

Etude de définition de la restauration hydromorphologique de la Mauvaise dans le secteur de la rue du Lac à Saint- Symphorien-d'Ancelles (71)

Phase 3 - Avant-Projet

Affaire n°BOUP230050 suivie par Grégory MARCAGGI - 06 74 89 97 45 -
gregory.marcaggi@irh.fr



Fiche synthétique

Etude de définition de la restauration hydromorphologique de la Mauvaise dans le secteur de la rue du Lac à Saint-Symphorien- d'Ancelles (71)

CLIENT

Mâconnais-Beaujolais Agglomération

67 Esplanade du Breuil
71 000 MACON

Mme BORDET Marylee

RAPPORT D'IRH INGÉNIEUR CONSEIL

Date de remise	24 Novembre 2023
Responsable de l'offre	Grégory MARCAGGI
Domaine de compétence / métier	Aménagements hydrauliques et milieux aquatiques
Thématique principale	Ecomorphologie
Affaire n°	BOUP230050
Version n°	1

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	MAISONNEUVE P.	Ingénieure d'étude	Novembre 2023	
Approbation	MARCAGGI G.	Ingénieur de projet	Novembre 2023	

IRH Ingénieur Conseil est certifié :



Portées communiquées sur demande

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	5
2. Conception et dimensionnement du projet	6
2.1. Projet étudié.....	6
2.2. Scénario 1	6
2.2.1. Aménagement des berges au droit des habitations.....	6
2.2.2. Restauration morphologique du linéaire	10
2.2.3. Estimation du montant des travaux	14
2.3. Scénario 2	16
2.3.1. Aménagement des berges au droit des habitations.....	16
2.3.2. Restauration morphologique du linéaire	18
2.3.3. Estimation du montant des travaux	22
3. Etude hydraulique en état projet	24
3.1. Rappel de la situation en état initial.....	24
3.1.1. Débits de référence	24
3.1.2. Synthèse des principaux résultats	24
3.2. Fonctionnement hydraulique en état projet.....	25
3.2.1. Scénario 1	25
3.2.2. Scénario 2	31
4. Synthèse et comparaison des scénarios	36

Table des annexes

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du linéaire d'étude	5
Figure 2 : Reconstitution d'une berge et protection du pied en aval du pont communal.....	7
Figure 3 : Reconstitution d'une berge et protection du pied en rive droite	7
Figure 4 : Géométrie et dimensions du lit projet au droit du profil 9.....	8
Figure 5 : Coupe type au droit des habitations (profil 7)	10
Figure 6 : Interventions ponctuelles sur le profil en long en état projet	10
Figure 7 : Recharge sédimentaire pour protection des fondations	11
Figure 8 : graphique illustrant la résistance de chaque technique (source INRAE)	12
Figure 9 : Profil illustrant le reprofilage de la berge et la protection du pied.....	12
Figure 10 : Coupe type des opérations de restauration.....	14
Figure 11 : Géométrie et dimensions du lit projet	17
Figure 12 : Interventions ponctuelles sur le profil en long en état projet	19

Figure 13 : Recharge sédimentaire pour protection des fondations	19
Figure 14 : Reprofilage de berge au droit du profil 5	20
Figure 15 : graphique illustrant la résistance de chaque technique (source INRAE)	20
Figure 16 : Profil illustrant le reprofilage de la berge et la protection du pied.....	21
Figure 17 : Profil illustrant le reprofilage et la diversification des écoulements.....	22

1. Contexte et objectifs

La Mauvaise (U4310560) est un affluent de la Saône à cheval entre les départements du Rhône et de la Saône-et-Loire.

Suite à la déstabilisation des berges sur le linéaire de la Mauvaise situé en aval de l'autoroute A6, et dans le cadre de sa compétence GEMAPI, Mâconnais Beaujolais Agglomération s'est engagé auprès des riverains impactés à lancer une étude destinée à concevoir un projet de restauration du cours d'eau et de ses berges.

L'objectif de la présente étude est tout d'abord de réaliser un état des lieux du linéaire de la Mauvaise en caractérisant la morphologie du cours d'eau mais également la nature des berges et l'état de conservation d'un ouvrage de franchissement communal. Le diagnostic sera complété par une analyse du fonctionnement hydraulique du linéaire afin de déterminer les contraintes qui s'exercent sur les berges et le fond du lit. Sur la base de ces éléments un projet sera étudié, il s'agira de proposer des aménagements permettant à la fois de résoudre les problèmes d'instabilité des berges et d'améliorer la qualité physique et biologique du linéaire.

L'étude se concentre sur un linéaire d'environ 450 mètres en aval de l'autoroute A6, sur la commune de Saint-Symphorien-d'Annelles.

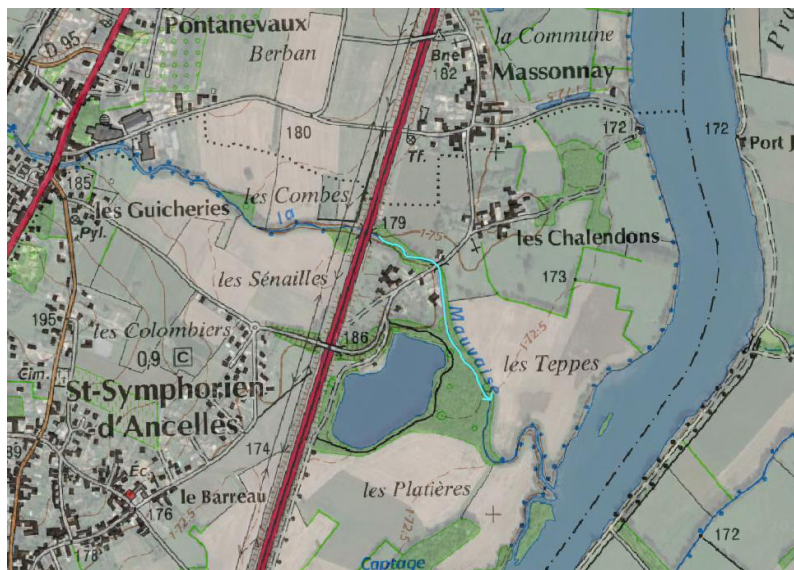


Figure 1 : Localisation du linéaire d'étude

L'étude s'articule en 3 phases :

- Phase 1 : Collecte et analyse des données disponibles et terrain
- Phase 2 : Calculs hydrauliques et puissance spécifique
- Phase 3 : Définition du projet de restauration physique du tronçon (AVP)

Le présent rapport correspond au rendu de la phase 3 d'Avant-Projet.

2. Conception et dimensionnement du projet

2.1. Projet étudié

Lors des phases précédentes « Etat des lieux » et « Calculs hydrauliques » des propositions d'aménagement ont été présentées afin d'aborder les premiers éléments de réflexion concernant les possibilités d'intervention sur le linéaire. Deux catégories d'aménagement ont été proposés : aménagement de la rive droite pour traiter la problématique d'érosion au droit des habitations et restauration du linéaire pour améliorer la qualité physique et biologique de la Mauvaise.

Deux scénarios ont été étudiés avec des niveaux d'ambition différents notamment au droit des habitations riveraines où le second scénario propose un décalage du lit en rive droite permettant ainsi de réduire les protections de berge.

2.2. Scénario 1

Le scénario 1 consiste à proposer une solution minimaliste dans la mesure où l'emprise du projet conserve le tracé actuel du cours d'eau et nécessite une emprise limitée en haut de berge.

2.2.1. Aménagement des berges au droit des habitations

Cette intervention consiste à restaurer la berge située rive droite qui longe les habitations riveraines. En effet, sur un linéaire d'environ 70 mètres, la berge s'est effondrée suite à un affouillement du pied et l'érosion en cours représente une menace pour les parcelles riveraines. Par conséquent le projet prévoit la reconstitution d'une berge et sa stabilisation.

2.2.1.1. Profil en long

Le tracé en plan étant conservé le profil en long ne sera pas modifié, la pente moyenne sur ce tronçon est de 0,23 %. A noter néanmoins que le décalage du lit d'étiage va entraîner un lissage de la pente avec notamment la suppression des fosses d'affouillement qui se sont formées en rive droite.

2.2.1.2. Reconstitution de la berge

Pour reconstituer la berge, il s'agit dans un premier temps de réaliser des travaux de terrassement en remblais. En effet, un **apport de matériaux** permettra de mettre en forme un nouveau talus. Il sera réalisé en pente douce (2H/1V) afin de garantir sa stabilité et favoriser le développement de la végétation.

Des matériaux d'apport sont prévus puisque les volumes à décaisser présents sur site sont infestés de renouées du Japon. Il s'agira de matériaux de remblais sains dont le volume est estimé à 460 m³. Une couche de terre végétale de 20 cm nappera la surface afin de favoriser le développement de la végétation.

La largeur de remblais sera comprise entre 4,00 et 4,50 m sur un linéaire total d'environ 80 mètres.

2.2.1.3. Stabilisation de la berge

Afin de sécuriser les parcelles riveraines et de stabiliser la berge reconstituée une protection du pied sera mise en place. Malgré des contraintes hydrauliques relativement limitées (45 N/m² pour Q2), le choix s'est porté sur la mise en œuvre d'un **enrochement**. Cette solution est efficace à court terme, rassurante pour les riverains et permet de réduire la largeur du remblai puisque les blocs peuvent être posés avec un fruit élevé.

L'enrochement aura une hauteur d'environ 1 mètre et sera composé de blocs libres dont le diamètre moyen sera d'environ 0,50 m. Une assise sera réalisée avec une rangée de blocs supplémentaire afin de prévenir un éventuel affouillement.

Un enrochement est également prévu en aval immédiat du pont communal. En effet, en rive gauche, la pile du pont et la situation en extrados de l'ouvrage ont favorisé la déstabilisation de la berge. Sur un linéaire un enrochement libre sera réalisé. Il sera surmonté de matériaux de remblais pour recréer une berge et permettre le développement de la végétation.

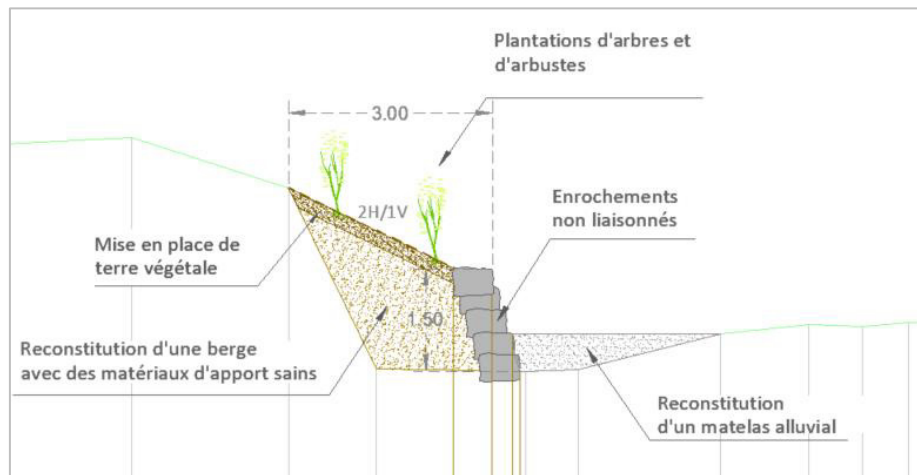


Figure 2 : Reconstitution d'une berge et protection du pied en aval du pont communal

Enfin, un enrochement sera réalisé au droit du profil 4 sur un linéaire d'environ 30 mètres. La berge présente une très forte instabilité et menace la clôture du riverain de basculement. Compte tenu de la hauteur de berge (2,50 m à la verticale) et de la situation en extrados, cette technique a été privilégiée afin de réduire l'emprise sur le lit mineur. L'enrochement permet de reconstituer une berge quasi verticale. Le décalage du pied de berge sera d'environ 2 mètres.

Des blocs seront superposés sur une hauteur de 2,50 m. En retrait la berge sera reconstituée avec des matériaux de remblais ainsi qu'une couche de terre végétale. Le talus sera protégé par un géotextile biodégradable puis végétalisé avec des arbres et arbustes.

