d'eau retenus :

Cours d'eau	Station hydro	BV (km ²)	QMNA5 (m ³ /s)	Q _{mod} (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
La Divette	Passel	13.4	0.03	0.07	0.32	0.47	0.56	0.76
La Sainte-Marie	Glaignes	13.4	0.06	0.10	0.19	0.22	0.24	
L'Avelon	Goincourt	13.4	0.02	0.09	0.41	0.54	0.62	0.78
La Launette	Ver sur Launette	13.4	0.036	0.04	0.31	0.46	0.56	0.78
L'Automne	Vaucienne	13.4	0.05	0.09	0.35	0.45	0.49	0.65
Moise et Noir à la confluence	-	13.4	0.05	0.09	0.32	0.42	0.49	0.74

Les rus étant en partie différenciés sur leurs tracés, au moins en amont du secteur d'étude, il convient de faire une estimation des débits de chacun des rus en différents points du bassin versant.

Cours d'eau	Secteurs	BV (km ²)	Q _{MNA5} (m ³ /s)	Q _{mod} (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
Moise et Noir	Confluence	13.4	0.05	0.09	0.32	0.42	0.49	0.74
Moise	Amont du secteur d'étude : PT26	2.5	0.009	0.017	0.060	0.078	0.091	0.138
Noir	Amont du secteur d'étude : PT26	3.8	0.014	0.026	0.091	0.119	0.139	0.210
Moise	Secteur médian : PT9	2.8	0.010	0.019	0.067	0.088	0.102	0.155
Noir	Secteur médian : PT9	5.5	0.021	0.037	0.131	0.172	0.201	0.304

En tenant compte des surfaces de bassin versant aux différents points du secteur d'étude, **les débits caractéristiques calculés sont faibles.**

- **Campagne de mesure réalisée en 2013**

Première comparaison

Une campagne de mesure a été réalisée en 2013 par Eurofins Expertises Environnementales dans le cadre des analyses physico-chimiques et biologiques sur certains cours d'eau du bassin de l'Automne en 2013. Les mesures de débits réalisées sur les cours d'eau du bassin montrent une corrélation avec des valeurs qui suivent une même tendance. La station de mesure sur le ru Moise se trouvait dans la propriété de M. XXXXX en aval des étangs. Les résultats des mesures de débit sont les suivants :

	Campagne d'avril	Campagne de juillet
l'Automne à Fresnoy	0,606	0,376
l'Automne à Orrouy	0,724	0,536
L'Automne à Bethisy-St-M	1,671	1,028
l'Automne à Saintines	1,9	1,1
Ru de Bonneuil	0,049	0,029
Ru de Baybelle	0,012	0,011
Ru de Douye	0,042	0,019
ru de Moise	0,055	0,026

Résultats des mesures de débits sur le BV de l'Automne

Rappel des débits caractéristiques calculés :

Cours d'eau	Station hydro	BV (km ²)	Q _{MNA5} (m ³ /s)	Q _{mod} (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
Moise et Noir à la confluence (m ³ /s)	-	13.4	0.05	0.09	0.32	0.42	0.49	0.74
Moise + Noir au point de mesure (m³/s)	-	6.3	0.026	0.042	0.150	0.197	0.230	0.348

Si on en croit les débits caractéristiques extrapolés, les débits mesurés correspondaient à des débits faibles à moyens. La mesure de juillet est légèrement supérieure à Q_{mna5} et la mesure d'avril est légèrement inférieure au module à la confluence.

Les mesures sur la Moise ont été réalisées le 26/04/2013 et le 25/07/2013, les débits mesurés les même jours sur l'Automne à la station de Vauciennes étaient les suivants :

- $Q_{26/04/13} = 0.122 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{25/07/13} = 0.097 \text{ m}^3/\text{s}$

débits classés - données calculées sur 9720 jours

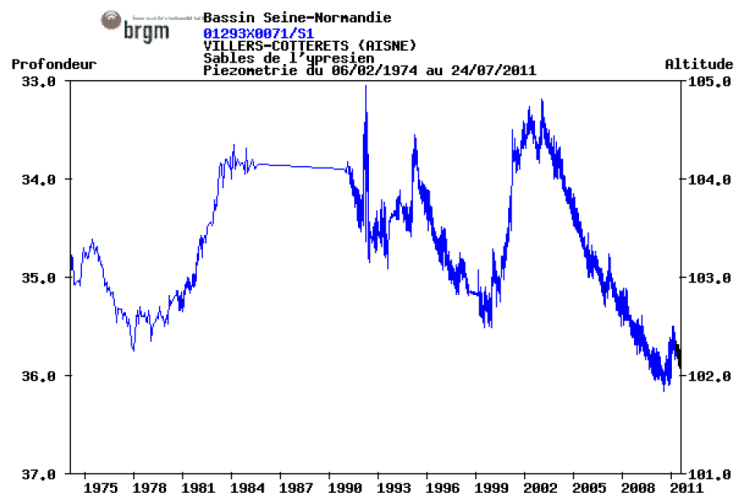
fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	0.679	0.561	0.420	0.332	0.272	0.237	0.210	0.186	0.167	0.153	0.138	0.121	0.110	0.097	0.088

Les débits mesurés correspondent d'après l'hydrologie statistique de l'Automne en ce point du BV à des débits faibles, égaux ou inférieurs à Q_{mna5} . Les débits caractéristiques sont donc proportionnellement plus élevés (pour le débit modulair) sur l'Automne que sur le Moise. La gamme de débits calculée reste cependant plutôt convaincante.

Une analyse statistique similaire des mesures de débits qui seront réalisés par Aquabio en avril 2015 permettra de valider définitivement les débits caractéristiques calculés dans ce chapitre.

2.11.4. Piézométrie

Il ne faut pas négliger l'influence de l'évolution des niveaux de la nappe phréatique sur ces débits, la figure suivante montre l'évolution du niveau piézométrique de la nappe des sables Yprésien à Villers-Cotterêts.



De 1974 à 1999, l'évolution de la nappe des sables du Cuisien à Villers-Cotterêts montre plusieurs grands cycles de stockage et de déstockage pluriannuels, mais les variations saisonnières sont très estompées en raison de possibilités de drainage interne réduites.

De 2000 à 2011, on observe une période de très hautes eaux en 2001, 2002 et 2003 suivie d'une baisse importante des niveaux d'eau et d'une très faible recharge de la nappe au cours des hivers 2004 à 2009 entraînant un niveau de très basses eaux au cours de l'été 2010. Au cours de l'hiver 2010-2011, le niveau d'eau est légèrement remonté mais reste en position de basses eaux. (Source : révision du SAGE de l'Automne - phase 1 - 2011)

3. FONDEMENT DE LA RENATURATION ET ETAT DE REFERENCE

La prise en compte d'un objectif de restauration et d'amélioration de la qualité hydro-écologique du cours d'eau implique la définition d'un état de référence morpho dynamique permettant de cerner la morphologie du lit, telle qu'elle serait observée en l'absence de perturbation d'origine anthropique.

3.1. Topographie et modèle hydraulique

3.1.1. Topographie

Des relevés topographiques ont été réalisés par SINBIO et achevés en janvier 2015. Ces relevés sont constitués de 25 profils en travers reliant les deux lits mineurs et majeurs et intégrant les éléments secondaires drains / lit secondaires / brèches... Les relevés comprennent également les levés des deux ouvrages de franchissement présentés au paragraphe 2.8.

Les plans et coupes des ouvrages sont présentés dans les annexes Etats des Lieux 4, 5 et 6.

3.1.2. Modélisation hydraulique

- **Nature et objectif du modèle**

Les relevés topographiques servent à la construction d'un modèle hydraulique réalisé sur le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) qui a été développé au Hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers.

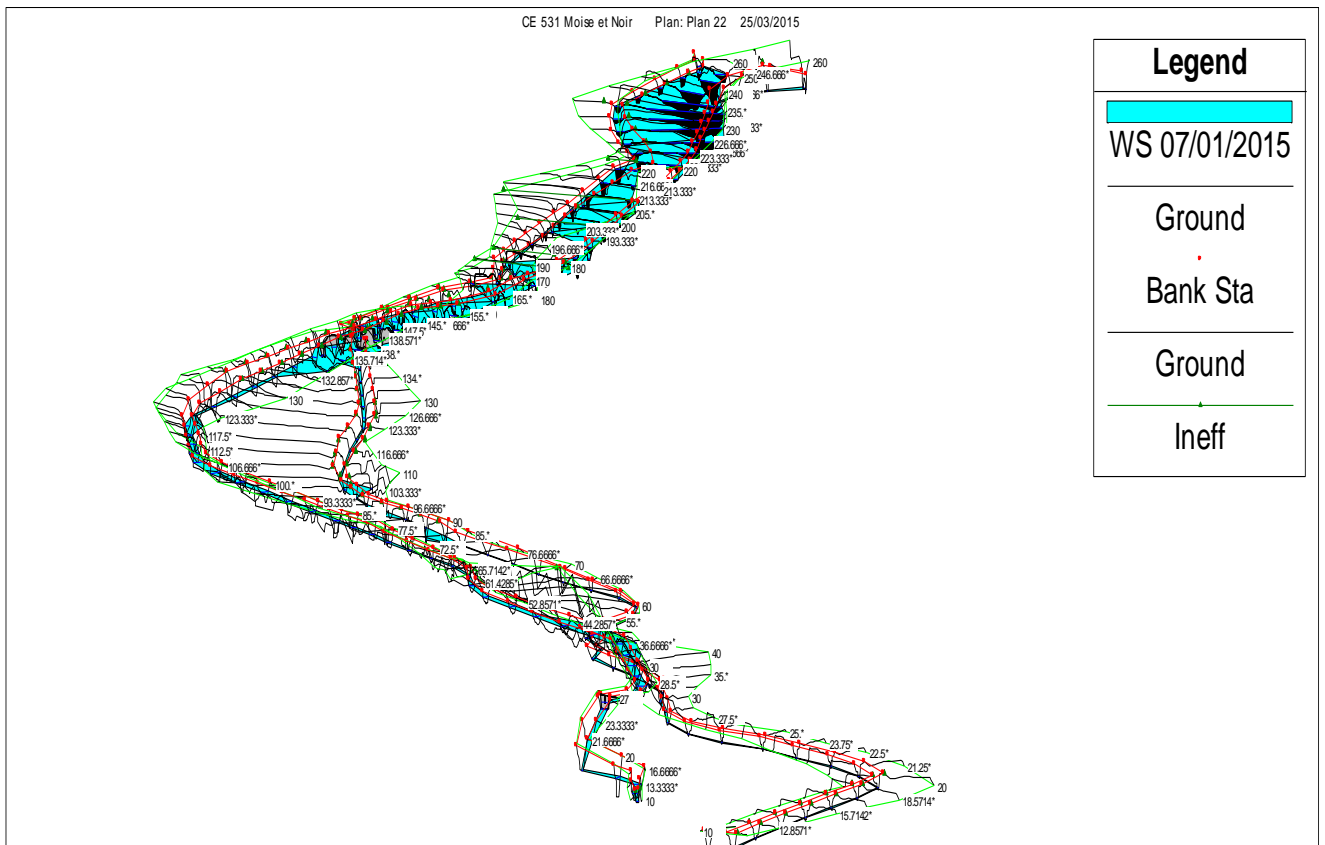
L'objectif de la modélisation est de reproduire la situation hydraulique actuelle à partir de levés topographiques pour l'ensemble des débits. Dans un deuxième temps, la modélisation sert à déterminer l'incidence des aménagements. La modélisation permet ainsi de comparer hydrauliquement les différentes solutions d'aménagements pour toutes les gammes de débits et constitue un outil de prévision et d'aide à la décision. Le modèle créé intègre les ouvrages présents sur le secteur d'étude (buse, pont).

Le modèle est réalisé par comparaison des niveaux d'eau mesurés lors des relevés topographiques aux résultats des simulations. La variable d'ajustement des niveaux d'eau est la rugosité du fond du lit et les pertes de charges locales liées aux ouvrages. Les rugosités employées sont classiques, égales en moyenne à 0.033 pour le lit mineur et 0.05 pour le lit majeur. Le phénomène d'envasement est également modélisé et considéré comme des surfaces à capacités hydrauliques nulles.

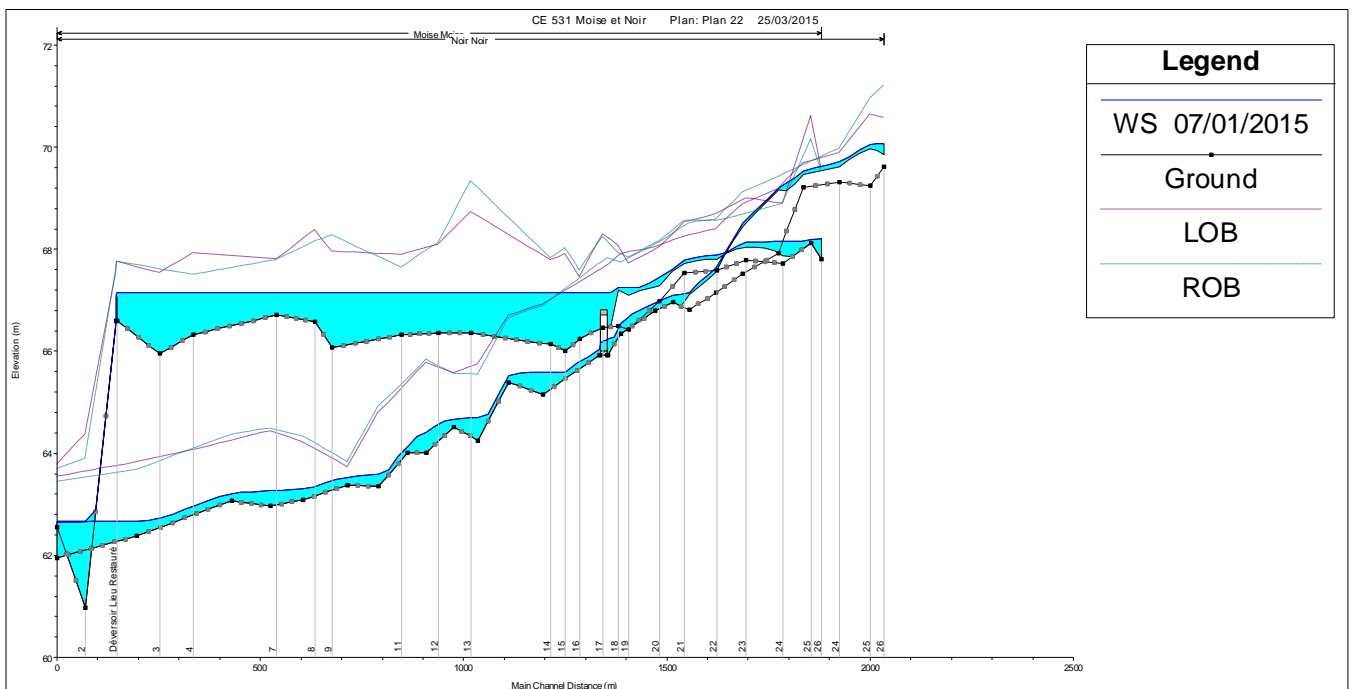
Cependant, la précision des résultats annoncés sur les niveaux absolus simulés dépend :

- de la représentativité des coefficients empiriques,
- de l'imprécision inhérente à la topographie (en particulier liée à la vase) ;
- aux résultats du calcul hydrologique qui contient également une part d'incertitude.

Vue 3D du modèle hydraulique avec les deux rus



Profil en long des écoulements, superpositions des deux rus



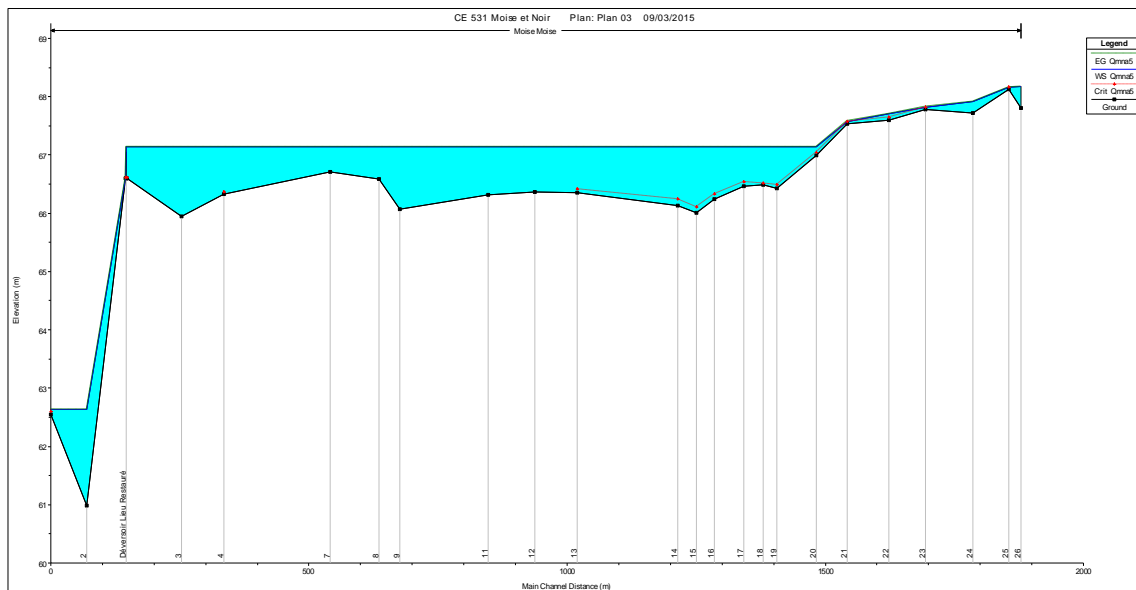
3.2. Caractéristiques morphométriques

3.2.1. Profil en long

Ru Moise

Le profil en long de la Moise est très marqué par la retenue du moulin du lieu Restauré, comme le montre la figure ci-dessous. La dénivelée totale sur le secteur d'étude est de 68.10 mNGF – 62.55mNGF soit 5.55mNGF et parmi cette dénivelée, la chute du moulin est de 67.14 – 62.63 mNGF soit de 4.5m, **soit un taux d'étagement de 81%**.

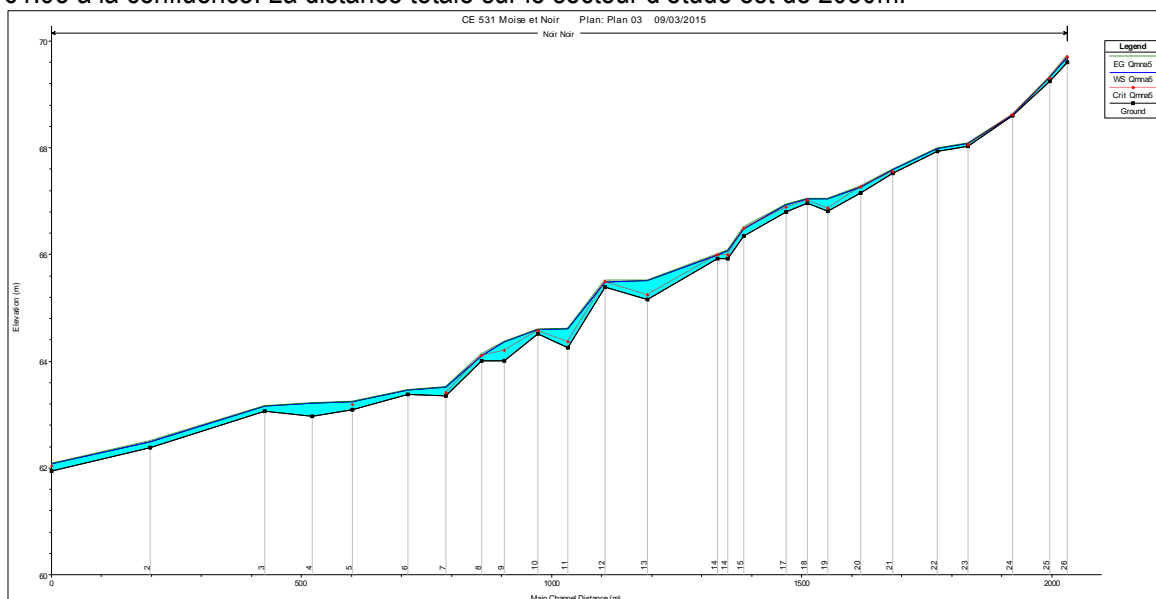
La pente est donc nulle sur 1340m (de l'ouvrage jusqu'au PT19) puis, plus en amont, le cours d'eau retrouve sa pente d'équilibre de 0.3%. A l'étiage, la longueur d'influence de l'ouvrage est bien de 1340m.



Profil en long et niveau d'eau sur la Moise présentés sous HEC-RAS

Ru Noir

La pente du ru Noir est assez homogène, égale à 0.35% avec une altitude de 69.61mNGF en PT26 et de 61.95 à la confluence. La distance totale sur le secteur d'étude est de 2030m.



Profil en long et niveau d'eau sur le ru Noir présentés sous HEC-RAS

3.2.2. Gabarit et puissance spécifique

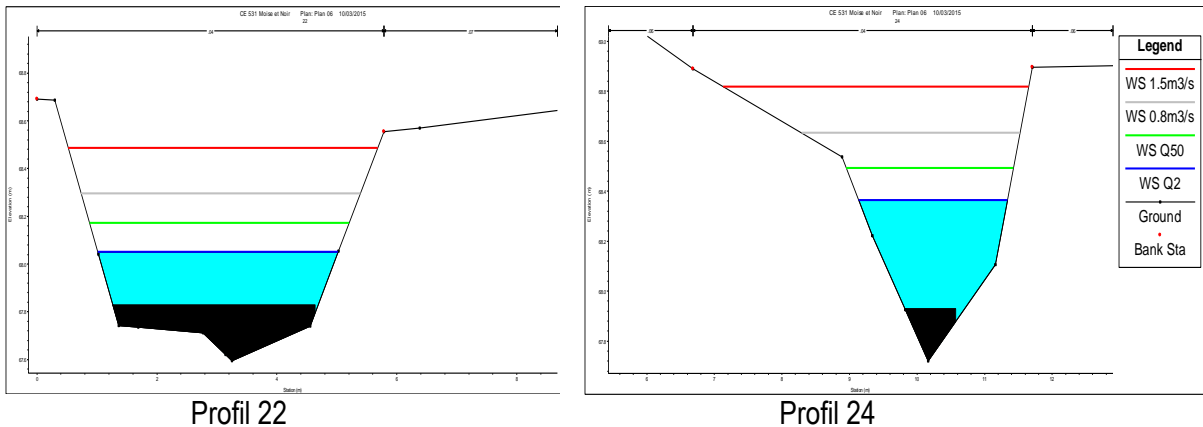
Une approche communément admise en hydromorphologie consiste à dire que plus une rivière déborde, plus elle est dynamique et a une capacité à se diversifier. D'un point de vue théorique, il peut être admis qu'une rivière au gabarit naturel déborde pour une crue d'occurrence 2 ans et donc que le débit de plein bord est Q_{2ans} . Dans le cas des ru Moise et Noir, les débordements du lit mineur ont lieu peu fréquemment, **cependant le lit majeur est humide et souvent inondé par les remontées de la nappe phréatique.**

Etudes des débits de pleins bords, les parties de cours d'eau libre et en fond de vallée.

Sur la partie de la Moise où l'écoulement est libre (hors d'influence du moulin du lieu restauré), c'est-à-dire sur la partie amont, le débit de plein bord est supérieur à Q_2 .

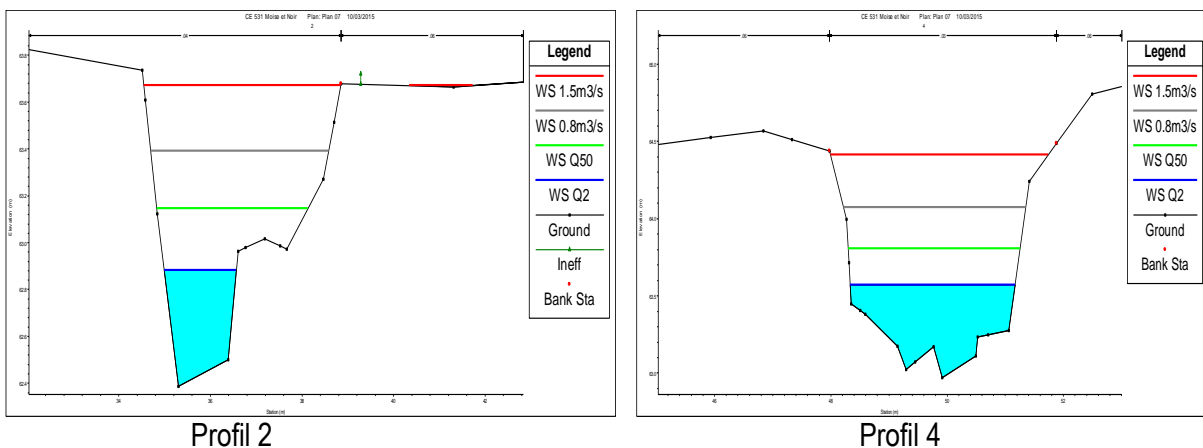
D'après nos calculs hydrauliques, le débit de plein bord est environ égal à $1.5m^3/s$, ce qui est 3 fois supérieur à Q_2 des rus Moise et Noir réunis sur cette partie du bassin versant (Modélisation situation actuelle vase comprise)

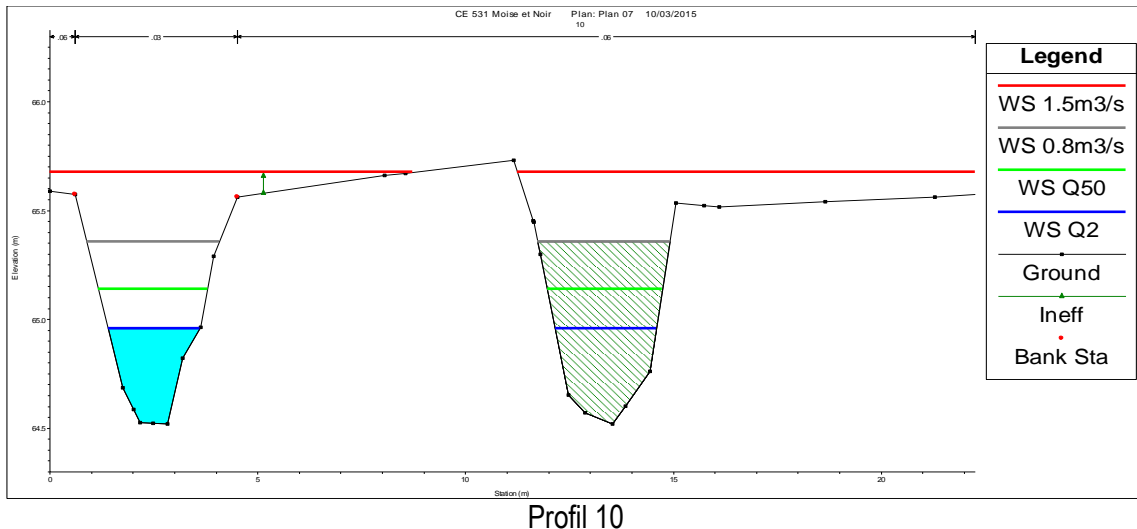
Lignes d'eau pour différents débits sur la Moise



Sur la partie du ru le Noir où l'écoulement est libre, les calculs hydrauliques issus de la modélisation montre que le débit de plein bord est environ égal à $1.5m^3/s$, ce qui est 3 fois supérieur à Q_2 des rus Moise et Noir réunis sur cette partie du bassin versant.

Lignes d'eau pour différents débits sur la Moise





Ces résultats mettent en évidence que les gabarits des lits ont été agrandis, c'est-à-dire élargis et curés à plusieurs reprises. Un des objectifs de la renaturation sera donc de réduire localement les sections d'écoulement afin d'accroître les variations des niveaux d'eau et d'améliorer la dynamique du cours d'eau.

3.2.3. Détermination de la puissance spécifique de la rivière

La puissance d'un cours d'eau est une caractéristique géomorphologique des cours d'eau. La puissance d'un cours d'eau est la quantité d'énergie que possède l'écoulement pour transporter sa charge sédimentaire et qui doit être absorbée par friction. Si l'énergie est non suffisante pour transporter la charge sédimentaire, les sédiments se déposeront au fond du cours d'eau. Elle correspond au produit de la pente et du débit, qui caractérise les potentialités dynamiques du cours d'eau. Différents seuils ont été mis en évidence dont **un seuil de 35 W/m² au dessus duquel un cours d'eau rectifié présente une capacité d'auto restauration.**

- **Rappel des formules de détermination de la puissance spécifique**

$\Omega = \rho g Q_b S$ <p> Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹) ρ = masse spécifique de l'eau (1000 kg m³) g = accélération gravitationnelle (9,8 m s⁻²) Q_b = débit plein bord (m³ s⁻¹) S = pente du cours d'eau (m m⁻¹) </p>	<p>la puissance spécifique (unit stream power) :</p> $\omega = \frac{\Omega}{w} = \frac{\rho g Q_b S}{w}$ <p> ω = puissance spécifique (W m⁻²) w = largeur du cours d'eau (m) </p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Le calcul réalisé sur la Moise donne le résultat suivant :

$\omega = \rho g Q_{pb} S / w$	$\omega = 11.02 \text{ W.m}^2$
--------------------------------	--------------------------------

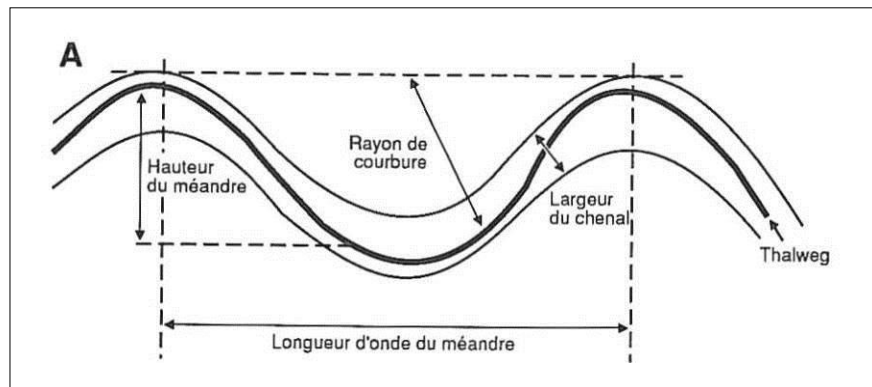
Sans surprise, en lien avec sa faible pente et son surgabarit, la Moise est donc considérée sur le secteur d'étude comme une rivière peu dynamique qui ne présente aucune capacité d'auto restauration.