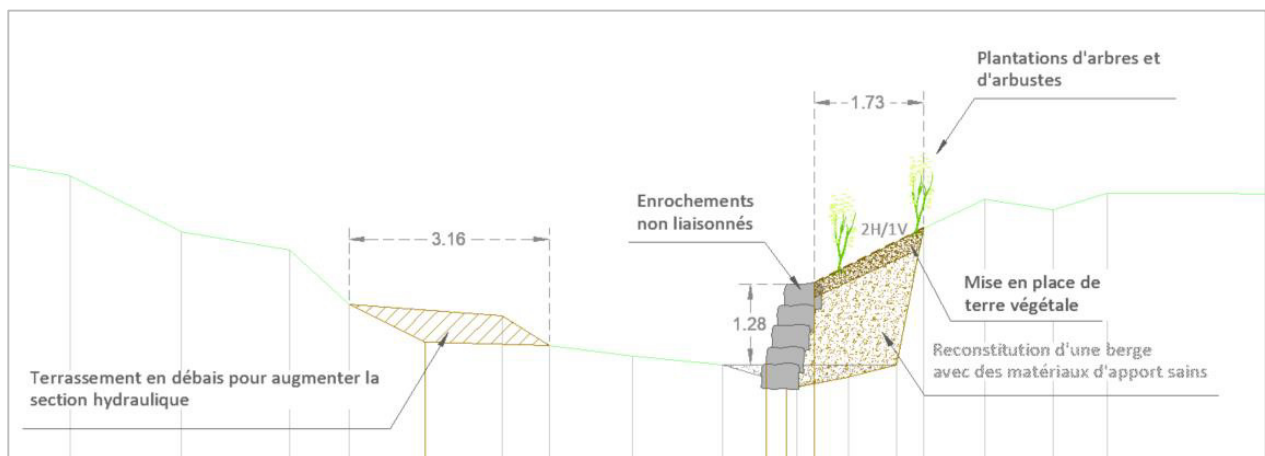


Figure 3 : Reconstitution d'une berge et protection du pied en rive droite

2.2.1.4. Augmentation de la section hydraulique

En rive gauche, le projet prévoit un **reprofilage de la berge**. L'objectif est double : adoucir la pente de berge et augmenter la section hydraulique.

Le retalutage en pente douce, 2H/1V, va permettre de favoriser le développement de la végétation rivulaire et de réduire le risque d'érosion sur le talus. Ces travaux de terrassement ont également pour objectif de compenser la reconstitution de la rive droite et la diminution de la section hydraulique.

Le reprofilage permet également d'**abaisser la crête de berge en rive gauche** et de supprimer les merlons présents en haut de berge. Ainsi, les débordements se feront préférentiellement en rive gauche et les contraintes hydrauliques seront réduites en rive droite. En retrait de la crête de berge, la surface sera aplanie afin de ne pas diriger les écoulements vers les terrains agricoles.

Enfin, le **lit d'étiage sera décalé en rive gauche** avec l'objectif de reporter les sollicitations hydrauliques sur cette berge qui présente moins d'enjeux.

Le recul de la crête de berge sera en moyenne de 2 mètres avec localement un maximum de 4 mètres au droit du profil 10. Au droit de ce profil, le mur maçonné sera démoli et les matériaux évacués.

Le volume de déblais est estimé à 1 150 m³. Une couche de terre végétale sera mise en place sur le talus pour une meilleure reprise de l'ensemencement et de la végétation.

A noter que l'ensemble des matériaux décaissés sera évacué compte tenu de la présence de renouée du Japon.

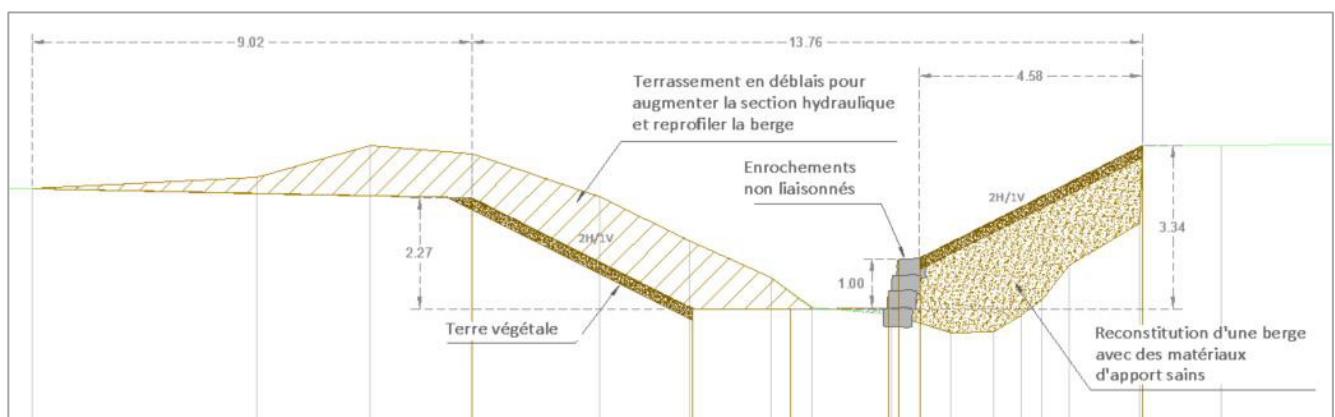


Figure 4 : Géométrie et dimensions du lit projet au droit du profil 9

2.2.1.5. Aménagements complémentaires

En complément des travaux morphologiques et de stabilisation, des aménagements sont prévus pour améliorer la qualité du linéaire d'un point de vue écologique.

a. Matelas alluvial

Le décalage du tracé va s'accompagner du creusement d'un nouveau lit d'étiage. Afin de recréer des conditions habitationnelles favorables pour la faune aquatique un matelas alluvial sera reconstitué sur une épaisseur de 0,40 m.

Pour dimensionner les classes granulométriques on s'appuie d'une part sur les espèces piscicoles potentielles ainsi que la force tractrice critique pour un débit plein bord. Dans le cas présent, la valeur seuil de mise en transport est de 30 mm.

Ainsi, les classes granulométriques retenues sont les suivantes :

- Cailloux fins 16-32 mm,
- Cailloux grossiers 32-64 mm,
- Pierres fines 64-128 mm.

b. Banquettes végétalisées

Afin de favoriser la faune aquatique il est nécessaire de resserrer les écoulements pour obtenir une lame d'eau suffisamment haute. C'est pourquoi, des banquettes ont été dimensionnées. De plus, implantées alternativement en rive droite et en rive gauche elles permettront de diversifier les écoulements.

Pour dimensionner les banquettes on s'appuie à la fois sur l'existant ainsi que des simulations hydrauliques. Sur site, au droit des atterrissements formés naturellement, la largeur du lit vif est d'environ 2,00 m. En appliquant cette largeur au lit projet on obtient une hauteur d'eau rehaussée de 10 à 20 cm.

c. Végétalisation

Des plantations seront réalisées sur les berges afin de stabiliser les talus, de créer des habitats puis valoriser le linéaire d'un point de vue paysager. On distinguera **les boutures de Saule** et **les plants à racines nues**. Les boutures permettront de végétaliser le pied de berge et d'apporter à terme de la stabilité par le système racinaire des saules.

Les plantations sur les talus se feront avec des plants à racines nues dont la densité sera d'environ 1 unité au m².

Les essences rustiques et présentes naturellement en bordure de cours d'eau seront privilégiées parmi lesquelles : Erable champêtre, Erable sycomore, Frêne commun pour les arbres, Noisetier, Cornouiller sanguin, Fusain d'Europe, Troène commun, Sureau, Aubépine monogyne, ... pour les arbustes.

En complément, l'ensemble des surfaces travaillées seraensemencé. L'intérêt est de pouvoir favoriser très rapidement après les travaux le développement d'une couverture végétale protectrice. Le réseau racinaire développé par les herbacées permet de fixer les couches superficielles du sol et lutter contre l'érosion éolienne et de ruissellement en attendant le développement des arbres et arbustes.

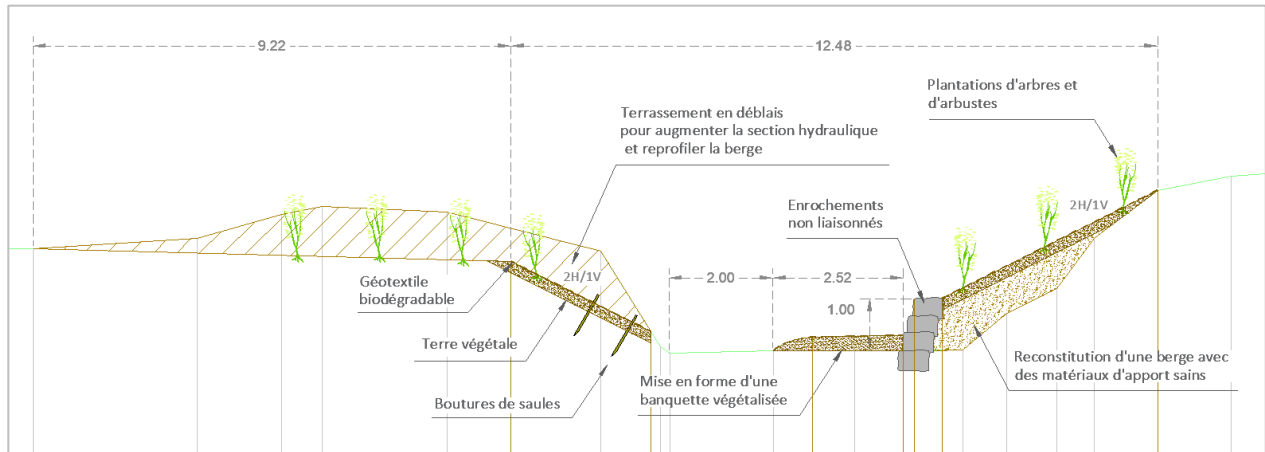


Figure 5 : Coupe type au droit des habitations (profil 7)

2.2.2. Restauration morphologique du linéaire

Les interventions ci-après ont pour objectif d'**améliorer la qualité physique et biologique** sur un linéaire d'environ 265 mètres situés en amont du pont communal et en aval des habitations situées en rive droite.

Il s'agit principalement de concentrer et diversifier les écoulements pour les faibles et moyens débits et retaluter les berges.

2.2.2.1. Profil en long

La pente moyenne entre l'ouvrage autoroutier et le pont communal est d'environ 0,20 %, elle sera identique en état projet puisque le tracé en plan est conservé.

Seules les mouilles liées à un surcreusement du fond de lit seront partiellement **comblées** afin de réduire le risque d'érosion du pied de berge, c'est le cas notamment au droit des profils 3 et 4 où des mouilles de concavités se sont formées. Au droit du profil 3, la présence d'enrochements est responsable de l'érosion et au niveau du profil 4 la reconstitution d'une berge nécessite le comblement de la fosse.

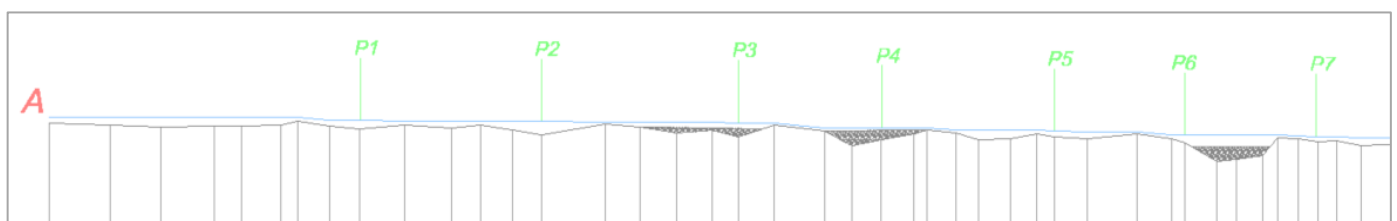


Figure 6 : Interventions ponctuelles sur le profil en long en état projet

Entre les profils 6 et 7, la **recharge sédimentaire** en fond de lit permettra de protéger les fondations des piles du pont communal. En effet, une fosse s'est formée au contact de la pile en béton, c'est pourquoi il est prévu un apport de matériaux grossiers en fond de lit. De plus, cela stabilisera le profil en long et évitera un départ d'érosion régressive et/ou progressive. Pour garantir un maintien des matériaux en périodes de hautes eaux des pierres grossières seront mises en place (128-256 mm) accompagnées d'une matrice fine (16-32 mm).

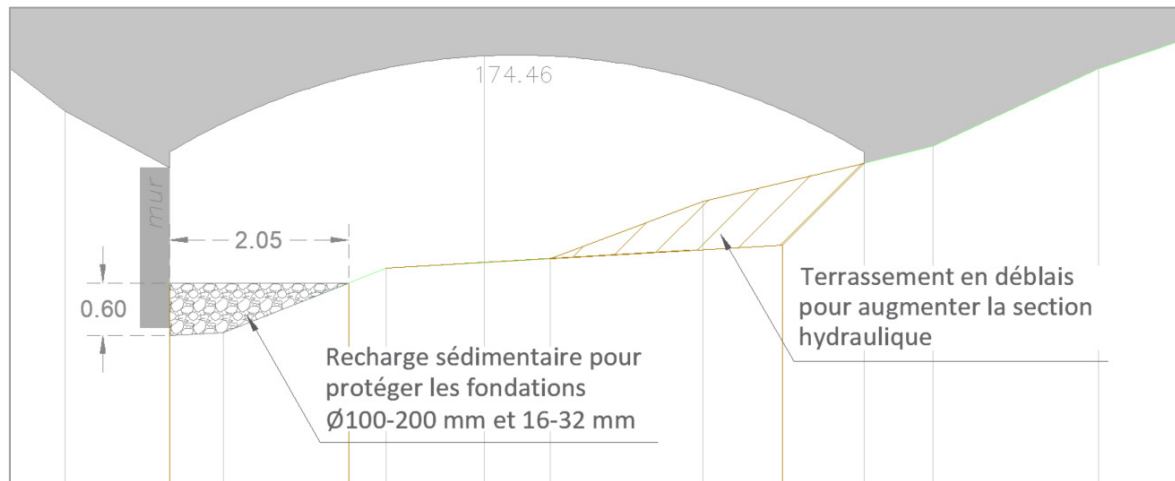


Figure 7 : Recharge sédimentaire pour protection des fondations

2.2.2.2. Reprofilage des berges

Les travaux de reprofilage concernent uniquement la rive gauche pour des raisons foncières et d'occupation des sols. En effet, en rive droite la crête de berge est en limite de parcelle privée et clôturée alors qu'en rive gauche le haut de berge est occupé par des surfaces boisées sur plusieurs dizaines de mètres.