3.2.4. Tracé plan et sinuosité

La prise en compte d'un objectif de restauration et d'amélioration de la qualité hydro-écologique du cours d'eau implique la définition d'un état de référence morphodynamique permettant de cerner la morphologie du lit, telle qu'elle serait observée en l'absence de perturbation d'origine anthropique.

Sur les cours d'eau de plaine, la morphologie d'équilibre – également appelée style fluvial – est en méandre.

La forme d'équilibre en méandre se caractérise par une longueur d'onde et une amplitude.



Au-delà de la simple forme du tracé du cours d'eau, la restauration d'une forme d'équilibre en méandre conditionne la diversité des habitats présents. En effet, l'alternance de méandres induit une plus grande variabilité des vitesses de courant, de hauteur d'eau et de nature du substrat. Cette diversité physique conditionne la diversité des habitats ainsi que la diversité des biocénoses.

- **Exploitation de documents anciens**

Pas de documents anciens retrouvés, la comparaison avec l'Automne laisse apparaître peu de méandres.

- **Approche calculatoire**

Deux éléments sont nécessaires aux différents calculs de détermination de l'amplitude théorique : la pente et le débit de plein bord

- La pente est connue en aval du secteur d'étude et se situe autour de 0.3 %
- Le débit de plein bord est choisi pour cette approche est Q_{2ans} en aval du bassin versant

Méthode 1 : détermination de la longueur d'onde (λ) en fonction du débit de plein bord (Q_{pb})

	0.32 m ³ /s
$\lambda = 8,3 Q_{pb}^{0,62}$	$\lambda = 4.10$
$\lambda = 36,1 Q_{pb}^{0,47}$	$\lambda = 21.13$
$\lambda = 8,2 Q_{pb}^{0,62}$	$\lambda = 4.05$
$\lambda = 62 Q_{pb}^{0,47}$	$\lambda = 3.63$

Léopold et Wolman (1957)
 Dury (1965)
 Carlston (1965)
 Ackers et Charlton (1970)

La longueur d'onde moyenne est de 8 mètres

Méthode 2 : détermination de la longueur d'onde (λ) en fonction de la largeur à plein bord (w)

Détermination de la largeur à plein bord suivant la relation de Hey (1982)

$w = 2,73 Q_{pb}^{0,5}$	$w = 1.54$
-------------------------	------------

$\lambda = 6,6 w^{0,99}$	$\lambda = 10.15$
$\lambda = 10,9 w^{1,01}$	$\lambda = 16.91$
$\lambda = 10 w$	$\lambda = 15.44$
$\lambda = 6 w$	$\lambda = 9.27$

Inglis (1949)
 Léopold et Wolman (1957)
 Hickin (1977)
 Yalin (1972, 1992)

La longueur d'onde moyenne est de 13 mètres

Détermination de l'amplitude des méandres

La détermination de l'amplitude des méandres est établie à partir de la longueur d'onde des méandres

	8 m	13 m
$a = \lambda / 2,5$	$a = 3.20$	$a = 5.20$
$a = 2,37 \lambda^{0,58}$	$a = 7.92$	$a = 10.49$
$a = \lambda / 3,5$	$a = 2.29$	$a = 3.71$

L'amplitude moyenne des méandres déterminée par le calcul s'élève à **4.4 mètres**.

Cette approche, même si elle peut conduire à une certaine incertitude dans les résultats (fourchette assez large) montre de manière certaine la faible amplitude de divagation du cours d'eau à l'état naturel.

L'état de référence est le suivant :

Largeur plein bord : 1.5m – 2m

Longueur d'onde des sinuosités : 8m – 13m

Amplitude des sinuosités : 4m – 6m

Les valeurs minimales sont plutôt à respecter en amont du cours d'eau et les valeurs maximales en aval.

4. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS PROPOSES

4.1. Principes d'aménagements par secteur

L'objectif de ce chapitre est de proposer plusieurs aménagements sur le secteur d'étude en vue d'un échange et d'un choix avec le comité de pilotage et les propriétaires. Les scénarii d'aménagements vont être comparés selon plusieurs critères afin de détailler les discussions et un premier chiffrage est donné.

Afin de ne pas proposer de scénario trop global et parce que les propositions d'aménagements sont nombreuses, il nous semble plus aisé de présenter les propositions par secteur de cours d'eau, ce qui facilitera la comparaison des scénarii. La combinaison des scénarii donnera ensuite le choix d'un aménagement global pour le secteur d'étude.

Trois grands secteurs de cours d'eau sont ici différenciés d'amont en aval:

Secteur amont

Ce secteur regroupe les tronçons No1 et Mo1

Les problématiques majeures sur ce secteur sont

- Le rejet de la station d'épuration de Vaumoise ;
- La répartition des débits entre les deux rus et le croisement des lits ;
- L'envasement du lit du ru Noir par des matériaux pollués sur la partie amont ;
- Les volontés de M. XXXXX
- Le maintien d'un débit vers le moulin du lieu restauré

NB : Pour ce secteur, les scénarii sont proposés en supposant que la nouvelle STEP de Vaumoise fonctionne correctement.

Secteur médian

Ce secteur regroupe les tronçons No2 et Mo2

Les problématiques majeures sur ce secteur sont

- L'exploitation des peupliers sur l'ensemble du linéaire du Noir des deux cotés
- Le rejet de la conserverie
- L'envasement du lit du ru Noir
- La buse obstacle à la continuité écologique

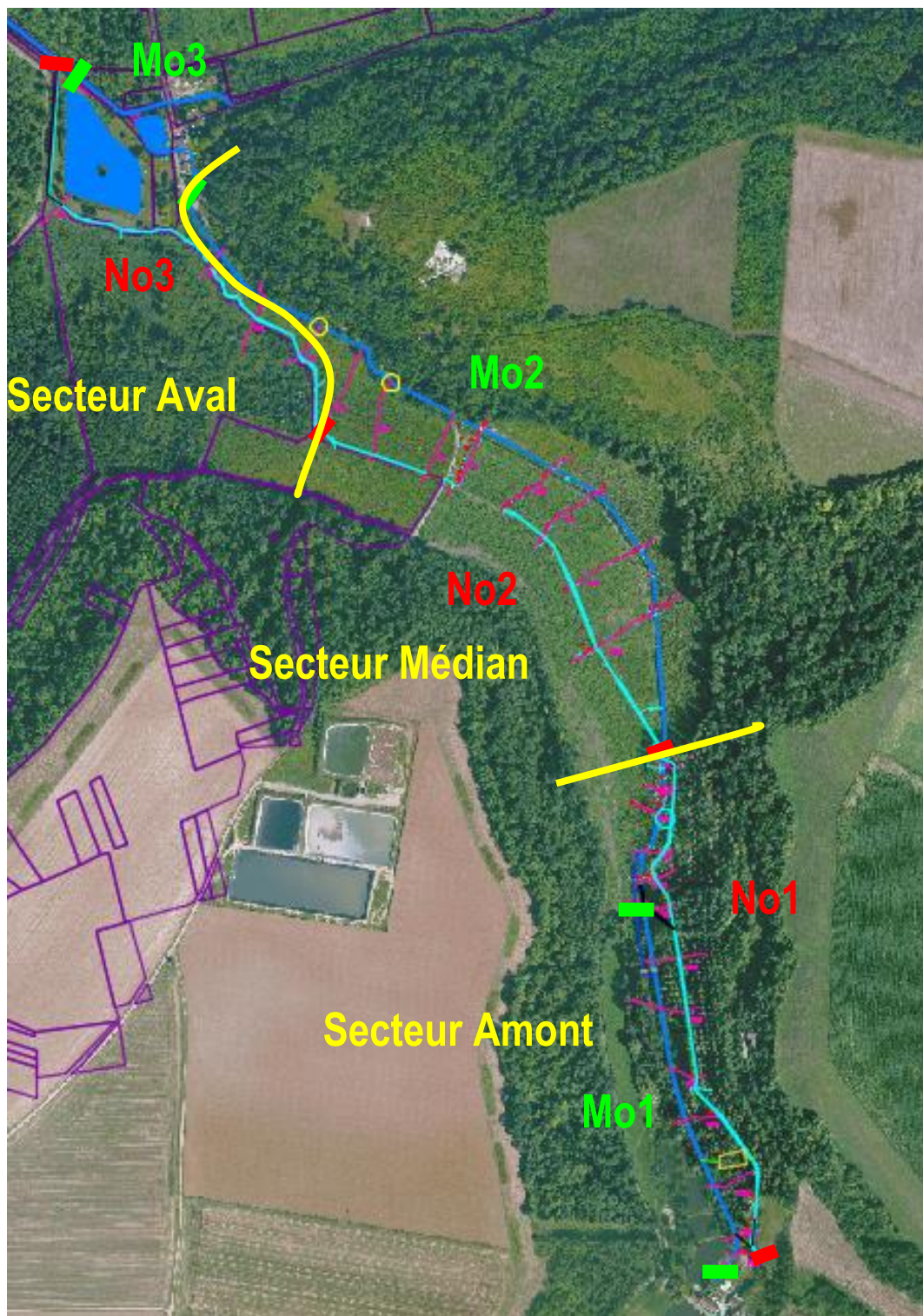
Secteur aval

Ce secteur regroupe les tronçons No3 et Mo3

Les problématiques majeures sur ce secteur sont :

- La brèche en aval de la confluence obstacle à la continuité
- L'envasement du lit du ru Noir par des matériaux pollués sur la partie amont

Délimitation des tronçons sur les rus Moise et Noir



4.2. Les opérations communes à tous les secteurs

4.2.1. Traitement sélectif de la végétation rivulaire et des embâcles

Objectifs

Les gains potentiels de la mise en place de cette action de traitement sélectif de la végétation rivulaire et des embâcles sont les suivants :

- Diversifier les habitats naturels en favorisant les essences adaptées aux bords des cours d'eau : coupe d'arbre de hauts jets présents en berge pour favoriser le développement d'espèces hélophytes et de ligneux adaptés,
- Rajeunir le peuplement et assurer l'émergence de jeunes rejets pour diversifier la ripisylve en âge,
- Diversifier l'exposition lumineuse par des coupes sélectives, créant ainsi des alternances d'eau sombres et fraîches avec des zones ensoleillées et plus chaudes,
- Améliorer les capacités d'autoépuration naturelle des cours d'eau en ayant une ripisylve fonctionnelle.

Descriptif de l'opération :

L'action est décrite ci-dessous :

- Gestion sélective des embâcles formant des bouchons hydrauliques, susceptibles d'être entraînés ou favorisant des érosions en secteur sensible. Retrait des embâcles ou ancrage en pied de berge pour réaliser des abris,
- Coupe ou élagage d'arbres déchaussés, menaçant de tomber dans le lit, selon différentes intensités de travaux (élagage, coupes éparées, coupes importantes sur secteurs matures à vieillissants),
- Elimination des rémanents végétaux (évacuation, broyage, compostage ou incinération).

Niveaux de traitement possibles

Pour l'exécution de ces travaux, plusieurs niveaux de traitement sont établis en fonction d'une estimation de la quantité d'arbres à couper, réalisée sur la base du diagnostic de terrain.

Les travaux relatifs à **l'élagage, au débroussaillage et au dégagement** sont considérés comme **identiques** quel que soit le niveau de traitement.

Sont considérés comme équivalents :

NIVEAU 1 : Traitement sélectif de la ripisylve et des embâcles par ml de cours d'eau (2 berges) :

Ce prix rémunère, au ml de cours d'eau, le traitement avec une densité d'arbres à couper (\varnothing 20 - 40 cm) comprise entre 3 à 10 arbres pour 100 ml de rivière.

Le coût moyen est estimé entre 4 et 6 € /ml de cours d'eau.

NIVEAU 2 : Traitement sélectif de la ripisylve et des embâcles par ml de cours d'eau (2 berges) :

Ce prix rémunère, au ml de cours d'eau, le traitement avec une densité d'arbres à couper (\varnothing 20- 40 cm) comprise entre 10 à 20 arbres pour 100 ml de rivière.

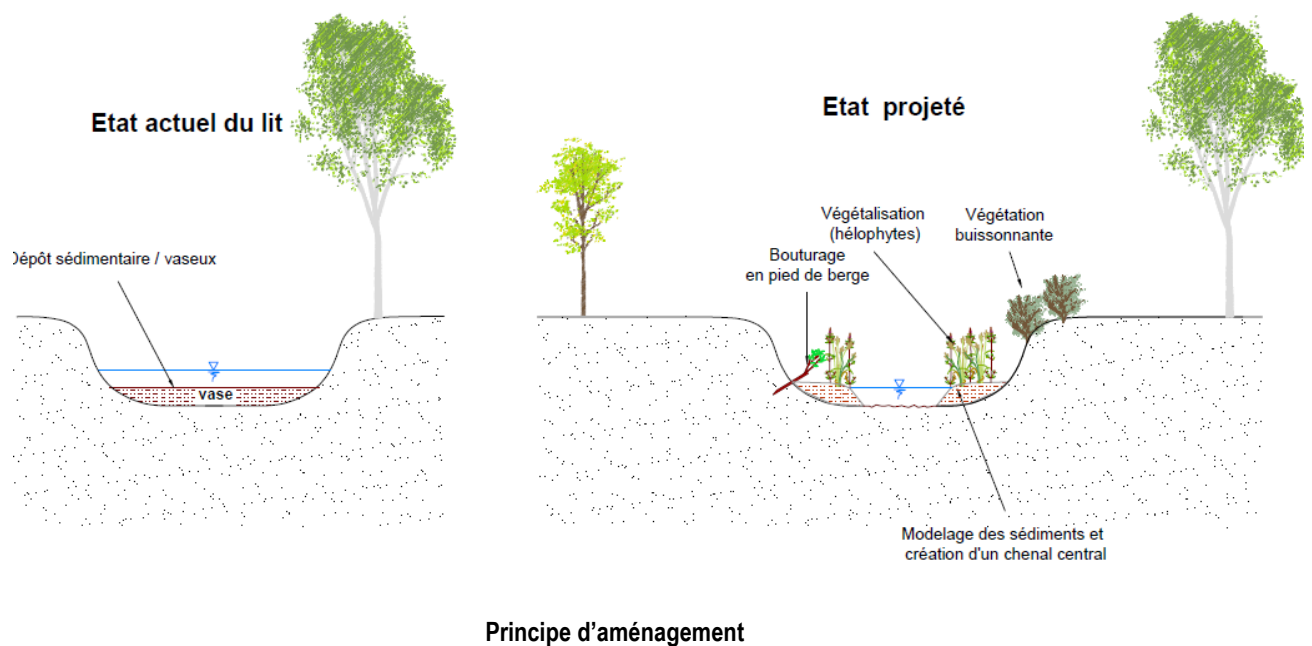
Le coût moyen est estimé entre 8 et 10 € /ml de cours d'eau.