Le **retalutage** porte également sur des portions de linéaire où la berge est fortement verticale, instable et protégée par des enrochements.

Les talus seront reprofilés selon une pente de 2H/1V afin de réduire l'efficacité des contraintes érosives et de favoriser le développement de la végétation rivulaire.

Le recul de la crête de berge variera de 2,50 à 4,00 mètres selon la hauteur de berge en situation actuelle. En arrière de la crête le terrain sera aplani pour ne pas diriger les écoulements vers les terres. L'emprise totale sera comprise entre 10 et 15 mètres.

Au droit du profil 3, les blocs en pied de berge seront retirés.

Le volume total de déblais est estimé à 1 250 m³. L'ensemble des terres excavées sera évacué en décharge adaptée puisque les matériaux sont principalement composés de déchets et infestés de rhizomes de renouée du Japon.

2.2.2.3. Protection du pied de berge

Les travaux de terrassement seront accompagnés de la mise en œuvre d'une protection du pied de berge. Une solution en **génie végétal type fascine de saules** est préconisée afin d'une part d'éviter l'érosion du pied de berge et d'autre de végétaliser le pied de berge et d'obtenir à terme un système racinaire connectée au lit mineur. Les contraintes hydrauliques estimées sont comprises entre 15 et 45 N/m² et par conséquent compatibles avec les techniques végétales.

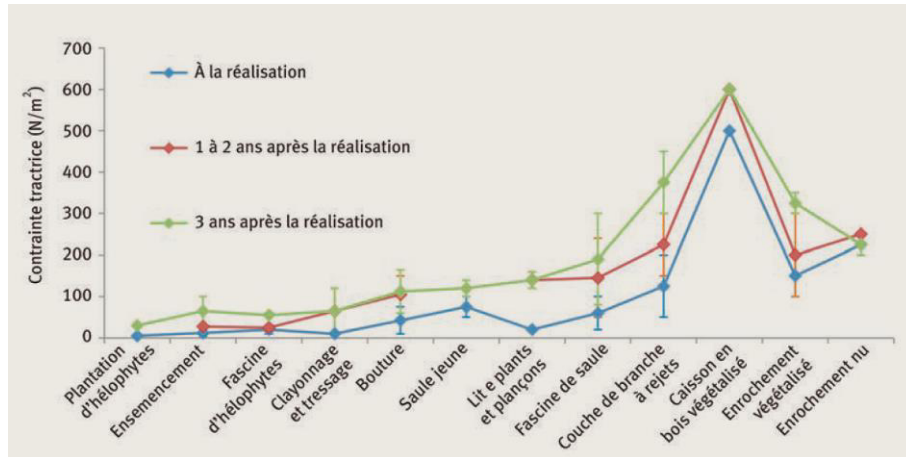


Figure 8 : graphique illustrant la résistance de chaque technique (source INRAE)

La technique consiste à réaliser des fagots de branches ligaturés et maintenus entre deux rangées de pieux. Les branches étant vivantes, des arbustes vont se développer et le système racinaire en se développant stabilisera la berge.

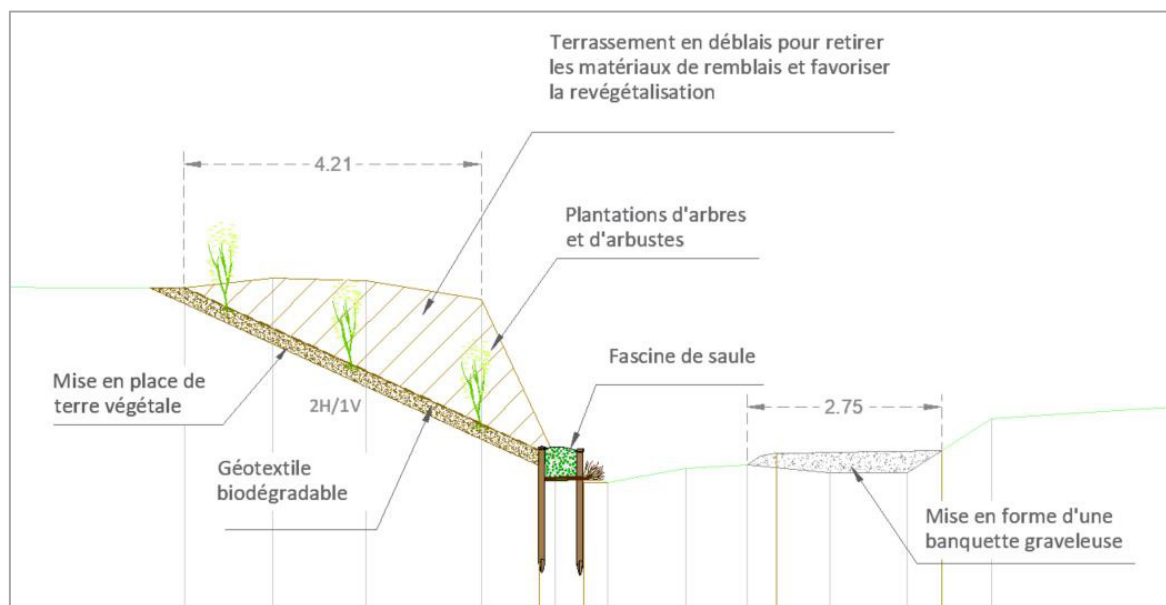


Figure 9 : Profil illustrant le reprofilage de la berge et la protection du pied

2.2.2.4. Diversification des écoulements

a. Banquettes alternées

La confection de banquettes doit permettre de :

- réduire la section d'écoulement pour les basses eaux afin de rehausser les lignes d'eau,
- dynamiser les écoulements en créant des sinuosités en fond de lit,
- créer des surfaces favorables au développement des strates herbacées.

Les banquettes sont localisées sur les portions de linéaire où la section d'écoulement est supérieure à 2,50 m en fond de lit. De plus, leur **implantation** dépend du tracé en plan du ruisseau puisqu'elles sont situées en intrados avec comme objectif de prononcer les sinuosités déjà existantes. Sur les portions rectilignes,

comme c'est le cas en aval des habitations, il y a une alternance entre la rive droite et la rive gauche afin de créer une sinuosité du lit d'étiage.

Le dimensionnement s'appuie principalement sur les dimensions des banquettes qui se sont formées naturellement dans le lit du cours d'eau. La largeur du lit en eau est d'environ 2,00 mètres.

Concernant la hauteur, elle est calée pour que les banquettes soient en eau au-delà du module.

Ainsi les dimensions sont les suivantes :

- Longueur : 30 à 50 mètres,
- Largeur : 2,50 à 5,50 mètres,
- Hauteur : 0,30 m.

Deux types de banquettes sont prévues. Les banquettes gravelo-terreuses seront réalisées à partir de matériaux terreux enveloppés dans deux épaisseurs de géotextile biodégradable puis végétalisées et les banquettes graveleuses. Ces dernières seront uniquement composées de matériaux grossiers : cailloux grossiers (32-64 mm), pierres fines (64-128 mm) et pierres grossières (128-256 mm).

b. Souches et blocs de diversification

A l'issue des travaux, l'attractivité du milieu sera réduite en attendant le développement de la végétation sur les berges. Pour disposer d'habitats dès la mise en eau du linéaire, des souches et des blocs seront mis en place notamment sur les portions de linéaire les plus rectilignes. Les souches seront prélevées sur site lors des travaux de terrassement.

La densité de ces aménagements est d'environ 1 unité pour 5 ml de cours d'eau.

2.2.2.5. Végétalisation des berges

Sur la partie supérieure des berges des plantations seront effectuées. L'objectif est d'une part de stabiliser les sols par le système racinaire des végétaux mais également de favoriser le développement de formations végétales riveraines diversifiées. Cela permettra de bénéficier des fonctions biologiques occupées par les ripisylves : ombrage, habitat, refuge, corridor biologique... Les plantations se feront avec des **plants à racines nues** dont la densité sera d'environ 1 unité au m².

Sur les portions de linéaire ou le pied de berge n'est pas protégée par des fascines de saules, des boutures seront plantées. Le **bouturage** consiste à enfoncer dans le sol un segment de branches ayant une forte capacité de rejet. Cette méthode simple permet de végétaliser rapidement une surface et ainsi en assurer sa stabilité par le développement du réseau racinaire. L'essence privilégiée est le Saule étant donné ses fortes capacités de rejet et la densité de son réseau racinaire.

En complément, **l'ensemble des surfaces travaillées sera ensemencé**. L'intérêt est de pouvoir favoriser très rapidement après les travaux le développement d'une couverture végétale protectrice. Le réseau racinaire développé par les herbacées permet de fixer les couches superficielles du sol et lutter contre l'érosion éolienne et de ruissellement en attendant le développement des arbres et arbustes.

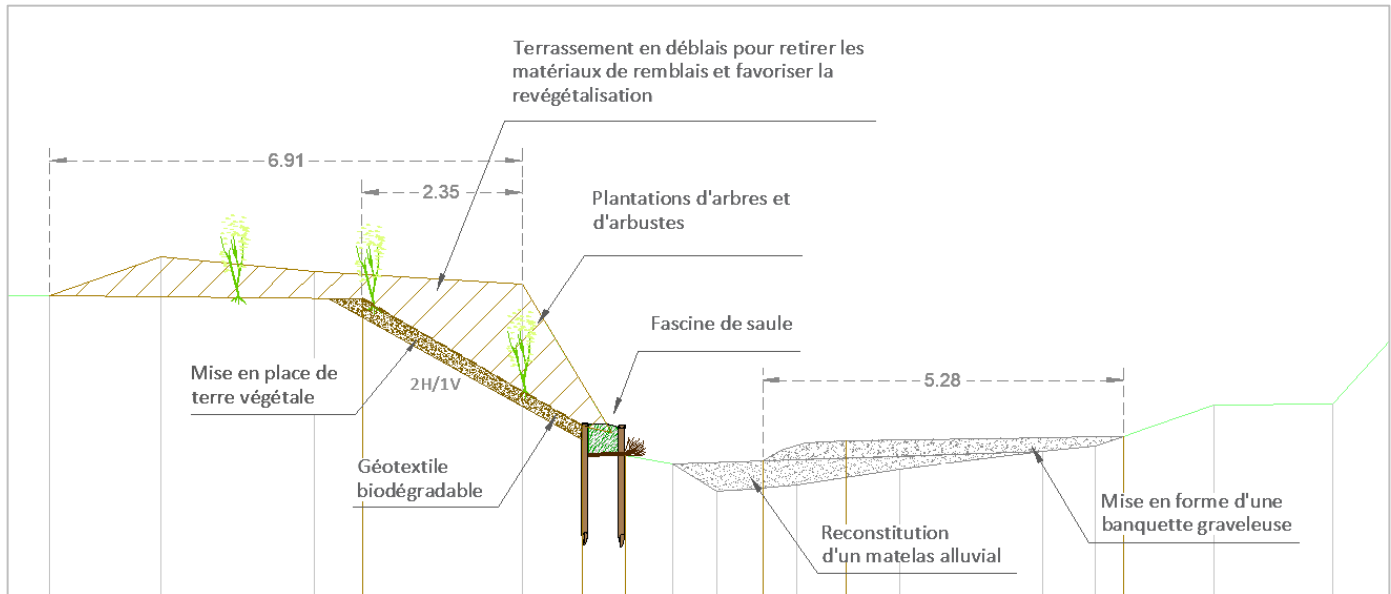


Figure 10 : Coupe type des opérations de restauration

2.2.3. Estimation du montant des travaux

Pour ce scénario le montant total des travaux atteint **357 671,16 € HT**, soit 883 € HT du ml. Le coût est principalement impacté par les travaux de terrassement puisque cela représente près de 40 % du montant. En effet, le projet prévoit le déblais et l'évacuation de 2 400 m³ de matériaux.

Les travaux de protection et de végétalisation des berges sont également conséquents avec 17 % du coût des travaux dont 21 000 € uniquement pour la mise en œuvre d'enrochements.

A noter que l'estimation intègre une marge de 10 %. Le coût détaillé est présenté en annexe.