4.2.2. Reprofilage des berges par modelage des matériaux vaseux

Objectif :

Diversifier l'écoulement en créant un lit à gabarit plus restreint par modelage des matériaux du lit et végétalisation par plantations d'hélophytes. Ce type de restauration n'est proposé que pour les secteurs en amont d'ouvrages effacés où se trouvent des matériaux de dépôt.

Le schéma suivant présente le principe d'aménagement :



Descriptif de l'opération :

- Restauration dans le fuseau actuel par modelage des matériaux de dépôt pour reconstituer un chenal d'écoulement préférentiel et création de risbermes ou banquettes.
- Plantations d'hélophytes sur la risberme, au-dessus du nouveau niveau d'étiage et plantations de ligneux de faible développement en crête de berge. Les hélophytes pourront être introduites par « Poquets » de 5 unités de même espèce, afin de limiter la compétition interspécifique.
- Localement, sur les secteurs les plus contraints, mise en place d'un géotextile biodégradable avant plantation, afin de protéger les risbermes contre l'érosion du courant.

4.2.3. Reprofilage des berges par déblai-remblai et création de banquettes en pied de berges

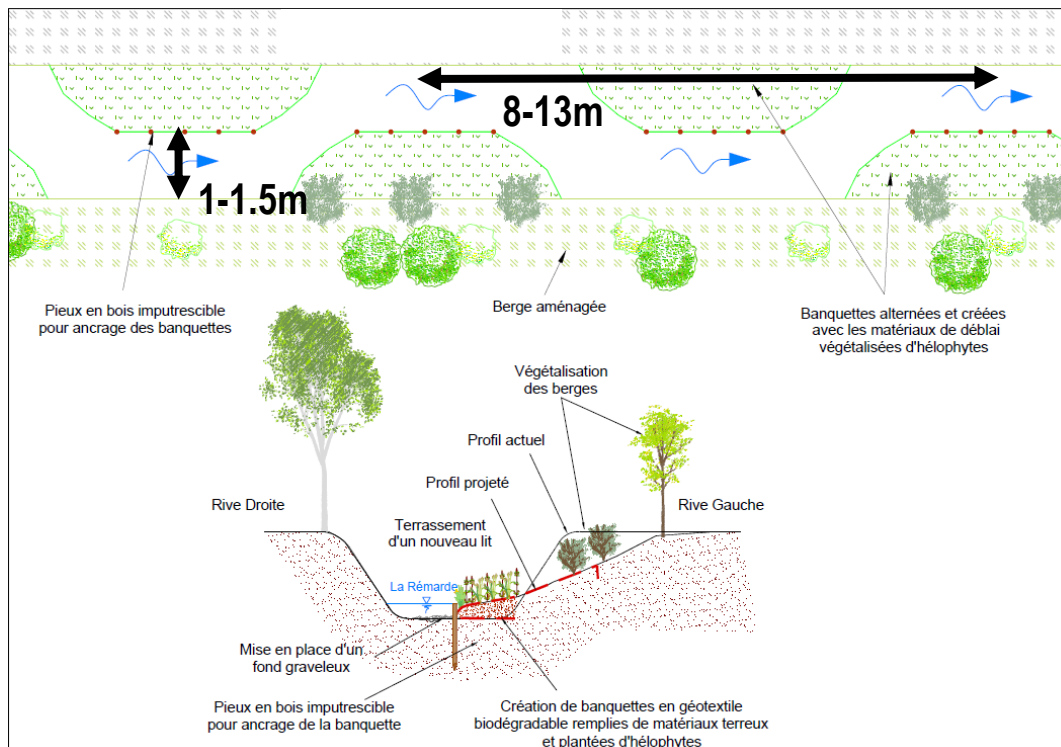
Objectif : Diversifier les écoulements, les habitats, en recréant des profils de berges en pente douce favorable à une implantation variée de la végétation.

Briser l'aspect homogène trapézoïdal du lit suite aux anciens travaux de rectification et recalibrage et permettre l'implantation d'une végétation diversifiée sur le talus.

Gain potentiel : Diversification des habitats, favoriser les zones de caches, de croissance de la macrofaune benthique et d'espèces piscicoles.

Description de l'opération

- Coupe sélective de la végétation, voire dessouchage.
- Terrassement des berges en déblai pour adoucir la pente : Pente de berge 2/1 à 3/1
- **Création du fossé d'ancrage** en pied de berge afin de permettre de réaliser une chaussette avec le géotextile non tissé sur une profondeur d'environ 20 cm.
- Réalisation des banquettes en pied par modelage des matériaux
- Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes réalisées avec les matériaux de remblai.
- Protection des berges par géotextile biodégradable en coco.
- Végétalisation des berges (ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet)

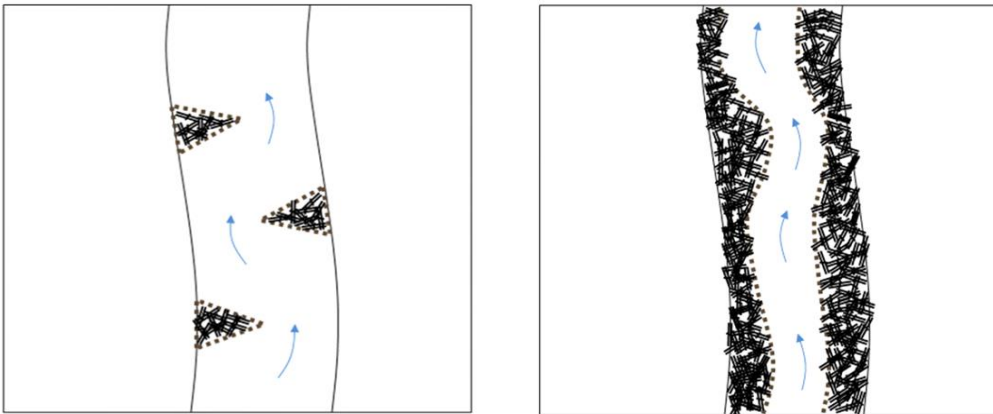


4.2.4. Diversification des berges par mise en place d'épis peignes

Les épis sont des aménagements plus ou moins triangulaires constitués de rémanents (branchages) provenant du traitement de la végétation des berges. Les épis sont implantés alternativement en rive droite puis en rive gauche pour redonner de la sinuosité à l'écoulement. Ils constituent également des pièges à sédiments (rôle de peigne). Cette technique utilisée à la marge par rapport au reprofilage de berges.

Avantages :

Utilisation de matériaux rustiques issus du génie végétal qui s'intègrent parfaitement dans le paysage
Possibilité de réutilisation des rémanents du traitement de la végétation (épis peignes, banquettes peignes)



Description de l'opération

- Le cadre du peigne sera réalisé à l'aide de pieux espacés et battus mécaniquement dans le sol sur au moins la moitié de leur hauteur.
- Des branchages morts ou vivants, issus du traitement de la végétation des berges, seront placés dans le cadre de pieux. Des matériaux terreux seront ensuite déposés au dessus des amas de branchages.
- Pour former une pente homogène entre le pied de l'aménagement et le sommet de berge, des branchages morts ou vivants seront déposés jusqu'en sommet de berge en complément.
- L'ensemble de l'aménagement sera fixé à l'aide de fil de fer galvanisé de manière à retenir les branchages puis une nouvelle fois compacté mécaniquement.



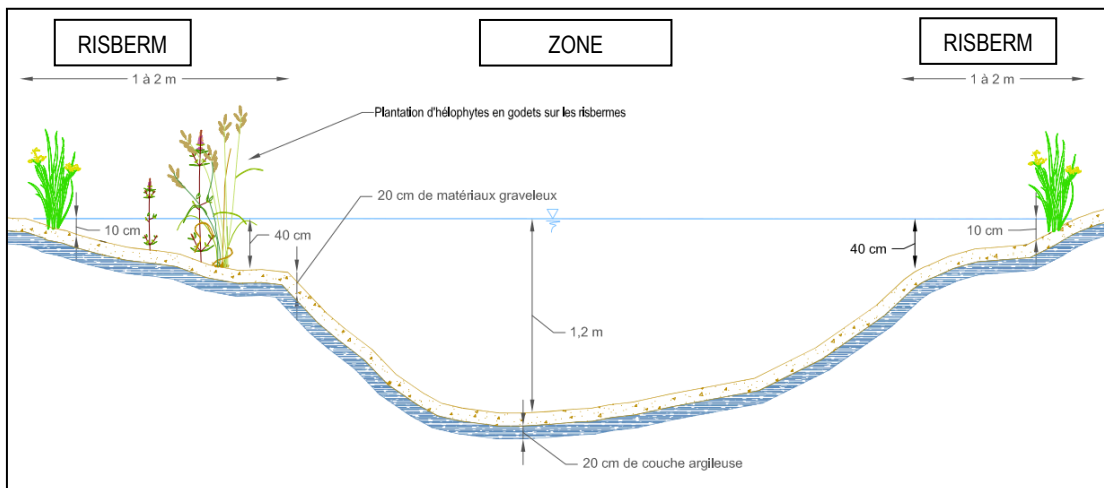
4.2.5. Diversification du milieu par la création de mares

Une **mare** est une étendue d'eau (pérenne ou non, naturelle ou non), de faible importance et profondeur. Les mares font partie intégrante des **zones humides** et possèdent ainsi un rôle majeur dans le cycle de l'eau. Grâce à leur fonctionnement naturel, elles constituent des éléments centraux de l'équilibre hydrologique des bassins versants :

Avantages :

- Auto-épuration directe des eaux courantes en lit mineur
- Filtration des eaux de ruissellement issues des parcelles agricoles
- Filtration des eaux de débordement et de ruissellement pour l'alimentation des nappes

Description de l'opération



Il s'agit de creuser des dépressions. La forme de la mare sera irrégulière, elle présentera des courbes avec une risberme (haut-fond) plus ou moins large, pour prendre un aspect le plus naturel possible et offrir des habitats aquatiques variés. Des matériaux minéraux et filtrants (graviers, sables) seront déposés sur toute la surface de la mare.

Une partie de la surface de la risberme sera plantée d'hélophytes afin d'amorcer le développement végétal spontané.



4.3. Propositions d'aménagements spécifiques sur le secteur amont

4.3.1. Scénario 1 : Aménagement d'un lit unique et répartition des débits

- **Principe (Annexe 6a)**

Ce scénario consiste à réunir les lits des deux rus en fond de vallée avant le rejet de la future STEP de Vaumoise (voir Annexe Proposition n°6).

Le lit de la Moise étant en fond de vallée et dans un état écologique correct, c'est la Moise qui est privilégiée et c'est donc le ru Noir qui rejoint la Moise à partir du profil 25.

Cependant, le point de reconnexion dépendra de la décision de M. XXXXX qui n'est pas favorable à la réunion des rus dans sa propriété. Dans l'optique d'obtenir son accord et d'améliorer la qualité du rejet, l'aménagement d'une zone humide végétalisée est proposé, celle-ci servant de zone tampon au moins 50 mètres entre la STEP et la confluence avec la Moise.

Le lit du ru Noir actuel serait asséché sur tout le linéaire en aval de la ZRV et se végétaliserait progressivement, ce qui solutionnerait en partie le problème de pollution des sols.

- **Gabarit et tracé du nouveau lit de la Moise**

Les débits des deux rus réunis sur ce secteur sont les suivants :

Cours d'eau	Secteurs	BV (km ²)	Q _{MNA5} (m ³ /s)	Q _{mod} (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
Moise	Amont du secteur d'étude	2.5	0.009	0.015	0.060	0.078	0.091	0.138
Noir	Amont du secteur d'étude	3.8	0.016	0.023	0.091	0.119	0.139	0.210
Moise + Noir	Amont du secteur d'étude	6.3	0.026	0.038	0.150	0.197	0.230	0.348

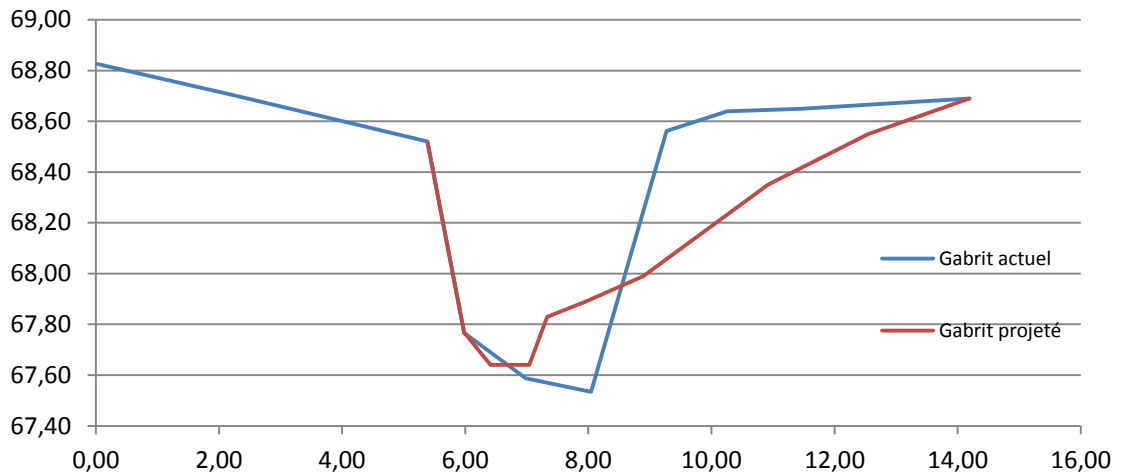
L'objectif hydraulique et écologique est d'obtenir des variations de la ligne d'eau par rétrécissement du gabarit mais surtout de diversifier le milieu physique et les habitats.

La Moise étant en fond de vallée, il est proposé de modifier le tracé et le gabarit par reméandrage dans le fuseau surdimensionné existant. L'aménagement d'un lit en rive gauche imposera de réaliser un lit légèrement perché qui aurait l'exact gabarit référence mais risquerait de surverser et de ne pas conserver le peu de débit de la rivière.

Le reméandrage dans le fuseau sera réalisé essentiellement par du reprofilage de berges en déblai/remblai, de façon alternée, ce qui permettra de recréer la sinuosité objective.

Reméandrage dans le fuseau actuel par terrassement en déblai et remblai

Comparaison des gabarits au niveau PT21 avant et après aménagements



La capacité hydraulique sera ainsi réduite de moitié en partie pour les débits faibles à modulaires, où les niveaux d'eau seront beaucoup plus variés du fait du resserrement du lit important en pied de berge.

Le reprofilage est alterné tous les 8-13m, afin de respecter l'amplitude du méandre théorique du cours d'eau. La largeur du cours d'eau est réduite de moitié en pied afin d'obtenir des amplitudes de sinuosité qui soient de l'ordre de 3-4m.

L'opération est répartie sur les 360 ml de cours d'eau allant du PT25 au PT20 avec ce qui correspond à un linéaire d'environ 250mètres de berges à aménager et donc à environ à 20-25 portions de berges alternées.