Les travaux de restauration du linéaire sont susceptibles d'être éligible à une aide de l'Agence de l'Eau correspondant à 50 % du montant des travaux de restauration uniquement, soit environ 90 000 € HT ce qui permettrait de réduire le coût à 267 610.81 € HT.

Scénario 1	Aménagement de la rive droite au droit des habitations	Restauration du linéaire	Total
Linéaire d'aménagement (m)	140.00	265.00	405.00
1. Installation de chantier	7 100.00 €	7 100.00 €	14 200.00 €
2. Travaux préparatoires	6 750.00 €	9 000.00 €	15 750.00 €
3. Travaux forestiers	13 630.00 €	34 762.50 €	48 392.50 €
4. Terrassements	72 939.00 €	57 014.85 €	129 953.85 €
9. Aménagement du lit	21 970.00 €	32 571.25 €	54 541.25 €
10. Protection et végétalisation des berges	39 020.50 €	23 297.50 €	62 318.00 €
14. Marge pour imprévus (10 %)	16 140.95 €	16 374.61 €	32 515.56 €
Montant HT	177 550.45 €	180 120.71 €	357 671.16 €
Montant TTC	213 060.54 €	216 144.85 €	429 205.39 €
Coût HT/ml	1 268.22 €	679.70 €	883.14 €

2.3. Scénario 2

Ce second scénario propose une intervention plus ambitieuse notamment au droit des habitations avec un déplacement du lit en rive gauche afin de supprimer les protections minérales en rive droite.

2.3.1. Aménagement des berges au droit des habitations

Comme pour le scénario précédent, il s'agit de reconstituer une berge en rive droite et de décaler le lit mineur en rive gauche mais l'éloignement des parcelles riveraines permet de s'affranchir de protections en rive droite.

2.3.1.1. Profil en long

Malgré le décalage du lit en rive gauche, la longueur du linéaire reste sensiblement la même, par conséquent la pente moyenne ne sera pas modifiée et conservera une valeur de moyenne de 0,23 %. Le lit mineur étant recrée en intégralité le profil en long sera lissé sur l'ensemble du tronçon.

2.3.1.2. Reconstitution de la berge

Une berge sera reconstituée avec des matériaux d'apport sains sur une largeur d'environ 8 mètres au total. En haut de berge, le terrain naturel sera prolongé sur une largeur de 1,50 m à 3,00 m.

La pente du talus sera relativement faible pour favoriser la stabilité et le développement de la végétation, soit 2H/1V.

Pour cela, le volume de remblais nécessaire est de 1 070 m³, soit le double du scénario 1. Les matériaux excavés ne pouvant être réutilisés sur site sans traitement des plantes invasives, il s'agira d'un apport externe.

En surface une épaisseur de 20 cm de terre végétale sera mise en place pour favoriser la reprise des végétaux.

2.3.1.3. Stabilisation de la berge

L'intérêt d'un décalage du lit en rive gauche est d'éloigner les écoulements lors des crues et par conséquent de supprimer le risque d'érosion. Ainsi, la rive droite sera protégée uniquement avec un **géotextile biodégradable** pour limiter l'érosion superficielle. Le système racinaire de la végétation assurera à terme la stabilité du talus.

En rive gauche, l'emprise est conséquente et pour éviter la divagation latérale et une éventuelle perte de terrain supplémentaire pour le riverain, le projet prévoit de protéger le pied de berge avec une **fascine de saules**. Au-delà de la protection mécanique, cela permet de revégétaliser le pied de berge et de créer à terme de l'habitat.

Au droit du profil 4, le même principe est adopté. La reconstitution d'une berge sur environ 30 mètres permet de limiter la protection du talus. Seule une fascine de saules sera mise en place puisque la berge est située en extrados et par conséquent soumise à des contraintes plus élevées.

En aval immédiat du pont communal, l'enrochement qui s'étend sur un linéaire de 10 mètres côté rive gauche est conservé.

2.3.1.4. Augmentation de la section hydraulique

Afin de rétablir une morphologie plus adaptée et de compenser les volumes de remblais en rive droite un **nouveau lit sera terrassé en rive gauche**. En effet, d'un point de vue hydraulique, il est nécessaire de conserver une capacité hydraulique relativement équivalente pour éviter de provoquer une rehausse des lignes d'eau et une augmentation significative des débordements. Ainsi, la crête de berge actuelle sera décalée de 7 à 8 mètres et le terrassement se poursuivra sur une largeur d'environ 5 mètres afin de supprimer en totalité le merlon et d'obtenir un terrain plat en haut de berge. La hauteur de la crête en rive gauche sera inférieure à la rive opposée pour provoquer des débordements préférentiels sur les terrains agricoles.

La pente de berge projet est de 2H/1V. Une couche de terre végétale sera mise en place sur le talus pour une meilleure reprise de l'ensemencement et de la végétation.

Le lit projet aura une largeur de 2,00 m et une hauteur de 0,30 m.

Le volume de déblais est estimé à 2 400 m³. Ces matériaux seront évacués compte tenu de la présence de renouée du Japon.

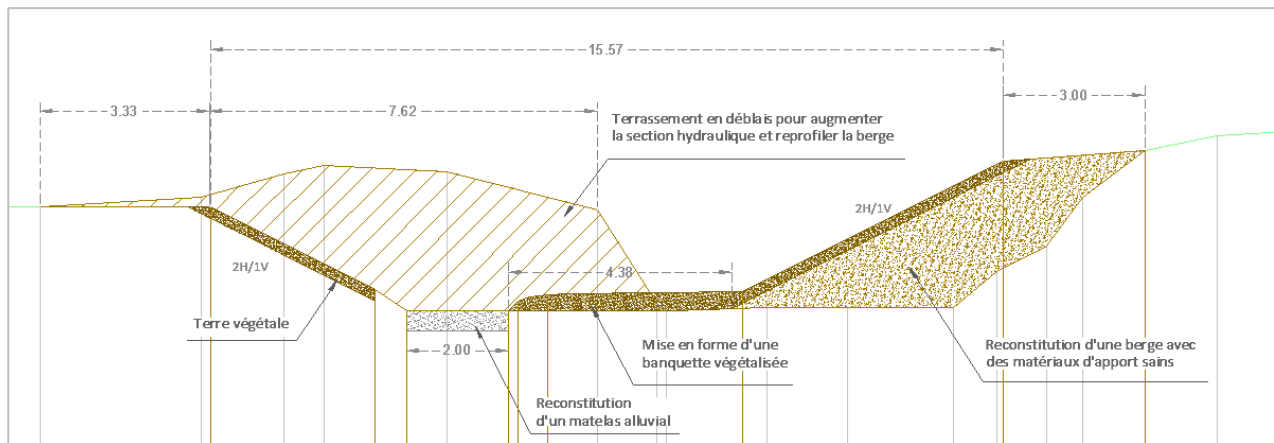


Figure 11 : Géométrie et dimensions du lit projet

2.3.1.5. Aménagements complémentaires

Pour améliorer le fonctionnement écomorphologique du linéaire des aménagements complémentaires aux travaux de terrassement sont prévus.

a. Matelas alluvial

Le décalage du tracé va s'accompagner du creusement d'un nouveau lit d'étiage. Afin de recréer des conditions habitationnelles favorables pour la faune aquatique un matelas alluvial sera reconstitué sur une épaisseur de 0,40 m.

Pour dimensionner les classes granulométriques on s'appuie d'une part sur les espèces piscicoles potentielles ainsi que la force tractrice critique pour un débit plein bord. Dans le cas présent, la valeur seuil de mise en transport est de 30 mm.

Ainsi, les classes granulométriques retenues sont les suivantes :

- Cailloux fins 16-32 mm,
- Cailloux grossiers 32-64 mm,

- Pierres fines 64-128 mm.

b. Banquettes végétalisées

Afin de réduire la section d'écoulement des banquettes végétalisées seront aménagées en fond de lit. Il s'agira de **banquettes gravelo-terreuses protégées par deux épaisseurs de géotextile biodégradable**. Elles seront implantées en pied de berge côté rive droite afin de reporter les écoulements vifs en rive gauche.

Les banquettes auront une largeur comprise entre 4 et 6 mètres et une hauteur de 0,30 m, la surface totale couverte est de 650 m² sur un linéaire de 120 mètres.

c. Végétalisation

Des plantations seront réalisées sur les berges afin de stabiliser les talus, de créer des habitats puis valoriser le linéaire d'un point de vue paysager. On distinguera **les boutures de Saule et les plants à racines nues**. Les boutures permettront de végétaliser le pied de berge et d'apporter à terme de la stabilité par le système racinaire des saules.

Les plantations sur les talus se feront avec des plants à racines nues dont la densité sera d'environ 1 unité au m².

Les essences rustiques et présentes naturellement en bordure de cours d'eau seront privilégiées parmi lesquelles : Erable champêtre, Erable sycomore, Frêne commun pour les arbres, Noisetier, Cornouiller sanguin, Fusain d'Europe, Troène commun, Sureau, Aubépine monogyne, ... pour les arbustes.

En complément, l'ensemble des surfaces travaillées sera ensemencé. L'intérêt est de pouvoir favoriser très rapidement après les travaux le développement d'une couverture végétale protectrice. Le réseau racinaire développé par les herbacées permet de fixer les couches superficielles du sol et lutter contre l'érosion éolienne et de ruissellement en attendant le développement des arbres et arbustes.

2.3.2. Restauration morphologique du linéaire

Les interventions ci-après ont pour objectif d'**améliorer la qualité physique et biologique** sur un linéaire d'environ 265 mètres situés en amont du pont communal et en aval des habitations situées en rive droite.

Les aménagements reprennent ceux présentés dans le scénario 1. Il s'agit principalement de concentrer et diversifier les écoulements pour les faibles et moyens débits et retaluter les berges.

2.3.2.1. Profil en long

La pente moyenne entre l'ouvrage autoroutier et le pont communal est d'environ 0,20 %, elle sera identique en état projet puisque le tracé en plan est conservé.

Seules les mouilles liées à un surcreusement du fond de lit seront partiellement comblées afin de réduire le risque d'érosion du pied de berge, c'est le cas notamment au droit des profils 3 et 4 où des mouilles de concavités se sont formées. Au droit du profil 3, la présence d'enrochements est responsable de l'érosion et au niveau du profil 4 la reconstitution d'une berge nécessite le comblement de la fosse.

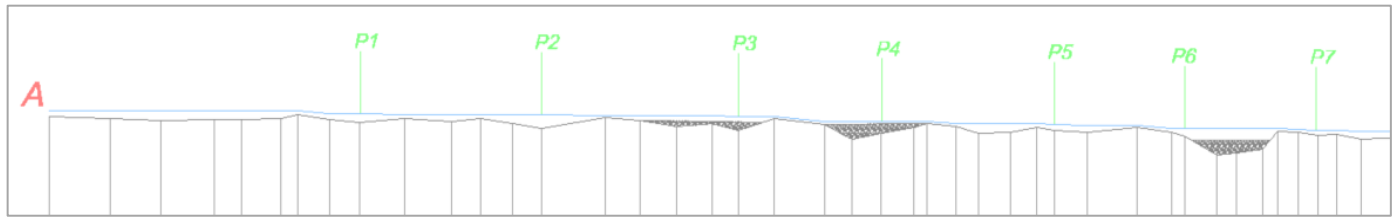


Figure 12 : Interventions ponctuelles sur le profil en long en état projet

Entre les profils 6 et 7, la recharge sédimentaire en fond de lit consiste permettra de protéger les fondations des piles du pont communal. En effet, une fosse s'est formée au contact de la pile en béton c'est pourquoi il est prévu un apport de matériaux grossiers en fond de lit. De plus, cela stabilisera le profil en long et évitera un départ d'érosion régressive et/ou progressive. Pour garantir un maintien des matériaux en périodes de hautes eaux des pierres grossières seront mises en place (128-256 mm) accompagnées d'une matrice fine (16-32 mm).

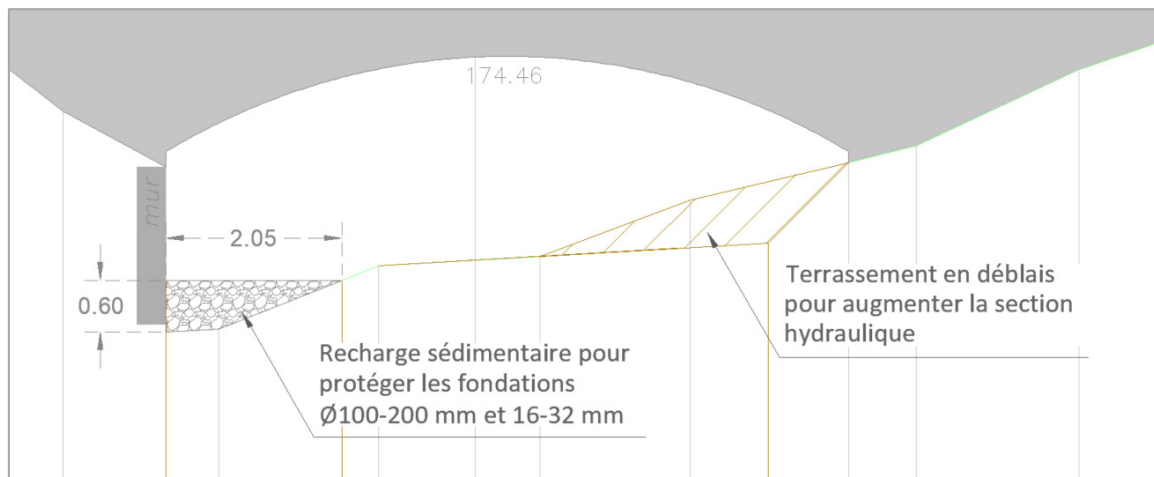


Figure 13 : Recharge sédimentaire pour protection des fondations

2.3.2.2. Reprofilage des berges

Les travaux de reprofilage concernent uniquement la rive gauche pour des raisons foncières et d'occupation des sols. En effet, en rive droite la crête de berge est en limite de parcelle privée et clôturée alors qu'en rive gauche le haut de berge est occupé par des surfaces boisées sur plusieurs dizaines de mètres.

Le **retalutage** porte également sur des portions de linéaire où la berge est fortement verticale, instable et protégée par des enrochements.

Les talus seront reprofilés selon une pente de 2H/1V afin de réduire l'efficacité des contraintes érosives et de favoriser le développement de la végétation rivulaire.

Le recul de la crête de berge variera de 2,50 à 4,00 mètres selon la hauteur de berge en situation actuelle. En arrière de la crête le terrain sera aplani pour ne pas diriger les écoulements vers les terres. L'emprise totale sera comprise entre 10 et 15 mètres.

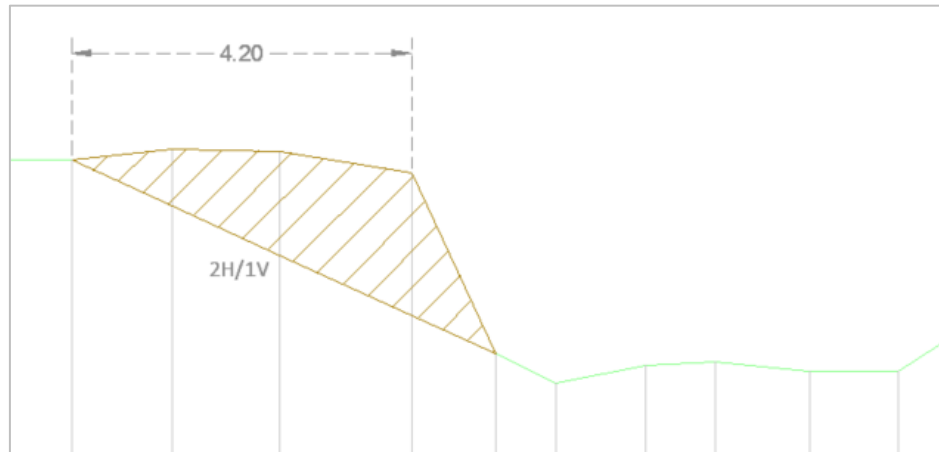


Figure 14 : Reprofilage de berge au droit du profil 5

Au droit du profil 3, les blocs en pied de berge seront retirés.

Le volume total de déblais est estimé à 1 250 m³. L'ensemble des terres excavé sera évacué en décharge adaptée puisque les matériaux sont principalement composés de déchets et infestés de rhizomes de renouée du Japon.

2.3.2.3. Protection du pied de berge

Les travaux de terrassement seront accompagnés de la mise en œuvre d'une protection du pied de berge. Une solution en **génie végétal type fascine de saules** est préconisée afin d'une part d'éviter l'érosion du pied de berge et d'autre de végétaliser le pied de berge et d'obtenir à terme un système racinaire connectée au lit mineur. Les contraintes hydrauliques estimées sont comprises entre 15 et 45 N/m² et par conséquent compatibles avec les techniques végétales.

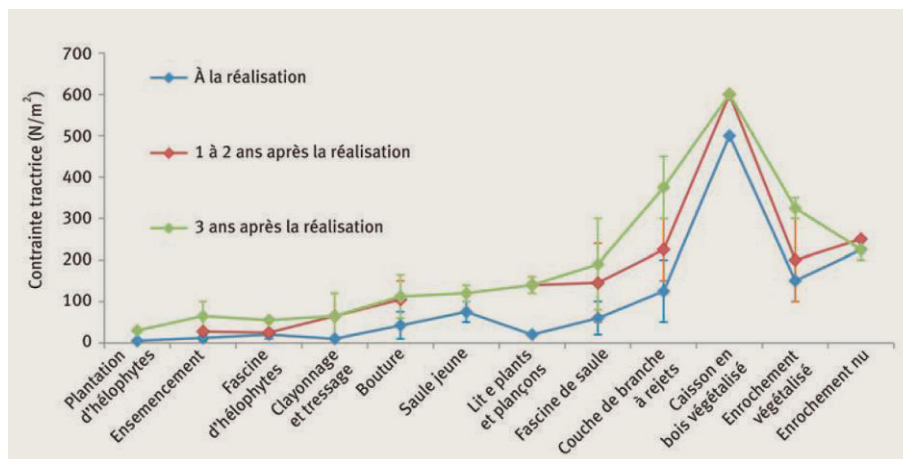


Figure 15 : graphique illustrant la résistance de chaque technique (source INRAE)

La technique consiste à réaliser des fagots de branches ligaturés et maintenus entre deux rangées de pieux. Les branches étant vivantes, des arbustes vont se développer et le système racinaire en se développant stabilisera la berge.

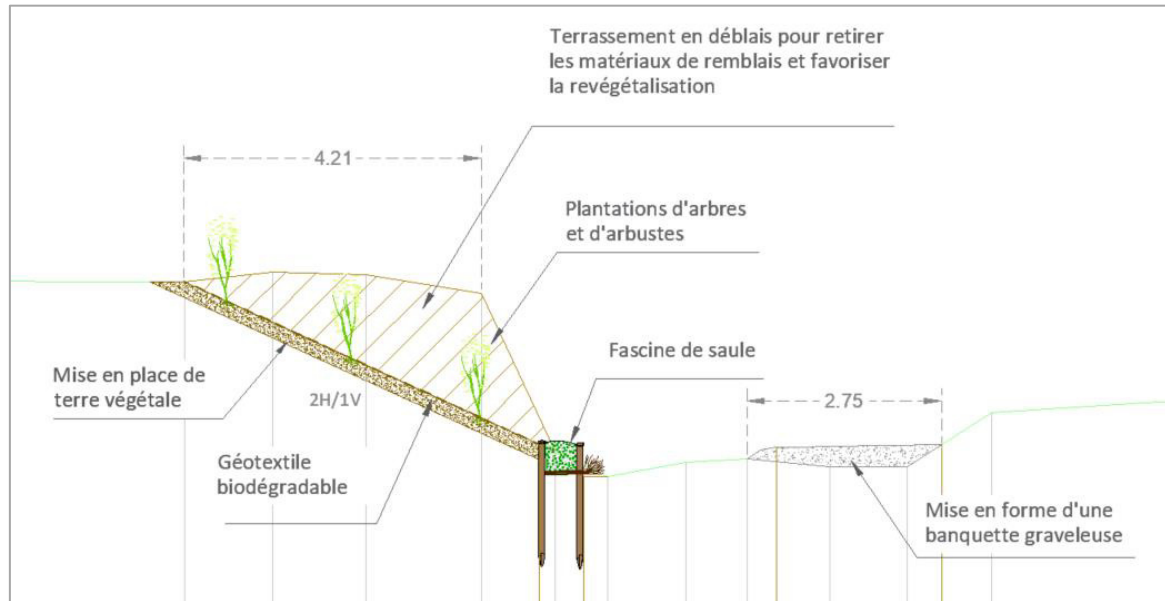


Figure 16 : Profil illustrant le reprofilage de la berge et la protection du pied

2.3.2.4. Diversification des écoulements

a. Banquettes alternées

La confection de banquettes doit permettre de :

- réduire la section d'écoulement pour les basses eaux afin de rehausser les lignes d'eau,
- dynamiser les écoulements en créant des sinuosités en fond de lit,
- créer des surfaces favorables au développement des strates herbacées.

Les banquettes sont localisées sur les portions de linéaire où la section d'écoulement est supérieure à 2,50 m en fond de lit. De plus, leur **implantation** dépend du tracé en plan du ruisseau puisqu'elles sont situées en intrados avec comme objectif de prononcer les sinuosités déjà existantes. Sur les portions rectilignes, comme c'est le cas en aval des habitations, il y a une alternance entre la rive droite et la rive gauche afin de créer une sinuosité du lit d'étiage.

Le dimensionnement s'appuie principalement sur les dimensions des banquettes qui se sont formées naturellement dans le lit du cours d'eau. La largeur du lit en eau est d'environ 2,00 mètres.

Concernant la hauteur, elle est calée pour que les banquettes soient en eau au-delà du module.

Ainsi les dimensions sont les suivantes :

- Longueur : 30 à 50 mètres,
- Largeur : 2,50 à 5,50 mètres,
- Hauteur : 0,30 m.

Deux types de banquettes sont prévues. Les banquettes gravo-terreuses seront réalisées à partir de matériaux terreux enveloppés dans deux épaisseurs de géotextile biodégradable puis végétalisées et les banquettes graveleuses. Ces dernières seront uniquement composées de matériaux grossiers : cailloux grossiers (32-64 mm), pierres fines (64-128 mm) et pierres grossières (128-256 mm).

b. Souches et blocs de diversification

A l'issue des travaux, l'attractivité du milieu sera réduite en attendant le développement de la végétation sur les berges. Pour disposer d'habitats dès la mise en eau du linéaire, des souches et des blocs seront mis en place notamment sur les portions de linéaire les plus rectilignes. Les souches seront prélevées sur site lors des travaux de terrassement.

La densité de ces aménagements est d'environ 1 unité pour 5 ml de cours d'eau.

2.3.2.5. Végétalisation des berges

Sur la partie supérieure des berges des plantations seront effectuées. L'objectif est d'une part de stabiliser les sols par le système racinaire des végétaux mais également de favoriser le développement de formations végétales riveraines diversifiées. Cela permettra de bénéficier des fonctions biologiques occupées par les ripisylves : ombrage, habitat, refuge, corridor biologique... Les plantations se feront avec des **plants à racines nues** dont la densité sera d'environ 1 unité au m².

Sur les portions de linéaire où le pied de berge n'est pas protégée par des fascines de saules, des boutures seront plantées. Le **bouturage** consiste à enfoncer dans le sol un segment de branches ayant une forte capacité de rejet. Cette méthode simple permet de végétaliser rapidement une surface et ainsi en assurer sa stabilité par le développement du réseau racinaire. L'essence privilégiée est le Saule étant donné ses fortes capacités de rejet et la densité de son réseau racinaire.

En complément, **l'ensemble des surfaces travaillées sera ensemencé**. L'intérêt est de pouvoir favoriser très rapidement après les travaux le développement d'une couverture végétale protectrice. Le réseau racinaire développé par les herbacées permet de fixer les couches superficielles du sol et lutter contre l'érosion éolienne et de ruissellement en attendant le développement des arbres et arbustes.

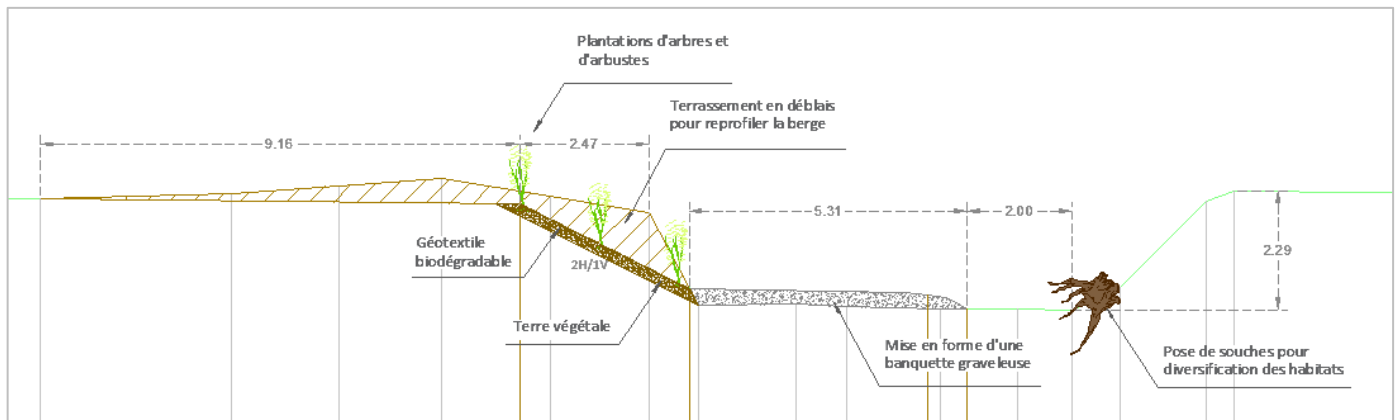


Figure 17 : Profil illustrant le reprofilage et la diversification des écoulements

2.3.3. Estimation du montant des travaux

Le montant des travaux pour ce scénario est conséquent puisqu'il atteint **455 000 € HT**. Les travaux de terrassement représentent 45 % du montant total avec 3 650 m³ de déblais évacués et 1 250 m³ de matériaux fournis et mis en place pour reconstituer une berge. Les postes aménagement du lit (banquettes végétalisées et minérales) et protection/végétalisation des berges correspondent à environ 15 % du budget global.