L'aménagement est volontairement peu stabilisé avec 3 à 4 pieux par banquette. Le cours d'eau étant très peu morphogène et puissant, il n'y a pas de risque de déstabilisation des berges ; ce qui dans ce cas laisserait une part de divagation au cours d'eau.

Coût estimatif des travaux secteur amont, sur 250 ml de cours d'eau :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement des berges en déblai / remblai pour adoucir la pente et permettre l'implantation étagée de la végétation. Modelage des banquettes en pied	m3	375	20 €	7 500 €
Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes réalisées avec les matériaux de remblai.	pieux	250	20 €	5 000 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	750	7 €	5 250 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet 1 arbre + 2 arbustes / 15 ml et Helophytes	ml	250	15 €	3 750 €
Coût total (€HT)				21 500 €

En plus de cette technique de base, SINBIO propose d'associer :

- La création d'obstacles d'épis déflecteurs avec les rémanents de coupe pour réduire la capacité hydraulique et créer des variations de vitesses d'écoulement.
- Création de milieux annexes pouvant se mettre régulièrement en eau de type mare en rive droite pour diversifier les habitats dans le cours d'eau.

Mise en place d'épis déflecteurs

SINBIO propose de compléter la diversification du lit et des écoulements par la mise en place d'épis peignes réalisés avec les rémanents de coupe.

La mise en place de 4 séries de 2 déflecteurs placés de manière alternée sur les berges est envisagée.

La réalisation d'un épi déflecteur de dimension de l'ordre de :

- 1m de largeur à la base (côté berge),
- 1.5 à 2 m de longueur ;
- 0.5 m de large à l'extrémité (côté eau)

Cela nécessite par peigne :

- 8 pieux soit environ 270 €. H.T.
- 3 m³ de rémanents végétaux (+ fil de fer + terre + compactage), estimé à 100 €. H.T.
- Mise en œuvre (130 €. H.T)

Le tarif total d'un épi déflecteur peigne des dimensions citées précédemment est d'environ 450 - 500 €. H.T.

- **Devenir du lit du Noir**

En aval du point de bifurcation du Noir vers la ZRV, le lit sera alimenté occasionnellement par les drains subsistants et par la nappe. Cependant celui-ci s'asséchera et se comblera progressivement. Selon le secteur, il peut être envisagé de combler par des matériaux issus des terrassements du nouveau lit de la Moise entre l'ouvrage de répartition et le profil 19.

- **Création d'une portion de lit entre le PT20 et le PT19**

Un bras de 100 mètres de long est créé pour connecter la Moise à son lit existant en rive gauche du lit actuel (conservé pour alimenter le moulin). Cette portion de 100m sera terrassée dans la masse. Sur le tracé de cette portion de bras se trouve une conduite de gaz (Profil 20), il conviendra de prendre toutes les mesures nécessaires pour réaliser l'aménagement sans causer de dégât sur l'ouvrage.

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement du lit du bras de connexion de la Moise entre le PT 20 et le PT 19 (100ml) et stockage des matériaux compatibles pour une réutilisation en remblai	m3	300	5 €	1 500 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet 1 arbre + 2 arbustes / 15 ml et Helophytes	ml	200	15 €	3 000 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	600	7 €	4 200 €
Coût total (€HT)				8 700 €

- **Création d'une portion de lit entre le Noir et le Moise en amont de la STEP**

Un bras de 25 mètres de long est créé pour connecter le Noir à la Moise en amont de la STEP. Ce bras sera réalisé entre les profils 25 et 26, à l'endroit où les rus sont le plus proche, distant de 20 mètres. L'aménagement de cette confluence engendre :

- Le comblement du lit du Noir entre ce nouveau bras et le rejet de la STEP (30mètres)
- La mise en place d'une passerelle de franchissement du bras pour permettre l'accès en rive gauche.

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement du lit du bras de connexion du Noir entre le PT 25 et le PT 26 (25ml) et comblement de la portion de lit actuel	m3	100	10 €	1 000 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet 1 arbre + 2 arbustes / 15 ml et Helophytes	ml	50	15 €	750 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	150	7 €	1 050 €
Passerelle de franchissement	FFT	1	1 500 €	1 500 €
Coût total (€HT)				4 300 €

- **Prise d'eau et connexion avec le bief (Annexe 6c et 6d)**

Une des contraintes majeures de ce scénario est de garantir une répartition de débit qui permette de maintenir une alimentation sanitaire du moulin du lieu restauré à partir du débit réservé :

- $Q_{\text{réservé}} = 0.1 \times Q_{\text{module}} = 8 \text{ l/s}$

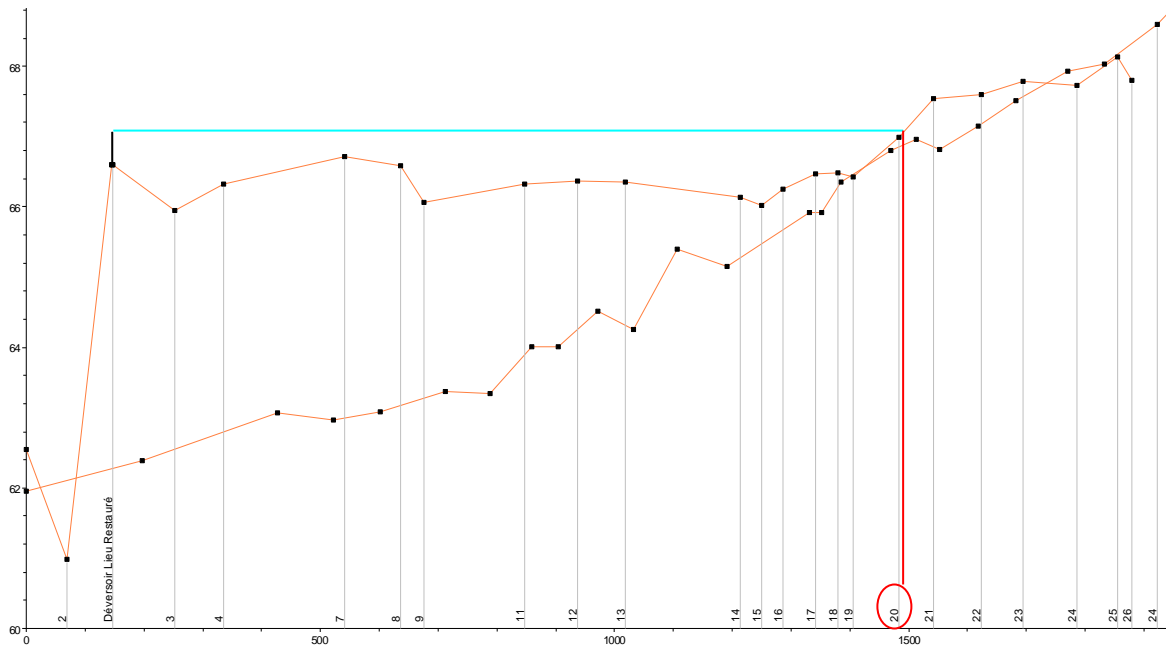
Pour cela, ce scénario propose de créer un ouvrage de régulation en enrochements maçonnés sur le nouveau lit de la Moise permettant d'envoyer une partie du débit dans le bief (lit actuel de la Moise) et donc vers le moulin du lieu restauré.

L'ouvrage de régulation sera un seuil calibré hydrauliquement par rapport au déversoir de la propriété du moulin du Lieu Restauré qui sera lui-même modifié pour obtenir la répartition voulue.

La répartition de débit proposée en premier approche est la suivante : $Q_{\text{moulin}} = 1/3 \times Q_{\text{Moise amont}}$
Ce ratio est en faveur du cours d'eau qui de plus, reçoit en aval les eaux de la majorité du bassin versant de l'ouvrage.

Pour respecter cette répartition, le déversoir du moulin doit être modifié et sa largeur réduite à 0.1m contre 0.4m actuellement. Le seuil sur le Moise aura lui une largeur 3 fois supérieure et donc égale à 0.3m.

L'emplacement du seuil est dicté par la cote du seuil du moulin et la pente du ru Moise. Comme le montre la figure suivante, l'emplacement du seuil doit se situer précisément au niveau du PT20.



Cet ouvrage de régulation créé une chute maximum de 0.3 m à l'étiage et n'a donc aucune influence sur les faciès d'écoulement.

Répartition des débits :

		Moulin du lieu Restauré	Moise
Longueur du seuil		L = 0.1 m	L = 0.3 m
Q_{mna5} (m3/s) 0.027	Hauteur d'eau sur la crête	H = 0.12 m	H = 0.12 m
	Répartition des débits (m3/s)	Q = 0.007	Q = 0.020
Q_{mod} (m3/s) 0.037	Hauteur d'eau sur la crête	H = 0.15 m	H = 0.15 m
	Répartition des débits	Q = 0.009	Q = 0.028
Q₂ (m3/s) 0.149	Hauteur d'eau sur la crête	H = 0.38 m	H = 0.38 m
	Répartition des débits	Q = 0.037	Q = 0.112
Q₁₀ (m3/s) 0.414	Hauteur d'eau sur la crête	H = 0.75 m	H = 0.75 m
	Répartition des débits	Q = 0.104	Q = 0.311

Le couts de l'aménagement des ouvrages est estimé à 3 000 €HT

- **Aménagement de la zone de rejet végétalisée (ZRV)**

Afin de garantir un traitement secondaire des effluents de la STEP de Vaumoise, SINBIO propose la mise en place d'une zone de rejet végétalisée aménagée en sortie de STEP et recevant uniquement les effluents de cette dernière. Nous rappelons que les eaux du Noir ont dans ce scénario conflué avec la Moise en amont du point de rejet.

Pour dimensionner une zone humide artificielle pour laquelle on attend un objectif de traitement, il convient de considérer une charge hydraulique maximum de 1000 m³/j/ha (valeur issue de l'état de l'art sur une bibliographie internationale).

Dans le cas de Vaumoise, la surface minimale est donc de 195 m³/j / 1000 m³/j/ha = 0,195 ha, soit 1950 m². Le flux doit être réparti de manière homogène sur la ZHA qui peut être végétalisée avec plusieurs types de végétaux et donc bien intégrée dans le paysage.

Les parcelles identifiées pour réaliser l'aménagement seraient majoritairement les terrains de M. XXXXX (plutôt favorable) en rive droite du Noir actuel et à la marge de celles de M. XXXXX, à priori moins favorable à cet aménagement.

Pour mettre en place la ZRV, les parcelles doivent préalablement être défrichées et des coupes importantes doivent être réalisées sur la végétation de haut jet (coupe de peupliers). Le type de milieu à créer comprend des zones de différentes profondeurs d'eau (de 60 cm, 30 cm et 5 cm), aménagées en série.



Zone ciblée pour l'aménagement (Rive droite)



Exemple de réalisation après aménagement

Le cout prévisionnel de la ZRV est le suivant :

Réalisation d'une ZRV en aval de la STEP de Vaumoise	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Terrassements				
Défrichage et coupes préalables	FFT	1	4 000 €	4 000 €
Terrassement pleine masse	m ³	1000	8 €	8 000 €
Modelage du site (1 pelle pendant 8 j)	m ³	600	12 €	7 200 €
Radiers				
Fourniture de matériaux concassés jusqu'à 200 mm	m ³	100	40 €	4 000 €
Canalisations et Ouvrages				
Canalisation + ouvrage by-pass entre l'ouvrage STEP et la Zone de Rejet	FFT	1	2 000 €	2 000 €
Végétalisation				
Treillis coco tissé H2M5 740 g/m ² , sur les talus et merlons	m ²	200	6 €	1 200 €
Ensemencement	m ²	2500	2 €	3 750 €
Hélophytes	u	1260	5 €	5 670 €

Arbres + protections	u	20	19 €	380 €
Arbustes + protections	u	20	13 €	260 €
Etudes complémentaires (Topo + Etude niveau PRO)	FFT	9000	1 €	9 000 €
Cout total (€HT)				45 460 €

- **Description des travaux**

Travaux sur le Noir :

- Aménagement de la confluence amont et comblement du lit entre le bras et la ZRV
- Coupe de la végétation sur la surface de la ZRV
- Terrassement et plantation de la ZRV
- Aménagement du rejet de la ZRV vers la Moise
- Remblaiement du lit du Noir en aval de la zone de rejet végétalisée avec les matériaux excédentaires issus du terrassement de la ZRV
- Suppression de la buse de franchissement du Noir et remise en état du lit du Moise

Travaux sur la Moise :

- Traitement de la ripisylve par coupe sélective : Niveau 2
- Reprofilage de berge en déblai / remblai sur 20-25 secteurs de 10ml en moyenne
- Mise en place de 8 peignes réalisés avec les matériaux de coupe
- Terrassement d'un nouveau lit à partir du profil 20 jusqu'au lit existant (fossé de drainage) au niveau du profil 19 soit sur 100ml
- Construction du seuil de régulation calibré par rapport à l'admission du moulin sur le nouveau lit de la Moise (cote minimal 67.05mNGF) et modification du seuil du moulin du lieu restauré

- **Coût du scénario**

Désignation		U	Q	PU	PT
1 Travaux préliminaires					
1.1	Installation et repliement de chantier	fft.	1	10 000 €	10 000 €
1.2	Implantation des ouvrages et piquetage	fft.	1	4 000 €	4 000 €
2 Travaux Ru Noir					
2.1	Aménagement de la confluence avec la Moise	fft.	1	4 300 €	4 300 €
2.2	Aménagement de la Zone de Rejet Végétalisée et comblement du lit du Noir en aval	fft.	1	45 460 €	45 460 €
2.3	Suppression, évacuation de la buse de franchissement du Noir et remise en état du lit du Moise	fft.	1	2 000 €	2 000 €
3 Travaux Ru Moise					
3.1	Débroussaillage - Coupe sélective	ml	400	10 €	4 000 €

3.2	Reprofilage de berge en déblai / remblai sur 20-25 secteurs de 10ml	fft.	1	21 500 €	21 500 €
3.3	Mise en place de 8 peignes réalisés avec les matériaux de coupe	u	8	500 €	4 000 €
3.4	Terrassement d'un nouveau lit jusqu'au fossé existant sur 100ml	fft.	1	8 700 €	8 700 €
3.5	Construction du système de régulation	fft.	1	3 500 €	3 500 €
3.6	Aménagement de l'annexe hydraulique dans le bassin aval	fft.	1	1 000 €	1 000 €
4	Imprévus travaux (10 %)				10 846 €
	TOTAL OPERATION € HT				119 306 €
	TVA (20%)				23 861 €
	TOTAL OPERATION € TTC				143 167 €

4.3.2. Scénario 2 : Maintien d'une séparation des lits et alimentation du moulin par le Noir

- **Principe (Annexe 7)**

Ce scénario consiste à maintenir une séparation des rus afin de préserver les eaux du Moise et d'obtenir une alimentation moulin du lieu restauré par le Noir et donc sans ouvrage de répartition.

L'alimentation du moulin par le ru Noir requière de placer le lit du Noir dans le lit de la Moise (à droite), cela peut être effectué au niveau du profil 15 lorsque les rus sont proches et au même niveau altimétrique.