Si ce scénario représente un coût très important, le niveau de restauration est plus élevé et les protections minérales sont supprimées ce qui permet de bénéficier d'une enveloppe de subventions de l'Agence de

l'Eau plus conséquente puisqu'elle s'appliquerait à l'ensemble du projet. Ainsi, le coût final serait de 227 451,73 € HT.

Scénario 2	Aménagement de la rive droite au droit des habitations	Restauration du linéaire	Total
Linéaire d'aménagement (m)	140.00	265.00	405.00
1. Installation de chantier	7 100.00 €	7 100.00 €	14 200.00 €
2. Travaux préparatoires	6 750.00 €	9 000.00 €	15 750.00 €
3. Travaux forestiers	21 895.00 €	34 762.50 €	56 657.50 €
4. Terrassements	141 552.50 €	57 014.85 €	198 567.35 €
9 .Aménagement du lit	36 445.00 €	32 571.25 €	69 016.25 €
10. Protection et végétalisation des berges	36 060.00 €	23 297.50 €	59 357.50 €
14. Marge pour imprévus (10 %)	24 980.25 €	16 374.61 €	41 354.86 €
Montant HT	274 782.75 €	180 120.71 €	454 903.46 €
Montant TTC	329 739.30 €	216 144.85 €	545 884.15 €
Coût HT/ml	1 962.73 €	679.70 €	1 123.22 €

3. Etude hydraulique en état projet

3.1. Rappel de la situation en état initial

3.1.1. Débits de référence

Les débits suivants avaient été retenus à l'issue de l'analyse hydrologique menée lors de la phase 2 de la présente étude :

QMNA5	Débit biologique minimum	Module	Q ₂	Q ₅
28 l/s	80 l/s	335 l/s	13,4 m ³ /s	19,4 m ³ /s

Tableau 1 : Débits de références retenus lors de l'analyse hydrologique

3.1.2. Synthèse des principaux résultats

Pour rappel, en état initial les premiers débordements apparaissent pour un débit de l'ordre de **30 m³/s**, soit légèrement inférieur au débit de la crue décennale. Les débordements sont observés en rive droite à partir du profil 11 jusqu'au profil 14, soit en aval des habitations.

Les contraintes érosives les plus importantes apparaissent au niveau du pont de la rue du Lac et en amont immédiat de celui-ci, notamment quand celui-ci est en charge, et entre les profils 8 et 12.

En étiage, les hauteurs d'eau les plus faibles (inférieures à 10 cm), apparaissent pour le QMNA₅, en amont du linéaire modélisé, au profil 1, en aval immédiat du pont, pour les profils 7 et 8, et plus en aval du linéaire d'étude, sur les profils 12 et 14.

Les profils 2 à 6 présentent des hauteurs d'eau acceptables, allant de 10 cm à 30 cm.

Le pont présente une fausse d'affouillement engendrant des hauteurs d'eau importantes, de l'ordre de 80 cm à plus d'un mètre.

En aval de l'ouvrage, une succession de mouilles et de radiers engendre une forte variation des hauteurs d'eau, allant de 6 cm à 54 cm pour le QMNA₅.

Les résultats obtenus en état initial lors de la Phase 2 de l'étude sont rappelés ci-dessous :

Hauteurs d'eau (m) en basses eaux				Hauteurs d'eau (m) en crue			
Profil	QMNA5 = 28 l/s	Module = 335 l/s	Module*2 = 670 l/s	Profil	Q ₂ = 13.4 m ³ /s	Q ₅ = 19.4 m ³ /s	Q _{premier_débordement} = 30 m ³ /s
1	0.05	0.3	0.45	1	1.78	2.14	2.71
2	0.16	0.42	0.57	2	1.97	2.32	2.93
3	0.24	0.46	0.6	3	1.96	2.31	2.94
4	0.28	0.44	0.57	4	1.9	2.24	2.89
5	0.16	0.37	0.51	5	1.81	2.16	2.83
6	0.11	0.37	0.48	6	1.76	2.12	2.83

Ouvrage amont	0.8	1.05	1.17	Ouvrage amont	2.43	2.75	3.21
Ouvrage aval	0.8	1.05	1.16	Ouvrage aval	2.39	2.71	3.21
7	0.07	0.3	0.41	7	1.66	2.01	2.5
8	0.06	0.15	0.23	8	1.61	1.94	2.43
9	0.54	0.73	0.83	9	2.15	2.5	2.99
10	0.16	0.33	0.43	10	1.7	2.04	2.51
11	0.19	0.34	0.42	11	1.63	1.95	2.43
12	0.06	0.15	0.22	12	1.45	1.76	2.25
13	0.44	0.7	0.82	13	1.98	2.31	2.78
14	0.08	0.33	0.45	14	1.57	1.89	2.38
15	0.09	0.34	0.45	15	1.73	2.06	2.6

Tableau 2 : Hauteurs d'eau modélisées en état initial

3.2. Fonctionnement hydraulique en état projet

Pour chaque scénario décrit précédemment, ont été modélisées les basses eaux (QMNA5, Module, Module*2) et les événements de crue. Les débits de premier débordement et de mise en charge de l'ouvrage sont estimés. Les hauteurs d'eau, les forces tractrices et puissances spécifiques du cours d'eau en états projets seront comparées aux résultats en état initial.

Pour rappel, le modèle ne tient pas compte des débordements pouvant être entraînés par une crue de la Saône.

3.2.1. Scénario 1

3.2.1.1. Fonctionnement en basses eaux

a. QMNA5 et module

Les résultats de modélisation en étiage (QMNA5, Module et 2 fois le module) sont présentés dans les tableaux suivants. Les hauteurs d'eau sont obtenues pour chaque profil modélisé et comparées à l'état initial.

Profil	QMNA5 = 28 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 1 (m)	Evolution (m)
1	0.05	0.06	0.01
2	0.16	0.42	0.26
3	0.24	0.07	-0.17
4	0.28	0.03	-0.25
5	0.16	0.17	0.01
6	0.11	0.24	0.13
Ouvrage amont	0.8	0.33	-0.47
Ouvrage aval	0.8	0.32	-0.48
7	0.07	0.07	0
8	0.06	0.06	0
9	0.54	0.14	-0.4
10	0.16	0.23	0.07
11	0.19	0.08	-0.11
12	0.06	0.05	-0.01
13	0.44	0.13	-0.31
14	0.08	0.09	0.01
15	0.09	0.09	0

Tableau 3 : Hauteurs d'eau modélisées pour le QMNA5 (Scénario 1)

Profil	Module = 335 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 1 (m)	Evolution (m)
1	0.3	0.35	0.05
2	0.42	0.67	0.25
3	0.46	0.27	-0.19
4	0.44	0.24	-0.2
5	0.37	0.46	0.09
6	0.37	0.48	0.11
Ouvrage amont	1.05	0.56	-0.49
Ouvrage aval	1.05	0.56	-0.49
7	0.3	0.27	-0.03
8	0.15	0.34	0.19
9	0.73	0.44	-0.29
10	0.33	0.53	0.2
11	0.34	0.33	-0.01
12	0.15	0.26	0.11
13	0.7	0.4	-0.3
14	0.33	0.32	-0.01
15	0.34	0.34	0

Tableau 4 : Hauteurs d'eau modélisées pour le module (Scénario 1)

Profil	Module*2 = 670 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 1 (m)	Evolution (m)
1	0.45	0.48	0.03
2	0.57	0.83	0.26
3	0.6	0.4	-0.2
4	0.57	0.35	-0.22
5	0.51	0.58	0.07
6	0.48	0.59	0.11
Ouvrage amont	1.17	0.68	-0.49
Ouvrage aval	1.16	0.67	-0.49
7	0.41	0.38	-0.03
8	0.23	0.47	0.24
9	0.83	0.56	-0.27
10	0.43	0.65	0.22
11	0.42	0.46	0.04
12	0.22	0.39	0.17
13	0.82	0.5	-0.32
14	0.45	0.43	-0.02
15	0.45	0.45	0

Tableau 5 : Hauteurs d'eau modélisées pour 2 fois le module (Scénario 1)

Le scénario 1 présente une diminution des hauteurs d'eau au niveau des profils 3, 4, 9, 11 et 13. Ces profils correspondent à des mouilles comblées en état projet. La baisse des hauteurs d'eau est ainsi proportionnelle à la hausse du fond du lit au niveau de chacun de ces profils. Le même phénomène est visible au niveau de l'ouvrage, où la fosse d'affouillement est comblée afin de protéger les piles de pont.

Sur les autres profils, les hauteurs d'eau sont peu modifiées pour le scénario 1. La hausse des lignes d'eau au niveau des radiers est liée à la réduction de la section d'écoulement

b. Détermination du débit minimum biologique

Le débit minimum biologique a été estimé en imposant une hauteur d'eau de 10 cm sur les profils présentant les plus basses hauteurs d'eau pour le QMNA5, correspondant aux radiers. Un **débit minimum biologique de 80 l/s** a été estimé pour l'état initial. Pour le scénario 1, les hauteurs d'eau sur radier varient peu pour ce débit, restant proches de 10 cm. Le débit minimum biologique estimé en état initial reste donc valable en état projet.

3.2.1.2. Fonctionnement en crue

Pour le scénario 1, les premiers débordements ont lieu pour un débit de l'ordre de 15 m³/s, soit pour un débit deux fois moins important que dans l'état initial. Cependant, le premier débordement est constaté ponctuellement en rive gauche, sur une zone ne présentant pas d'enjeux (champs), au niveau du profil 8. Ce débordement, de l'ordre du centimètre, est provoqué par l'arasement du merlon en rive gauche et permet de réduire la contrainte hydraulique sur la rive droite et ainsi retarder les débordements au niveau des habitations constatés en état initial.

Les débordements en lit majeur surviendront avant la mise en charge de l'ouvrage. Celle-ci se produira à priori pour un débit plus important que dans l'état initial.

Les résultats de modélisation pour le débit de périodes de retour 2 ans, ainsi que pour le débit de premiers débordements sont présentés dans les tableaux suivants et comparés avec les résultats en état initial.

a. Niveaux d'eau

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement Q = 15 m3/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 1 (m)	Evolution (m)	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)
1	174.27	174.29	0.02	174.37	174.39	0.02
2	174.14	174.2	0.06	174.24	174.29	0.05
3	174.04	174.11	0.07	174.14	174.2	0.06
4	173.94	174	0.06	174.04	174.1	0.06
5	173.84	173.94	0.1	173.94	174.03	0.09
6	173.7	173.79	0.09	173.81	173.88	0.07
Ouvrage amont	173.68	173.8	0.12	173.78	173.89	0.11
Ouvrage aval	173.64	173.78	0.14	173.74	173.86	0.12
7	173.62	173.73	0.11	173.73	173.82	0.09
8	173.52	173.6	0.08	173.62	173.69	0.07
9	173.45	173.49	0.04	173.55	173.57	0.02
10	173.38	173.46	0.08	173.48	173.55	0.07
11	173.27	173.33	0.06	173.37	173.41	0.04
12	173.21	173.2	-0.01	173.3	173.29	-0.01
13	173.12	173.09	-0.03	173.22	173.18	-0.04
14	173.05	173.02	-0.03	173.14	173.11	-0.03
15	172.46	172.46	0	172.55	172.55	0

Tableau 6 : Niveaux d'eau modélisés pour des débits de crue (Scénario 1)

Pour les débits de crue, les lignes d'eau sont globalement réhaussées jusqu'au profil 11 du fait de la réhausse du fond du lit mineur sur certains profils (profils 3, 4, 6, 9, 11) et au niveau de l'ouvrage, et de la réduction de la section hydraulique (profils 4, 6, 7, 8, 9).

A partir du profil 11, les niveaux d'eau sont légèrement abaissés car les sections hydrauliques augmentent.

b. Vitesses d'écoulement

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement Q = 15 m3/s		
	Etat actuel (m/s)	Etat projet 1 (m/s)	Evolution (m/s)	Etat actuel (m/s)	Etat projet 1 (m/s)	Evolution (m/s)
1	0.92	0.82	-0.1	0.93	0.84	-0.09
2	1.07	1.02	-0.05	1.1	1.06	-0.04
3	0.9	0.93	0.03	0.93	0.95	0.02
4	1.17	1.15	-0.02	1.21	1.2	-0.01
5	1.06	0.9	-0.16	1.1	0.93	-0.17
6	1.21	1.31	0.1	1.25	1.36	0.11
Ouvrage amont	1.13	0.99	-0.14	1.17	1.04	-0.13
Ouvrage aval	1.22	1	-0.22	1.26	1.06	-0.2
7	1.03	1.14	0.11	1.07	1.18	0.11
8	1.17	1.34	0.17	1.21	1.38	0.17
9	1.09	1.31	0.22	1.13	1.35	0.22
10	1.2	0.99	-0.21	1.26	1.04	-0.22
11	1.23	1.28	0.05	1.29	1.32	0.03
12	1.12	1.18	0.06	1.16	1.21	0.05
13	1.02	1.11	0.09	1.08	1.16	0.08
14	1.08	1.01	-0.07	1.12	1.04	-0.08
15	1.13	1.13	0	1.17	1.17	0

Tableau 7 : Vitesses modélisées pour des débits de crue (Scénario 1)

La diminution de la section hydraulique, du fait de la mise en place de protection de berge (enrochements, fascines), de banquettes, et de remblaiement dans le scénario 1, provoque une augmentation des vitesses d'écoulement par rapport à l'état actuel, notamment au droit des habitations, sur les profils 7, 8 et 9.

Au niveau du pont, la section hydraulique est augmentée du fait de la rehausse de la fosse d'affouillement d'une part et des terrassements en déblais d'autre part. Les vitesses en sont diminuées.

De la même manière, sur les profils 5 et 10, les terrassements en déblais augmente la section hydraulique et donc diminuent les vitesses d'écoulement.

Pour les profils 11, 12 et 13, la légère augmentation de la vitesses d'écoulement est due aux comblements des mouilles.

c. Forces tractrices

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement Q = 15 m3/s		
	Etat actuel (N/m2)	Etat projet 1 (N/m2)	Evolution (N/m2)	Etat actuel (N/m2)	Etat projet 1 (N/m2)	Evolution (N/m2)
1	21.58	16.47	-5.11	21.54	16.77	-4.77
2	27.2	24.64	-2.56	28.81	26.39	-2.42
3	19.14	21.12	1.98	20.12	21.83	1.71
4	33.35	32.42	-0.93	34.88	34.37	-0.51
5	27.05	19.39	-7.66	28.6	20.43	-8.17
6	36.07	42.07	6	37.5	44.78	7.28
Ouvrage amont	25.42	17.7	-7.72	26.03	18.95	-7.08
Ouvrage aval	26.27	18.34	-7.93	27.42	19.75	-7.67
7	25.7	31.91	6.21	26.91	33.57	6.66
8	32.35	44.94	12.59	34.1	45.86	11.76
9	27.98	42.27	14.29	29.58	44.79	15.21
10	34.26	23.25	-11.01	36.82	24.98	-11.84
11	35.85	40.63	4.78	38.65	42.98	4.33
12	30.03	34.76	4.73	31.75	35.97	4.22
13	23.86	30.07	6.21	26.13	31.93	5.8
14	28.43	25.04	-3.39	30.02	26.12	-3.9
15	30.79	30.79	0	32.51	32.51	0

Tableau 8 : Forces tractrices modélisées pour des débits de crue (Scénario 1)

d. Puissance spécifique

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement Q = 15 m3/s		
	Etat actuel (W/m2)	Etat projet 1 (W/m2)	Evolution (W/m2)	Etat actuel (W/m2)	Etat projet 1 (W/m2)	Evolution (W/m2)
1	19.88	13.51	-6.37	20.03	14.01	-6.02
2	29.09	25.12	-3.97	31.81	27.93	-3.88
3	17.26	19.57	2.31	18.77	20.78	2.01
4	38.96	37.37	-1.59	42.08	41.17	-0.91
5	28.77	17.39	-11.38	31.57	18.98	-12.59
6	43.81	55.27	11.46	46.86	61.09	14.23
Ouvrage amont	27.88	16.83	-11.05	29.29	18.82	-10.47
Ouvrage aval	29.71	17.72	-11.99	31.91	19.98	-11.93
7	26.57	36.34	9.77	28.75	39.53	10.78
8	37.85	60.15	22.3	41.32	63.35	22.03
9	30.5	55.22	24.72	33.38	60.66	27.28
10	41.26	23.05	-18.21	46.33	25.87	-20.46
11	44.13	51.86	7.73	49.73	56.86	7.13
12	33.66	40.98	7.32	36.92	43.57	6.65
13	24.39	33.52	9.13	28.15	36.97	8.82
14	30.76	25.31	-5.45	33.69	27.22	-6.47
15	34.75	34.75	0	38.05	38.05	0

Tableau 9 : Puissances spécifiques modélisées pour des débits de crue (Scénario 1)

Les forces tractrices et la puissance spécifique étant proportionnelles aux vitesses d'écoulements, celles-ci augmentent de la même façon lorsque la section hydraulique est diminuée. L'augmentation légère des contraintes érosives est cependant compensée par la mise en place de protections de berge.

Au niveau du pont, les contraintes érosives sont amoindries du fait de l'augmentation de la section hydraulique.

3.2.2. Scénario 2

3.2.2.1. Fonctionnement en basses eaux

a. QMNA5 et module

Les résultats de modélisation en étiage (QMNA5, Module et 2 fois le module) sont présentés dans les tableaux suivants. Les hauteurs d'eau sont obtenues pour chaque profil modélisé et comparées à l'état initial.

➤ Hauteurs d'eau

Profil	QMNA5 = 28 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)
1	0.05	0.1	0.05
2	0.16	0.47	0.31
3	0.24	0.14	-0.1
4	0.28	0.04	-0.24
5	0.16	0.11	-0.05
6	0.11	0.09	-0.02
Ouvrage amont	0.8	0.17	-0.63
Ouvrage aval	0.8	0.17	-0.63
7	0.07	0.12	0.05
8	0.06	0.07	0.01
9	0.54	0.13	-0.41
10	0.16	0.23	0.07
11	0.19	0.08	-0.11
12	0.06	0.05	-0.01
13	0.44	0.13	-0.31
14	0.08	0.09	0.01
15	0.09	0.09	0

Tableau 10 : Hauteurs d'eau modélisées pour le QMNA5 (Scénario 2)

Profil	Module = 335 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)
1	0.3	0.4	0.1
2	0.42	0.76	0.34
3	0.46	0.42	-0.04
4	0.44	0.24	-0.2
5	0.37	0.44	0.07
6	0.37	0.42	0.05
Ouvrage amont	1.05	0.51	-0.54
Ouvrage aval	1.05	0.5	-0.55
7	0.3	0.44	0.14
8	0.15	0.39	0.24
9	0.73	0.44	-0.29
10	0.33	0.52	0.19
11	0.34	0.33	-0.01
12	0.15	0.26	0.11
13	0.7	0.4	-0.3
14	0.33	0.32	-0.01
15	0.34	0.34	0

Tableau 11 : Hauteurs d'eau modélisées pour le module (Scénario 2)

Profil	Module*2 = 670 l/s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)
1	0.45	0.53	0.08
2	0.57	0.88	0.31
3	0.6	0.54	-0.06
4	0.57	0.37	-0.2
5	0.51	0.56	0.05
6	0.48	0.53	0.05
Ouvrage amont	1.17	0.61	-0.56
Ouvrage aval	1.16	0.61	-0.55
7	0.41	0.55	0.14
8	0.23	0.49	0.26
9	0.83	0.56	-0.27
10	0.43	0.65	0.22
11	0.42	0.46	0.04
12	0.22	0.39	0.17
13	0.82	0.5	-0.32
14	0.45	0.43	-0.02
15	0.45	0.45	0

Tableau 12 : Hauteurs d'eau modélisées pour 2 fois le module (Scénario 2)

Comme pour le scénario 1, les hauteurs d'eau en état projet sont fortement diminuées sur les zones présentant des mouilles en état initial. Les hauteurs d'eau sont sensiblement réhaussées au niveau des radier.

b. Détermination du débit minimum biologique

De la même façon que pour le scénario 1, les hauteurs d'eau sur radier varient peu entre l'état initial et le scénario 2, pour un débit de 80 l/s injecté. Le débit minimum biologique estimé en état initial reste donc valable en état projet pour le scénario 2.

3.2.2.2. Fonctionnement en crue

Pour le scénario 2, les premiers débordements ont lieu pour un débit de l'ordre de 21 m³/s, soit pour un débit légèrement supérieur à la crue de période de retour de 5 ans.

Le débordement est ponctuel, en rive gauche au niveau du profil 8, dans une zone sans enjeux (champs). De la même manière que pour le premier scénario, le débordement est faible (de l'ordre du centimètre), et permet de retarder des débordements plus importants et sur un plus grand linéaire, au niveau des habitation en rive droite.

De même, les débordements en lit majeur surviendront avant la mise en charge de l'ouvrage.

Les résultats de modélisation pour le débit de périodes de retour 2 ans, ainsi que pour le débit de premiers débordements sont présentés dans les tableaux suivants et comparés avec les résultats en état initial.

a. Hauteurs d'eau

Profil	Q2 = 13.4 m ³ /s			1er débordement EP2 = 21 m ³ /s		
	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)	Etat actuel (m)	Etat projet 2 (m)	Evolution (m)
1	174.27	174.3	0.03	174.72	174.69	-0.03
2	174.14	174.21	0.07	174.59	174.58	-0.01
3	174.04	174.13	0.09	174.49	174.49	0
4	173.94	174.01	0.07	174.38	174.38	0
5	173.84	173.86	0.02	174.29	174.25	-0.04
6	173.7	173.65	-0.05	174.17	174.05	-0.12
Ouvrage amont	173.68	173.66	-0.02	174.16	174.06	-0.1
Ouvrage aval	173.64	173.63	-0.01	174.09	174.01	-0.08
7	173.62	173.62	0	174.07	174	-0.07
8	173.52	173.56	0.04	173.97	173.94	-0.03
9	173.45	173.48	0.03	173.89	173.86	-0.03
10	173.38	173.46	0.08	173.81	173.84	0.03
11	173.27	173.33	0.06	173.69	173.69	0
12	173.21	173.2	-0.01	173.62	173.59	-0.03
13	173.12	173.09	-0.03	173.52	173.48	-0.04
14	173.05	173.02	-0.03	173.45	173.42	-0.03
15	172.46	172.46	0	172.87	172.87	0

Tableau 13 : Niveaux d'eau modélisés pour des débits de crue (Scénario 2)

Du fait d'un recul de berge plus important que dans le scénario 1, et de pentes de berge plus douces, la section hydraulique est plus importante que dans le premier scénario, et donc la hausse de la ligne d'eau est moins importante. Pour des débits plus importants, les niveaux d'eau sont abaissés sur la plupart des profils.

b. Vitesses d'écoulement

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement EP2 = 21 m3/s		
	Etat initial (m/s)	Etat projet 2 (m/s)	Evolution (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat projet (m/s)	Evolution (m/s)
1	0.92	0.8	-0.12	0.96	0.91	-0.05
2	1.07	1	-0.07	1.18	1.13	-0.05
3	0.9	0.89	-0.01	1.03	1.04	0.01
4	1.17	1.05	-0.12	1.31	1.16	-0.15
5	1.06	0.96	-0.1	1.22	1.1	-0.12
6	1.21	1.48	0.27	1.35	1.68	0.33
Ouvrage amont	1.13	1.09	-0.04	1.28	1.31	0.03
Ouvrage aval	1.22	1.11	-0.11	1.39	1.35	-0.04
7	1.03	0.99	-0.04	1.18	1.14	-0.04
8	1.17	0.95	-0.22	1.35	1.07	-0.28
9	1.09	1.09	0	1.25	1.24	-0.01
10	1.2	0.83	-0.37	1.44	0.99	-0.45
11	1.23	1.28	0.05	1.45	1.45	0
12	1.12	1.18	0.06	1.3	1.31	0.01
13	1.02	1.11	0.09	1.25	1.29	0.04
14	1.08	1.01	-0.07	1.24	1.14	-0.1
15	1.13	1.13	0	1.3	1.3	0

Tableau 14 : Vitesses modélisées pour des débits de crue (Scénario 2)

➤ Forces tractrices

Profil	Q2 = 13.4 m3/s			1er débordement EP2 = 21 m3/s		
	Etat initial (N/m2)	Etat projet 2 (N/m2)	Evolution (N/m2)	Etat initial (N/m2)	Etat projet (N/m2)	Evolution (N/m2)
1	21.58	16.07	-5.51	21.44	19.16	-2.28
2	27.2	24.05	-3.15	24.77	31.46	6.69
3	19.14	20.33	1.19	23.19	25.7	2.51
4	33.35	27.63	-5.72	39.82	31.63	-8.19
5	27.05	22.77	-4.28	33.41	27.78	-5.63
6	36.07	54.38	18.31	41.35	66.34	24.99
Ouvrage amont	25.42	22.79	-2.63	27.68	28.41	0.73
Ouvrage aval	26.27	23.8	-2.47	30.78	30.8	0.02
7	25.7	23.65	-2.05	30.98	29.48	-1.5
8	32.35	22.43	-9.92	38.87	23.27	-15.6
9	27.98	29.27	1.29	34.6	35.62	1.02
10	34.26	16.44	-17.82	45.83	21.72	-24.11
11	35.85	40.63	4.78	44.89	49.58	4.69
12	30.03	34.76	4.73	37.47	39.91	2.44
13	23.86	30.06	6.2	31.61	36.98	5.37
14	28.43	25.04	-3.39	35.04	24.86	-10.18
15	30.79	30.79	0	38.17	38.17	0