- **Désenvasement et diversification sur le Noir**

Dans ce scénario, le moulin est donc alimenté en permanence par le ru Noir et par les rejets de la STEP de Vaumoise.

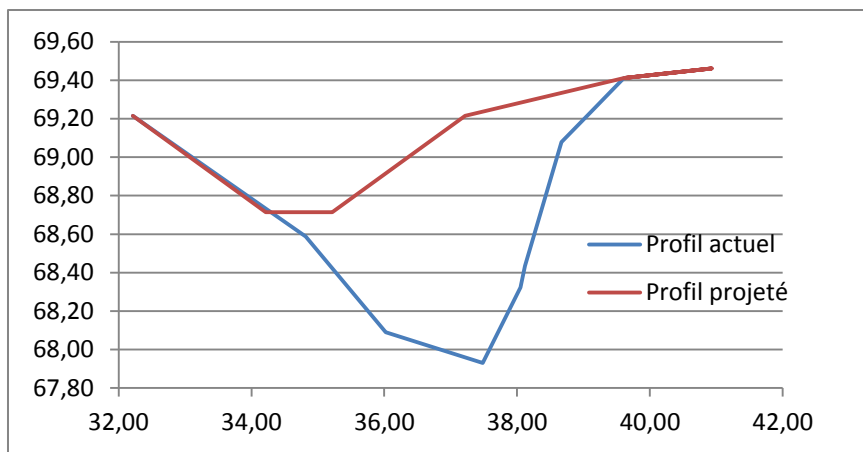
L'objectif étant de maintenir les eaux du Noir dans le lit actuel, il en passe par une restauration de celui-ci. Comme expliqué précédemment, le lit du Noir est complètement comblé sur plusieurs centaines de mètres par des matériaux impropres, il faut donc curer pour restaurer une capacité hydraulique suffisante.

Le volume de matériaux à curer est estimé de façon suivante :

Hauteur d'envasement moyen : 0.5m	}	Volume de matériaux = 600m ³
Largeur moyenne à curer dans lit : 3m :		
Linéaire de cours d'eau à curer : 400m		

L'objectif du gabarit pour le lit est tel qu'on obtienne des débordements pour des débits de crue de l'ordre de 1m³/s. Le gabarit proposé pour le ru Noir est plus petit que le gabarit actuel une fois les matériaux curés. SINBIO propose le gabarit suivant :

Gabarit comparé au niveau du profil 22 sur le Noir:



Largeur en pied de berge : 1m
 Hauteur des berges : 0.5 m
 Largeur en crête de berge : 5 m
 Pente des berges : 2/1 à 3/1

Les débits pleins bords sont les suivants :

Niveau plein bord	69.21 NGF
Gabarit actuel (désenvasé)	4.1 m ³ /s
Gabarit projeté	0.8 m ³ /s

Un gabarit plus restreint pourrait causer des risques d'envasement. Le niveau de la nappe assurera le caractère humide du « marais ».

Les travaux de reprofilage devront être réalisés du profil 19 au profil 26, en aval du profil 19, le Noir sera envoyé par l'ouvrage du moulin et aucun changement de gabarit ne sera réellement profitable au cours d'eau.

Coût des travaux

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Traitement sélectif de la ripisylve et des embâcles, sur env 400 ml (Niveau 2)	ml	400	10 €	4 000 €
Curage de la vase du lit du ru Noir	m ³	600	15 €	9 000 €
Modelage du lit du ru Noir avec les matériaux de déblai, apport de matériaux si nécessaire sur 400ml de cours d'eau	ml	450	30 €	13 500 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m ²	1350	7 €	9 450 €
Végétalisation des berges Ensemencement, Plantation d'hélophytes	ml	500	10 €	5 000 €
Coût total (€HT)				40 950 €

- **Aménagement du changement de lit entre le Noir et la Moise**

Comme expliqué en préambule, ce scénario propose que le lit du Noir rejoigne le lit du Moise au niveau du profil 15, alors que les eaux de la Moise sont connectées au lit en rive gauche qui s'apparente aujourd'hui à un drain.

Pour cela, plusieurs aménagements sont à prévoir :

- Création d'une portion de lit permettant de relier le lit du Noir au lit de la Moise
- Création d'un nouveau lit permettant de relier le lit de la Moise au lit existant à gauche
- Comblement et végétalisation du lit de la Moise entre les deux bras (50m)
- Travaux sur la buse
 - o Arrachage des palplanches
 - o Découpage de la buse
 - o Enlèvement de la buse
 - o Remise en état du lit du Moise dans la partie endommagée par l'opération
- Comblement et végétalisation du lit du Noir en amont de la buse

Coût des travaux sur le Noir:

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement du lit du bras de connexion du Noir et comblement du lit en amont de la buse	m3	180	5 €	900 €
Végétalisation des berges Ensemencement, Plantation d'Hélophytes	ml	30	8 €	240 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	90	7 €	630 €
Suppression et évacuation de la buse	fft.	1	2 000 €	2 000 €
Coût total (€HT)				3 770 €

Coût des travaux sur la Moise :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement du lit du bras de connexion du Noir et comblement du lit en amont de la buse	m3	180	5 €	900 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet 1 arbre + 2 arbustes / 15 ml et Hélophytes	ml	30	15 €	450 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	90	7 €	630 €
Coût total (€HT)				1 980 €

- **Travaux de diversification sur le ru Moise (idem scénario 1)**

L'objectif hydraulique et écologique est d'obtenir des variations de la ligne d'eau par rétrécissement du gabarit mais surtout de diversifier le milieu physique et les habitats.

La Moise étant en fond de vallée, il est proposé de modifier le tracé et le gabarit par reméandrage dans le fuseau surdimensionné existant. Le reméandrage dans le fuseau sera réalisé essentiellement par du reprofilage de berges en déblai/emblai, de façon alternée, ce qui permettra de recréer la sinuosité objective.

L'opération est répartie sur les 360 ml de cours d'eau allant du PT25 au PT20 avec ce qui correspond à un linéaire d'environ 250 mètres de berges à aménager et donc à environ 20-25 portions de berges alternées.

Coût estimatif des travaux secteur amont, sur 250 ml de cours d'eau :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement des berges en déblai / remblai pour adoucir la pente et permettre l'implantation étagée de la végétation. Modelage de banquettes en pied	m3	375	20 €	7 500 €
Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes réalisées avec les matériaux de remblai.	pieux	250	20 €	5 000 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	750	7 €	5 250 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbres et d'arbustes en bosquet 1 arbre + 2 arbustes / 15 ml et Hélophytes	ml	250	15 €	3 750 €
Coût total (€HT)				21 500 €

Mise en place d'épis peignes déflecteurs

Cela nécessite par peigne :

- 8 pieux soit environ 270 €. H.T.
- 3 m³ de rémanents végétaux (+ fil de fer + terre + compactage), estimés à 100 €. H.T.
- Mise en œuvre (130 €. H.T)

Le tarif total d'un épi déflecteur peigne des dimensions citées précédemment est d'environ 450 - 500 €. H.T.

- **Aménagement de la zone humide aménagée (ZHA)**

A la différence du scénario 1 où le rejet de la station est séparé du cours d'eau et envoyé à part dans une zone de rejet végétalisée (ZRV), nous proposons ici de faire passer les eaux du Noir et les eaux traitées dans une zone humide aménagée.

La zone étant déjà humide sur le secteur, il s'agit ici de la valoriser sur une surface déterminée (2000m²) en proposant des milieux humides connectés au ru au moyen de dépressions.

Pour cela, le gabarit de la rivière est donc réduit afin de favoriser les échanges (débordements) et le lit majeur et la rive sont également modelés pour créer une diversité de milieu et donc d'habitats. La réduction du gabarit de Noir est déjà proposée et comptabilisée dans le travail de diversification, les travaux décrits ici traitent davantage du lit majeur.

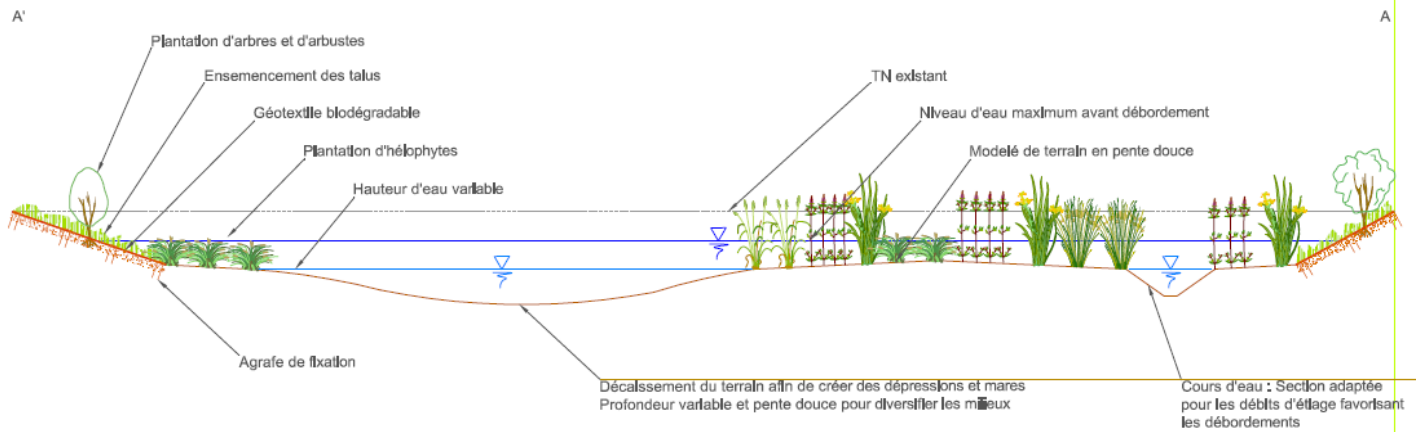
Le secteur cible est actuellement assez peu ensoleillé du fait de l'encaissement et de la végétation adulte, il faudrait donc réaliser un défrichage et un déboisement (coupe sélective des peupliers morts) et ensuite diversifier les classes d'âges et d'espèces par ensemencement.



Etat actuel



Etat projeté



Esquisse de l'aménagement

Coût de l'aménagement :

Réalisation d'une ZHA en aval de la STEP de Vaumoise	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Travaux préliminaires et terrassements				
Défrichage et coupes préalable	FFT	1	4 000 €	4 000 €
Terrassement pleine masse	m ³	1000	8 €	8 000 €
Modelage du site	m ³	600	12 €	7 200 €
Fourniture de matériaux concassés jusqu'à 200 mm	m ³	100	40 €	4 000 €
Végétalisation				
Treillis coco tissé H2M5 740 g/m ² , sur les talus et merlons	m ²	400	6 €	2 400 €
Ensemencement	m ²	2000	2 €	3 000 €
Hélophytes	u	1260	5 €	5 670 €
Arbres + protections	u	20	19 €	380 €
Arbustes + protections	u	20	13 €	260 €
Etudes complémentaires (Topo + Etude niveau PRO)	FFT	1	9 000 €	9 000 €
Cout total (€HT)				43 910 €

- **Coût global du Scénario 2**

Désignation		U	Q	PU	PT
1 Travaux préliminaires					
1.1	Installation et repliement de chantier	fft.	1	10 000 €	10 000 €
1.2	Implantation des ouvrages et piquetage	fft.	1	4 000 €	4 000 €
2 Travaux Ru Noir					
2.1	Traitement sélectif de la ripisylve et des embâcles	ml	400	10 €	4 000 €
2.2	Curage de la vase du lit du ru Noir	m3	600	15 €	9 000 €
2.3	Modelage du lit du ru Noir	ml	450	30 €	13 500 €
2.4	Protection des berges	m2	1 350	7 €	9 450 €
2.6	Aménagement de la connexion vers le lit de la Moise	fft.	1	1 770 €	1 770 €
2.7	Suppression et évacuation de la buse	fft.	1	2 000 €	2 000 €
2.8	Aménagement d'une Zone Humide Artificielle	fft.	1	43 910 €	43 910 €
3 Travaux Ru Moise					
3.1	Débroussaillage - Coupe sélective	ml	400	10 €	4 000 €
3.2	Reprofilage de berge en déblai / remblai sur 20-25 secteurs de 10ml	fft.	1	21 500 €	21 500 €
3.3	Mise en place de 8 peignes réalisés avec les matériaux de coupe	u	8	500 €	4 000 €
3.4	Création d'un nouveau lit permettant de relier le lit de la Moise au lit existant à gauche (25ml)	fft.	1	1 770 €	1 770 €
3.5	Aménagement de l'annexe hydraulique dans l'étang hors d'eau aval	fft.	1	1 000 €	1 000 €
4 Imprévus travaux (10 %)					12 990 €
TOTAL OPERATION € HT					142 890 €
TVA (20%)					28 578 €
TOTAL OPERATION € TTC					171 468 €

4.4. Propositions d'aménagements sur le secteur médian (Annexe 8a)

Pour le secteur médian, les propositions d'aménagements ne sont pas liées aux scénarios retenus pour la partie amont. Dans les deux cas, le lit actuel du Moise servira à alimenter le moulin avec un débit sanitaire et le lit à restaurer se trouve à gauche.

L'état actuel du secteur médian (réseau ramifié de nombreux drains et du lit du Noir) et l'activité économique sur ces parcelles ne permettent pas d'envisager une restauration du lit majeur. Cependant, une restauration est possible dans l'emprise du lit mineur par la réduction de la section en pied de berge et/ou par un adoucissement des pentes des berges.

4.4.1. Scénario 1 : Reprofilage et renaturation des berges du lit principal

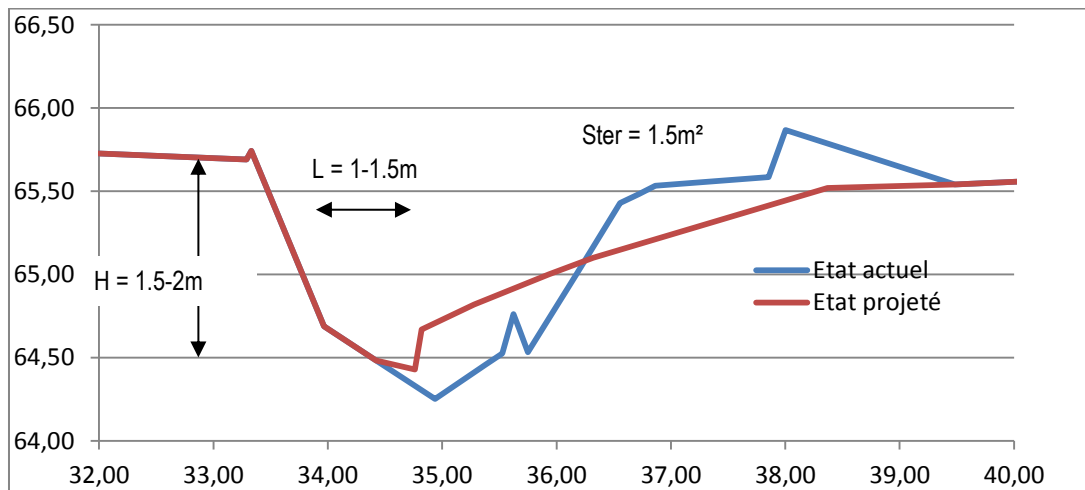
- **Principe**

Le principe du scénario 1 est de proposer un reprofilage des berges sur le lit du ru Noir actuel qui recueillera les débits du Moise + une partie du débit du Noir. Cette diversification est proposée sur l'ensemble du linéaire du secteur médian.

- **Description et coût de l'aménagement**

Le reméandrage dans le fuseau sera réalisé essentiellement par du reprofilage de berges en déblai/emblai, de façon alternée, ce qui permettra de recréer la sinuosité voulue. La pente de la berge talutée sera de 3H/1V.

Comparaison des gabarits au niveau PT11 avant et après aménagements (Annexe 10 a et b)



La capacité hydraulique sera ainsi réduite de moitié en partie pour les débits faibles à modulaires, ou les niveaux d'eau seront beaucoup plus variés du fait du resserrement du lit important en pied de berge.

Le reprofilage est alterné tous les 8-13m.

La largeur du cours d'eau est réduite de moitié (de 2m) en pied afin d'obtenir des amplitudes de sinuosité qui soient de l'ordre de 4m.

L'opération sera répartie sur les 900 ml de cours d'eau de No2, allant du PT19 au PT6, ce qui correspond à un linéaire d'environ 600 mètres de berges à aménager (2/3 du linéaire est un objectif ambitieux).

Les 300 mètres restants seront laissés sans intervention ou aménagés avec des épis peignes.

Comme pour le secteur 1, l'aménagement sera peu fondé avec 3 à 4 pieux par banquette. Le cours d'eau étant très peu morphogène et puissant, il n'y a pas de risque de déstabilisation des berges ; ce qui dans ce cas laisserait une part de divagation au cours d'eau.

Coût estimatif des travaux secteur amont, sur 600 ml de cours d'eau :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Terrassement des berges en déblai / remblai pour adoucir la pente et permettre l'implantation étagée de la végétation. Modelage de banquettes en pied de berge	m3	900	20 €	18 000 €
Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes (1pieux /2 ml)	pieux	300	20 €	6 000 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	3000	7 €	21 000 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation en bosquet 2 arbustes / 15 ml et hélrophytes (4u/m²)	ml	600	10 €	6 000 €
Coût total (€HT)				51 000 €

En plus de cette technique de base, SINBIO propose d'associer :

- La création d'obstacles d'épis déflecteurs avec les rémanents de coupe pour réduire la capacité hydraulique et créer des variations de vitesse d'écoulement.
- Création de milieux annexes pouvant se mettre régulièrement en eau de type mare / bras mort au niveau des confluences avec les drains.

Ces techniques sont communes aux deux scénarii (Voir paragraphe 5.4.3)

4.4.2. Scénario 2 : Aménagement des pieds de berges

- **Principe**

La faisabilité du scénario 1 étant tributaire de l'acceptation de M. XXXXX, peu favorable à la modification du tracé de la rivière et de ses cultures, SINBIO propose un type d'aménagement moins ambitieux mais efficace d'un point de vue de la diversité morphologique.

L'aménagement consiste en un modelage des matériaux en pieds de berges afin de rétrécir la largeur d'écoulement. Ce type d'aménagement nécessite peu ou pas d'apport de matériaux et est peu coûteux.

- **Description et coût de l'aménagement**

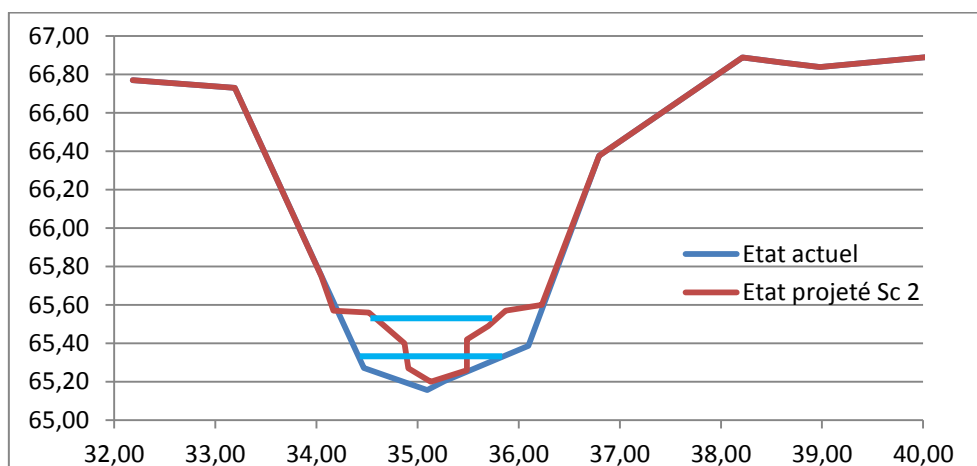
Les banquettes sont réalisées de chaque côté du lit principal, elles pourront dans certains cas (présence de drain) être aménagées d'un côté puis de l'autre comme pour l'aménagement en déblai/remblai.

Dimensions moyennes des banquettes latérales :

Hauteur = 0.3m - 0.4m

Largeur = 0.8m

Comparaison des gabarits au niveau du PT13



L'aménagement provoque un exhaussement de la ligne d'eau de 0.15m pour les débits faibles à moyens (jusqu'au module). Pour les crues, l'aménagement n'a pas d'influence sur les hauteurs d'eau.

L'aménagement est proposé sur 700 mètres linéaires de cours d'eau. Les 200 mètres restants sur le secteur médian sont laissés sans intervention ou aménagés avec des épis et marettes (voir ci-après)

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Modelage de banquettes en pied de berge	m3	350	7 €	2 450 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	1400	7 €	9 800 €
Végétalisation des berges Ensemencement et plantation d'hélophytes	ml	700	7 €	4 900 €
Coût total (€HT)				17 150 €

4.4.3. Propositions communes

- **Aménagement du rejet de la conserverie (Annexe 6 a et 6c)**

Principe

Le rejet de la conserverie est situé à 1.35m au dessus du lit et n'est pas constant, ce dernier pouvant doubler sur des périodes horaires. Ce rejet crée donc une chute occasionnant un stress hydraulique pour le milieu ce qui n'est pas très favorable. Il pourrait être aménagé une zone de rejet dans le drain longeant la route (amont) et qui conflue 1.5 mètre en amont du rejet actuel. Cet aménagement présenté en Annexe 6b qui fonctionnerait comme une noue, permettrait de tamponner les variations de débits du rejet et d'éliminer la chute. Enfin, la végétalisation du rejet permettra d'apporter un traitement complémentaire et pourrait devenir un milieu écologiquement intéressant.

Le coût de l'aménagement dépendra du tracé de la canalisation et de son éventuel passage sous la route.

Coût estimé de l'aménagement si la canalisation reste à gauche de la route : 3000 €. H.T

- **Epis peignes**

La mise en place de 6 séries de 2 déflecteurs placés de manière alternée sur les berges est envisagée.

Les épis peignes seront réalisés aux dimensions suivantes :

- 1m de largeur à la base (côté berge),
- 1.5 à 2 m de longueur ;
- 1 m de large à l'extrémité (côté eau):

Cela nécessite par peigne :

- 8 pieux soit environ 270 €. H.T.
- 3 m³ de rémanents végétaux (+ fil de fer + terre + compactage), estimés à 100 €. H.T.
- Mise en œuvre (130 €. H.T)

Le tarif total d'un épi déflecteur peigne des dimensions citées précédemment est d'environ 450 - 500 €. H.T.

- **Remodelage et plantation des points de confluence avec les drains**

Les drains sont nombreux sur ce secteur, leurs confluences avec le futur lit de la Moise constituent des portions de berges de faible hauteur à répétition.

SINBIO envisage de modeler (sur creuser) les confluences afin de créer des points bas stagnants, sorte de marettes et de planter ces zones en eaux d'hélophytes.



Exemple de milieu de marettes déjà existantes à améliorer

Description des travaux :

- Terrassement et modelage de la mare (0.5m de profondeur)
- Ensemencement et plantation d'hélophytes sur certaines mares

La mise en place de 10–15 points de confluence par ce procédé est envisagée.

Le coût par confluence de l'ordre de 150€. H.T.

- **Coût global pour le secteur médian**

Désignation		U	Q	PU	PT
1 Travaux préliminaires					
1.1	Installation et repliement de chantier	fft.	1	5 000 €	5 000 €
1.2	Implantation des ouvrages et piquetage	fft.	1	2 000 €	2 000 €
2 Travaux sur le lit principal (Moise)					
2.1	Scénario 1 : Reprofilage et renaturation des berges du lit principal	fft.	1	51 000 €	51 000 €
2.2	Scénario 2 : Aménagement des pieds de berges du lit principal	fft.	1	17 150 €	17 150 €
2.3	Aménagement du rejet de la conserverie	fft.	1	3 000 €	3 000 €
2.4	Mise en place d'épis peigne	u	12	300 €	3 600 €
2.5	Remodelage et plantations des points de confluence avec les drains	u	10	150 €	1 500 €
3 Travaux sur le bief					
3.1	Colmatage des renards hydrauliques	fft.	1	2 000 €	2 000 €
4	Imprévus travaux Scénario 1 (10 %)				6 810 €
5	Imprévus travaux Scénario 2 (10 %)				3 425 €
	TOTAL OPERATION avec Scénario 1 € HT				74 910 €
	TVA (20%)				14 982 €
	TOTAL OPERATION avec Scénario 2 € HT				37 675 €
	TVA (20%)				7 535 €
	TOTAL OPERATION avec Scénario 1 € TTC				89 892 €
	TOTAL OPERATION avec Scénario 2 € TTC				45 210 €

4.5. Propositions d'aménagements sur le secteur aval (Annexe 9)

D'un point de vue de la renaturation, le secteur aval présente un certain nombre d'avantages par rapport aux autres secteurs :

- Le lit est moins recalibré ;
- Le propriétaire en rive gauche plutôt favorable à l'aménagement de la berge sur sa rive ;
- Le lit majeur est diversifié et peut être reconnecté à la rivière

Le lit étant dans un état correct et dans le point bas de la vallée, SINBIO propose un scénario unique reposant essentiellement sur un reprofilage du lit dans le tracé actuel et sur plusieurs aménagements qu'il sera possible d'adapter.

NB : La limite aval du secteur d'étude n'inclut pas la confluence des rus Moise et Noir avec l'Automne qui constitue un point de blocage important pour la renaturation. En effet, le niveau de la brèche par laquelle les eaux des rus rejoignent l'Automne provoque un ennoisement d'une partie des lits. Cet ennoisement est un frein à l'écoulement qui provoque de l'envasement dans le lit du Noir. La renaturation du secteur aval ne pourra être complète et bien réalisée si ce verrou hydraulique n'est pas ouvert.

SINBIO proposera une extension de la présente mission pour étudier les différentes possibilités d'aménagements de la confluence.

4.5.1. Reprofilage du lit dans son tracé actuel

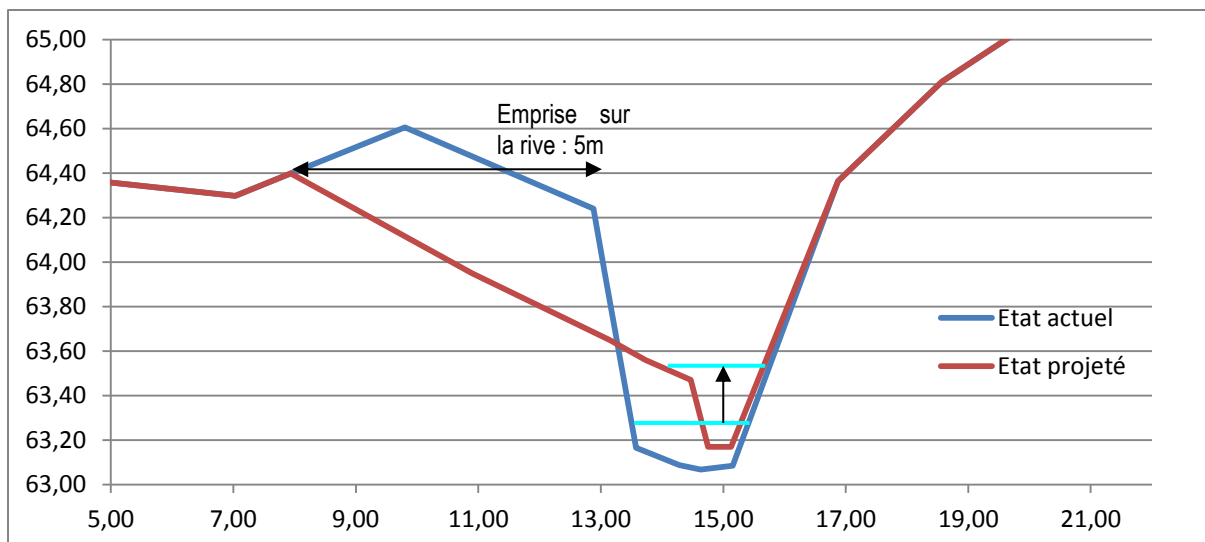
- **Principe**

Le principe est toujours de proposer un reprofilage des berges sur le lit du ru Noir actuel qui recueillera les débits du Moise + une partie du débit du Noir. Cette diversification est proposée sur l'ensemble du linéaire du secteur aval

- **Description et coût de l'aménagement**

Le reméandrage dans le fuseau sera réalisé essentiellement par du reprofilage de berges en déblai/emblai, de façon alternée ce qui permettra de recréer la sinuosité voulue. La pente de la berge talutée sera de 5H/1V. Le reprofilage pourra être réalisé sur les deux berges à partir des parcelles de M. XXXXX.

Comparaison des gabarits au niveau PT03 avant et après aménagements



La pente de la berge est volontairement faible (5H/1V) pour permettre à une végétation diversifiée de prendre place. L'emprise sur la berge en rive gauche est de 5m et les matériaux terrassés sont utilisés pour créer le pied de berge. La réduction de la largeur en pied entraîne une diminution de la capacité hydraulique et un exhaussement de la ligne d'eau de 25cm au module.