Tableau 15 : Forces tractrices modélisées pour des débits de crue (Scénario 2)

➤ Puissance spécifique

Profil	Q2 = 13.4 m ³ /s			1er débordement EP2 = 21 m ³ /s		
	Etat initial (N/ms)	Etat projet 2 (N/ms)	Evolution (N/ms)	Etat initial (N/ms)	Etat projet(N/ms)	Evolution (N/ms)
1	19.88	13.02	-6.86	20.62	17.58	-3.04
2	29.09	24.24	-4.85	28.25	36.05	7.8
3	17.26	18.52	1.26	23.92	27.28	3.36
4	38.96	28.89	-10.07	52.3	36.63	-15.67
5	28.77	21.94	-6.83	40.84	30.6	-10.24
6	43.81	80.38	36.57	55.73	111.39	55.66
Ouvrage amont	27.88	24.17	-3.71	33.15	35.05	1.9
Ouvrage aval	29.71	25.71	-4	38.62	39.4	0.78
7	26.57	23.33	-3.24	36.51	33.49	-3.02
8	37.85	21.36	-16.49	52.41	24.87	-27.54
9	30.5	31.93	1.43	43.24	44.22	0.98
10	41.26	13.71	-27.55	65.92	21.5	-44.42
11	44.13	51.86	7.73	65.01	72.03	7.02
12	33.66	40.98	7.32	48.58	52.38	3.8
13	24.39	33.49	9.1	39.45	47.84	8.39
14	30.76	25.31	-5.45	43.62	27.92	-15.7
15	34.75	34.75	0	49.74	49.74	0

Tableau 16 : Puissances spécifiques modélisées pour des débits de crue (Scénario 2)

Les contraintes érosives étant proportionnelles aux vitesses, on constate les mêmes évolutions : une augmentation là où la section hydraulique a été diminuée et les mouilles comblées, et une diminution là où la section hydraulique a augmenté.

4. Synthèse et comparaison des scénarios

	Scénario 1		Scénario 2	
	+	-	+	-
Hydromorphologie	Augmentation de l'espace cours d'eau (retalutage) Morphologie adaptée aux conditions d'écoulement	Maintien de l'encaissement du cours d'eau	Augmentation de l'espace cours d'eau (retalutage) Morphologie adaptée aux conditions d'écoulement	Maintien de l'encaissement du cours d'eau
Ecologie	Concentration et diversification des écoulements pour les faibles et moyens débits et des habitats Reconstitution d'un matelas alluvial au droit des habitations Revégétalisation des berges	Risque de reprise de la renouée du Japon	Concentration et diversification des écoulements pour les faibles et moyens débits Reconstitution d'un matelas alluvial au droit des habitations Revégétalisation des berges	Risque de reprise de la renouée du Japon
Hydraulique	Débordements favorisés en rive gauche Diminution des contraintes érosives au niveau de l'ouvrage	Réduction de la capacité plein bord localement Augmentation des contraintes érosives au droit des habitations	Débordements favorisés en rive gauche Diminution des contraintes érosives au niveau de l'ouvrage Diminution globale des contraintes érosives	Réduction de la capacité plein bord localement Augmentations locales des contraintes érosives
Foncier		Décalage de la crête de berge de 2 à 3 mètres en rive gauche		Décalage de la crête de berge de 6 à 7 mètres en rive gauche
Paysager	Réduction de l'encaissement du lit Revégétalisation des berges		Réduction de l'encaissement du lit Revégétalisation des berges	

Enjeux	Reconstitution et stabilisation de la rive droite Protection de la pile du pont située côté rive gauche	Eloignement limité du lit mineur de la rive droite	Eloignement du lit mineur de la rive droite d'environ 5 mètres Suppression du risque d'érosion des parcelles privées Protection de la pile du pont située côté rive gauche	
Dossiers réglementaires	Dossier de déclaration (rubrique 33.50)		Dossier de déclaration (rubrique 33.50)	
Montant des travaux	357 671.16 € HT		454 903.46 € HT	
Aides de l'Agence de l'Eau	90 060.35 € HT		227 451.73 € HT	
Montant final	267 610.81 € HT		227 451.73 € HT	

Annexe I : Plans du projet

Annexe II : Estimation détaillée du montant des travaux

				Total	
				405.00 ml	
Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	INSTALLATION DE CHANTIER				
1.1	Installation de chantier	f	2 500.00 €	1.00	5 000.00 €
1.2	Constat d'huissier	f	650.00 €	1.00	1 300.00 €
1.3	Etudes préalables et document d'exécution	f	850.00 €	1.00	1 700.00 €
1.4	Implantation des ouvrages et piquetage	f	850.00 €	1.00	1 700.00 €
1.5	Repliement de chantier	f	1 500.00 €	1.00	3 000.00 €
1.6	Dossier de récolement	f	750.00 €	1.00	1 500.00 €
	Total 1 : Installation de chantier				14 200.00 €
2	TRAVAUX PREPARATOIRES				
2.1	Création d'accès	f	1 500.00 €	1.00	7 500.00 €
2.2	Pêche électrique de sauvetage	f	1 500.00 €	1.00	3 000.00 €
2.3	Dispositifs de mise à sec, maintien de la continuité hydraulique et barrage filtrant	f	1 500.00 €	1.00	5 250.00 €
	Total 2 : Travaux préparatoires				15 750.00 €
3	TRAVAUX FORESTIERS				
3.1	Nettoyage de la végétation	m²	3.50 €	3 755.00	13 142.50 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 15m)	u	250.00 €	141.00	35 250.00 €
	Total 3 : Travaux forestiers				48 392.50 €
4	TERRASSEMENTS				
4.2	Démolition béton et maçonneries ouvrages	m³	80.00 €	37.50	3 000.00 €
4.3	Déblais et stockage des matériaux	m³	15.00 €	2 404.80	36 072.00 €
4.6	Evacuation des déblais excédentaires	m³	25.00 €	2 404.80	60 120.00 €
4.7	Evacuation des maçonneries	m³	80.00 €	37.50	3 000.00 €
4.8	Terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m³	27.00 €	581.50	15 700.50 €
4.9	Fourniture de terre végétale	m³	25.00 €	382.90	9 572.50 €
4.10	Mise en place de terre végétale		6.50 €	382.90	2 488.85 €
	Total 4 : Travaux de terrassements				129 953.85 €

9	AMENAGEMENT DU LIT				
9.2	Mise en place et compactage de matériaux terreux pour confection des banquettes	m ³	50.00 €	681.00	34 050.00 €
9.8	Fourniture et mise en place de grave pour radiers	m ³	65.00 €	164.50	10 692.50 €
9.9	Fourniture et mise en place de grave pour matelas alluvial	m ³	40.00 €	163.25	6 530.00 €
9.12	Blocs de diversification	m ³	150.00 €	10.13	1 518.75 €
9.15	Souches d'arbres	u	350.00 €	5.00	1 750.00 €
	Total 9 : Aménagement du lit				54 541.25 €
10	PROTECTION ET VEGETALISATION DES BERGES				
10.1	Fourniture et mise en place de géotextile biodégradable "H2M5" 740 g/m2, largeur >2 m ou similaire	m ²	5.00 €	2 316.60	11 583.00 €
10.3	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements pour protection de berges	m ³	150.00 €	140.00	21 000.00 €
10.8	Fourniture et mise en place de fascines de saules vivantes	ml	80.00 €	90.00	7 200.00 €
10.11	Fourniture et mise en place de boutures de saules	u	2.00 €	220.00	440.00 €
10.12	Plantation de plants à racines nues, longueur 80 cm,	u	8.50 €	1 295.00	11 007.50 €
10.14	Mélange grainier, 35g/m ²	m ²	2.50 €	4 435.00	11 087.50 €
	Total 10 : Protection et végétalisation des berges				62 318.00 €
	SYNTHESE				
1	Installation de chantier				14 200.00 €
2	Travaux préparatoires				15 750.00 €
3	Travaux forestiers				48 392.50 €
4	Terrassements				129 953.85 €
9	Aménagement du lit				54 541.25 €
10	Protection et végétalisation des berges				62 318.00 €
14	Marge pour imprévus (10 %)				32 515.56 €
Total HT					357 671.16 €
TVA 20 %					71 534.23 €
Total TTC					429 205.39 €

				Total	
				405.00 ml	
Numéro du prix	Désignation de l'opération	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	INSTALLATION DE CHANTIER				
1.1	Installation de chantier	f	2 500.00 €	2.00	5 000.00 €
1.2	Constat d'huissier	f	650.00 €	2.00	1 300.00 €
1.3	Etudes préalables et document d'exécution	f	850.00 €	2.00	1 700.00 €
1.4	Implantation des ouvrages et piquetage	f	850.00 €	2.00	1 700.00 €
1.5	Repliement de chantier	f	1 500.00 €	2.00	3 000.00 €
1.6	Dossier de récolement	f	750.00 €	2.00	1 500.00 €
	Total 1 : Installation de chantier				14 200.00 €
2	TRAVAUX PREPARATOIRES				
2.1	Création d'accès	f	1 500.00 €	5.00	7 500.00 €
2.2	Pêche électrique de sauvetage	f	1 500.00 €	2.00	3 000.00 €
2.3	Dispositifs de mise à sec, maintien de la continuité hydraulique et barrage filtrant	f	1 500.00 €	3.50	5 250.00 €
	Total 2 : Travaux préparatoires				15 750.00 €
3	TRAVAUX FORESTIERS				
3.1	Nettoyage de la végétation	m²	3.50 €	4 045.00	14 157.50 €
3.2	Abattage et dessouchage (diam > 15m)	u	250.00 €	170.00	42 500.00 €
	Total 3 : Travaux forestiers				56 657.50 €
4	TERRASSEMENTS				
4.2	Démolition béton et maçonneries ouvrages	m³	80.00 €	37.50	3 000.00 €
4.3	Déblais et stockage des matériaux	m³	15.00 €	3 656.30	54 844.50 €
4.6	Evacuation des déblais excédentaires	m³	25.00 €	3 656.30	91 407.50 €
4.7	Evacuation des maçonneries	m³	80.00 €	37.50	3 000.00 €
4.8	Terrassement en remblais avec matériaux d'apport	m³	27.00 €	1 232.50	33 277.50 €
4.9	Fourniture de terre végétale	m³	25.00 €	413.90	10 347.50 €
4.10	Mise en place de terre végétale		6.50 €	413.90	2 690.35 €
	Total 4 : Travaux de terrassements				198 567.35 €

9	AMENAGEMENT DU LIT				
9.2	Mise en place et compactage de matériaux terreux pour confection des banquettes	m ³	50.00 €	970.50	48 525.00 €
9.8	Fourniture et mise en place de grave pour radiers	m ³	65.00 €	164.50	10 692.50 €
9.9	Fourniture et mise en place de grave pour matelas alluvial	m ³	40.00 €	163.25	6 530.00 €
9.12	Blocs de diversification	m ³	150.00 €	10.13	1 518.75 €
9.15	Souches d'arbres	u	350.00 €	5.00	1 750.00 €
	Total 9 : Aménagement du lit				69 016.25 €
10	PROTECTION ET VEGETALISATION DES BERGES				
10.1	Fourniture et mise en place de géotextile biodégradable "H2M5" 740 g/m2, largeur >2 m ou similaire	m ²	5.00 €	2 757.00	13 785.00 €
10.3	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements pour protection de berges	m ³	150.00 €	15.00	2 250.00 €
10.8	Fourniture et mise en place de fascines de saules vivantes	ml	80.00 €	230.00	18 400.00 €
10.12	Plantation de plants à racines nues, longueur 80 cm,	u	8.50 €	1 460.00	12 410.00 €
10.14	Mélange grainier, 35g/m ²	m ²	2.50 €	5 005.00	12 512.50 €
	Total 10 : Protection et végétalisation des berges				59 357.50 €
	SYNTHESE				
1	Installation de chantier				14 200.00 €
2	Travaux préparatoires				15 750.00 €
3	Travaux forestiers				56 657.50 €
4	Terrassements				198 567.35 €
9	Aménagement du lit				69 016.25 €
10	Protection et végétalisation des berges				59 357.50 €
14	Marge pour imprévus (10 %)				41 354.86 €
Total HT					454 903.46 €
TVA 20 %					90 980.69 €
Total TTC					545 884.15 €