Niveau d'eau modulaire avant aménagement : 63.27mNGF

Niveau d'eau modulaire après aménagement : 63.50mNGF



Berge à aménager au niveau du PT3

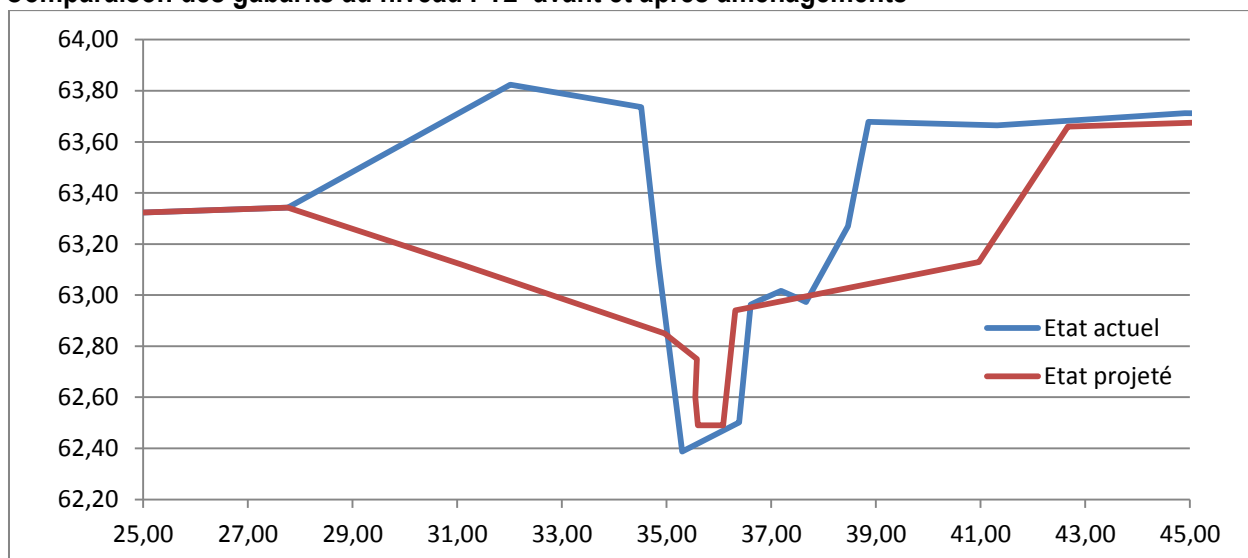
Coût de l'aménagement :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Coupe sélective en rive gauche	ml	400	5 €	2 000 €
Terrassement des berges en déblai / remblai pour adoucir la pente (3H/1V à 5H/1V) et permettre l'implantation étagée de la végétation. Modelage de banquettes en pied de berge	m3	800	20 €	16 000 €

Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes (1pieux /2 ml)	pieux	200	20 €	4 000 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	2000	7 €	14 000 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbustes en bosquet 2 arbustes / 15 ml et Hélophytes	ml	400	10 €	4 000 €
Coût total (€HT)				38 000 €

A partir de la propriété de M. XXXXX, SINBIO propose d'aménager les deux berges :

Comparaison des gabarits au niveau PT2 avant et après aménagements



Coût de l'aménagement :

Type de travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire (€HT)	Coût total (€HT)
Curage des matériaux au fond du lit sur 100m en amont de la confluence	m3	60	15 €	900 €
Terrassement des deux berges en déblai / remblai pour adoucir la pente de 3H/1V à 5H/1V Modelage de banquettes en pied de berge	m3	1000	20 €	20 000 €
Mise en œuvre de pieux en butée des banquettes (1pieux /2 ml)	pieux	125	20 €	2 500 €
Protection des berges par géotextile biodégradable en coco	m2	1250	7 €	8 750 €
Végétalisation des berges Ensemencement, plantation d'arbustes en bosquet 2 arbustes / 15 ml et Hélophytes	ml	250	10 €	2 500 €
Coût total (€HT)				34 650 €

4.5.2. Aménagements d'annexes hydrauliques

Il s'agit de creuser des dépressions de l'ordre de quelques dizaines de m² dans la zone humide en rive gauche du futur lit principal. Ces dépressions pourront être connectées au cours d'eau ou uniquement alimentées par la nappe.

La forme de la mare sera irrégulière, elle présentera des courbes avec une risberme (haut-fond) plus ou moins large, pour prendre un aspect le plus naturel possible et offrir des habitats aquatiques variés.

SINBIO propose l'aménagement de 3 mares de faible profondeur sur le secteur aval :

Création de 3 annexes hydraulique	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Terrassements				
Défrichage et coupes préalable	FFT	1	1 000 €	1 000 €
Terrassement pleine masse et modelage	m ³	750	10 €	7 500 €
Végétalisation				
Ensemencement	m ²	1000	2 €	1 500 €
Hélophytes	u	1000	5 €	4 500 €
Arbres + protections	u	20	19 €	380 €
Arbustes + protections	u	20	13 €	260 €
Cout total (€HT)				15 140 €

4.5.3. Aménagements de la confluence

Un dysfonctionnement majeur sur les rus est identifié en aval de leur confluence. Les rus n'ont plus de réel exutoire du fait du comblement du bief de l'ancien moulin de Pondron. Ils s'engouffrent par une brèche de l'ancien bief, ce qui constitue un point haut, entraînant une zone stagnante sur une centaine de mètres en amont ainsi qu'un engorgement important



Brèche dans l'ancien bief, passage de la Moise vers l'automne en aval



Engorgement sur le ru Noir en amont : 0.8m de vase mesuré à la mire

Afin d'étudier une solution d'aménagement pour l'exutoire, il conviendrait d'étendre les relevés topographiques en aval et d'étudier les possibilités de :

- Création d'un nouveau lit
- Restauration de la continuité depuis l'Automne
- Aménagement de l'ancien bief

- **Coût global pour le secteur aval (hors aménagement de la confluence)**

Désignation		U	Q	PU	PT
1 Travaux préliminaires					
1.1	Installation et repliement de chantier	fft.	1	5 000 €	5 000 €
1.2	Implantation des ouvrages et piquetage	fft.	1	2 000 €	2 000 €
2 Travaux sur le lit principal (Moise)					
2.1	Reprofilage du lit dans son tracé actuel amont 1 berge sur 400ml	fft.	1	38 000 €	38 000 €
2.2	Reprofilage du lit dans son tracé actuel aval 2 berges sur 300ml	fft.	1	33 750 €	33 750 €
2.3	Aménagements d'annexes hydrauliques	fft.	1	15 140 €	15 140 €
2.4	Aménagement de la confluence	fff		Non-chiffré	
4 Imprévus travaux Scénario 1 (10 %)					9 389 €
TOTAL OPERATION € HT					112 668 €
TVA (20%)					22 534 €
TOTAL OPERATION € TTC					135 202 €

4.6. Prix de l'aménagement global

Secteur	Scénario	Coût (€ HT)
Amont	Scénario 1	119 306 €
Amont	Scénario 2	142 890 €
Médian	Scénario 1	74 910 €
Médian	Scénario 2	37 675 €
Aval	Tout scénario	113 748 €

Aménagement Global	Coût (€ HT)
Scénario 1 Amont + Scénario 1 Médian + Scénario 3	307 964 €
Scénario 1 Amont + Scénario 2 Médian+ Scénario 3	270 729 €
Scénario 2 Amont + Scénario 1 Médian+ Scénario 3	331 548 €
Scénario 2 Amont + Scénario 2 Médian+ Scénario 3	294 313 €

5. CHIFFRAGE DES DIFFERENTS SCENARII ET COMPARAISON





5.1. Tableau comparatif des scénarii

Une comparaison des scénarii est effectuée par rapport à plusieurs critères et un code couleur est proposé afin de faciliter la comparaison.

Les critères de comparaison des scénarii et le code couleur proposés sont les suivants :

- 1) **Diversité morphologique recréée** : il s'agit d'évaluer si le scénario proposé permet d'apporter une véritable plus value au milieu. Il s'agit également d'évaluer si le tracé proposé est proche des caractéristiques établies lors du diagnostic ;
- 2) **Continuité écologique** : Il s'agit d'évaluer si le franchissement et le transit sédimentaire sont rétablis totalement (sans obstacle) ou si une chute subsiste et si est c est le cas, si elle est franchissable ;
- 3) **Faisabilité technique** : l'évaluation de la faisabilité technique passe par les critères d'accès au chantier, de faciliter de réalisation et de manière générale des contraintes techniques de réalisation ;
- 4) **Impact foncier** : il s'agit d'évaluer l'impact des travaux sur les aspects fonciers (traversée de parcelles agricoles...)
- 5) **Maintien des fonctions** : il s'agit d'évaluer si les mesures compensatoires proposées permettent d'assurer le maintien des usages en place
- 6) **Investissement** : Il s'agit de comparer le coût engendré par les scénarii
- 7) **Fonctionnement et entretien** : Il s'agit de comparer les scénarii par rapport à l'entretien et la veille qu'ils nécessiteront, en particulier par rapport à la présence d'ouvrage et la régulation du débit vers le moulin.

Le code couleur est le suivant :

Code couleur				
Analyse	Le résultat obtenu est mauvais. Le scénario ne permet pas de répondre aux objectifs fixés	Le résultat obtenu est passable. Le scénario proposé permet de répondre à une minorité des objectifs fixés	Le résultat obtenu est bon. Le scénario proposé permet de répondre à une grande partie des objectifs fixés	Le résultat est excellent. Le scénario proposé permet de répondre à la majorité des objectifs fixés

5.2. Comparaison des scénarii du secteur amont

Critères de comparaison	Etat actuel	Scénario 1	Scénario 2
Diversité morphologique	Les rû sont très dégradés d'un point de vu morphologique Noir : envasement généralisé Moise : Surgabarit et influence de l'ouvrage du moulin	La réunion des lits permet d'envisager une meilleure restauration morphologique car le débit dans le cours d'eau sera supérieur au Sc2. D'autre part l'aménagement de la ZRV permettra d'améliorer la qualité de l'eau avant le rejet ce qui est favorable à la reconquête du milieu par les espèces.	La restauration est satisfaisante : - Les deux lits sont restaurés ; - Le Noir sera dépollué et une zone humide aménagée permettra de connecter le lit majeur au rûs.
Efficacité continuité écologique	La continuité écologique est bloquée sur la moitié linéaire par la buse de franchissement	La continuité est rétabli la majorité du temps. L'ouvrage de régulation crée une chute de 0.25m qui peut engendrer un blocage pour les poissons en période de basses eaux	La restauration de la continuité est obtenue puisque l'axe de continuité choisi est réaménagé sans ouvrage.
Fonction associés (agrément paysager)	Le paysage est fortement dégradé en amont du fait de la pollution par la STEP.	L'amélioration de la qualité des eaux de la STEP permettra une amélioration notable du milieu. Le cours d'eau renaturé et les éclaircissements de la végétation donneront une visibilité et attrait supérieur au secteur amont	Idem que pour le scénario 1. L'aménagement de la Zone humide autour du Noir pourrait être rendue accessible par des cheminements et apportera également une plu value paysagère.
Contraintes techniques	X	La réalisation du scénario ne présente pas de difficulté majeure, cependant les accès dans bois ne sont pas faciles. La réalisation du changement de lit avec création de la portion de bras est la partie technique (présence de la conduite de gaz) L'aménagement et le calage de l'ouvrage de régulation demandera un calage hydraulique très fin.	Idem que pour le scénario 1, les accès ne sont pas faciles, d'autant que la restauration du lit du Noir implique un travail de curage supplémentaire avec des matériaux pollués.
Contraintes foncières		Les contraintes foncières sont moyennes, l'emplacement de la ZRV se trouve essentiellement sur les parcelles de M. XXXXX, plutôt favorable. Il y a également les bras à créer (confluence + bras de connexion) sur les parcelles de M. XXXXX.	Idem que pour le scénario 1 mais il n'y pas de création de bras donc moins de contrainte sur la partie aval.
Investissement		Investissement assez important 119 306 € HT	Investissement assez important 142 890 € HT
Fonctionnement et entretien	Pas d'entretien effectué	Les ouvrages hydrauliques sont fixes mais nécessiteront tout de même un suivi au début pour s'assurer que la répartition de débits respecte les objectifs. Les ouvrages de génie végétal nécessitent un suivi les premières années après travaux	Les ouvrages de génie végétal nécessitent un suivi les premières années après travaux
Subvention possible		OUI	OUI

5.3. Comparaison des scénarii du secteur médian

Critères de comparaison	Etat actuel	Scénario 1	Scénario 2
Diversité morphologique	Les rû sont très dégradé d'un point de vu morphologique Noir : Surgabarit et eaux transitant fortement polluées Moise : Influence de l'ouvrage et pollution	La restauration de l'axe de continuité est ambitieuse. Les aménagements en déblai-remblai et autres actions de diversification permettront de se rapprocher de la morphologie générale. La végétalisation sera favorisée par les berges en pente douce. Les habitats seront diversifiés Le lit majeur (rive) reste perché du fait de la culture des peupliers	La restauration est satisfaisante : - La diversité morpo est accentuée par les banquettes - Les habitats sont recréés Peu de connexion avec les berges et le lit majeur.
Efficacité continuité écologique	La continuité écologique est bloquée sur la moitié linéaire par la buse de franchissement	La continuité est rétabli sur la futur lit principal et l'exhaussement de la lame d'eau est favorable à la circulation piscicole et au transit des sédiments	Idem
Usage économique et agrément paysager	Les parcelles sont cultivées : peupliers	L'abaissement des berges pourrait nécessiter l'abatage de quelques individus situés en crête de berges. La modification de la ligne d'eau n'engendrera pas de mortalité des peupliers	La modification de la ligne d'eau n'engendrera pas de mortalité des peupliers. Quelques coupes isolées pour les accès
Contraintes techniques	X	La réalisation du scénario ne présente pas de difficulté majeure, les accès sont plutôt faciles ; une piste d'accès avait été créé lors du drainage des parcelles et existe encore.	Peu de travaux
Contraintes foncières		Des contraintes foncières sur les hautes de berges avec des bande de 1.5m-2m à terrasser.	Pas de contrainte foncière hormis l'aménagement du rejet
Investissement		Moyen 74 910 € HT	Investissement faible 37 675 € HT
Fonctionnement et entretien	Pas d'entretien effectué	Les ouvrages de génie végétal nécessitent un suivi les premières années après travaux	Les ouvrages de génie végétal nécessitent un suivi les premières années après travaux
Subvention possible		OUI	OUI

5.4. Comparaison des scénarii du secteur médian

Critères de comparaison	Etat actuel	Scénario 1
Diversité morphologique	Les rûs sont très dégradés d'un point de vu morphologique Noir : Surgabarit et eaux transitant fortement polluées + envasement à l'aval	La restauration de l'axe de continuité est ambitieuse. Les aménagements en déblai-remblai et autres actions de diversification permettront de se rapprocher de la morphologie générale. La végétalisation sera favorisée par les berges en pente douce. Les habitats seront diversifiés Le lit majeur sera bien reconnecté par la création de mares inondables Le scénario ne prévoit pas à ce stade d'aménagement de la confluence des rûs à l'aval (hors mission) ce qui crée un désordre notable
Efficacité continuité écologique	Le transit sédimentaire est peu efficace en raison de l'exutoire aval et de la brèche qui cause de l'envasement	La continuité est rétablie sur le futur lit principal et l'exhaussement de la lame d'eau est favorable à la circulation piscicole et au transit des sédiments
Fonction associés (agrément paysager)	Moulin du Lieu Restauré et plans d'eau Culture des peupliers	L'alimentation du moulin est conservée. L'abaissement des berges pourrait nécessiter l'abatage de quelques individus situés en crête de berges. La modification de la ligne d'eau n'engendrera pas de mortalité des peupliers
Contraintes techniques	X	La réalisation du scénario ne présente pas de difficulté majeure, les accès sont plutôt faciles sauf en amont du secteur (présence de drains).
Contraintes foncières	X	Des contraintes foncières sur les hautes de berges avec des bande de 1.5m-2m à terrasser. Les propriétaires seraient cependant plutôt favorables
Investissement	X	Important 113 748 € HT (hors aménagement de l'exutoire des rûs)
Fonctionnement et entretien	Pas d'entretien effectué	Les ouvrages de génie végétal nécessitent un suivi les premières années après travaux
Subvention possible	X	OUI