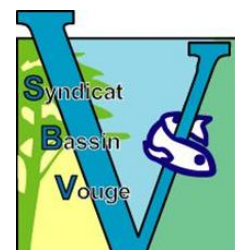




AMELIORATION DE L'HYDROMORPHOLOGIE DE LA CENT FONTS NON CANALISEE AU REGARD DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DU MAINTIEN DES PRELEVEMENTS EN NAPPE

RESTAURATION DE LA CONTINUITE BIOLOGIQUE AU DROIT DU MOULIN BRUET

**RAPPORT PHASE 3 : ETUDE DE FAISABILITE ET CONCEPTION
D'UN AVANT-PROJET DEFINITIF (VOLET MORPHOLOGIQUE)**




ARTELIA Ville & Transport

Agence de Dijon

1/3 Allée André Bourland
21000 Dijon
Tel. : +33 (0)3 80 78 95 50

MAITRISE D'OUVRAGE
Syndicat du Bassin Versant de la Vouge
25 Avenue de la gare

21 220 GEVREY-CHAMBERTIN

 Passion & Solutions 1/3 allée André Bourland 21 000 DIJON Tél. : 03 80 78 95 50 Fax : 03 80 78 95 55	N° Affaire	4 16 1738			Etabli par	Vérifié par	Date du contrôle
	Pole	FLU					
	Date	Janvier 2018			APT	NDU	13/12/17
	Indice	A	B				

SOMMAIRE

Introduction	7
Section 1 Rappel du contexte	9
1. LOCALISATION DU SITE	10
2. SITUATION CADASTRALE	11
3. SYNTHESE DU DIAGNOSTIC	12
3.1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	12
3.2. CONTEXTE MORPHO-SEDIMENTAIRE	13
3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	14
3.4. QUALITE PHYSIQUE ET HABITATIONNELLE	15
3.5. CONTEXTE HYDRO-ECOLOGIQUE	16
3.6. CONTEXTE ECOLOGIQUE	17
3.7. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE	18
4. PHILOSOPHIE D'INTERVENTION	18
4.1. OBJECTIFS DE L'OPERATION	18
4.2. LOGIQUE D'INTERVENTION	18
Section 2 Aménagements de la Cent Fonts	20
1. DONNEES D'ENTREE - HYDRAULIQUE	21
1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	21
1.2. METHODOLOGIE	21
1.3. MODELISATION HYDRAULIQUE	21
1.3.1. Structure et topologie du modèle	21
1.3.2. Le calage du modèle	22
1.3.3. Hypothèses de calcul	23
2. RESTAURATION DE LA CENT FONTS	24
2.1. CARACTERISTIQUES DES AMENAGEMENTS	24
2.1.1. Rappel de la sectorisation de la Cent Fonts	24
2.1.2. Rappel des aménagements retenus	24
2.2. REMODELAGE DU LIT MINEUR	26
2.2.1. Objectif	26
2.2.2. Création d'un lit d'étiage et remodelage d'un lit moyen	26
2.2.2.1. OBJECTIFS	26
2.2.2.2. LOCALISATION	27
2.2.2.3. DEFINITION DES PROFILS EN TRAVERS	27
2.2.2.4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	27
2.2.2.5. STABILITE DES BANQUETTES	28
2.2.2.6. CREATION DE CACHES PISCICOLES	28
2.2.3. Banquettes minérales	29
2.2.3.1. OBJECTIF	29
2.2.3.2. LOCALISATION	29
2.2.3.3. GRANULOMETRIE	29
2.2.4. Retalutage de la berge en rive droite	30
2.3. DIVERSIFICATION DU LIT MINEUR	32
2.3.1. Objectif	32
2.3.2. Dimensionnement	32
2.3.3. Caractéristiques techniques	32

2.4.	VEGETATION RIVULAIRE	33
3.	PRINCIPAUX EFFETS DES OPERATIONS	34
3.1.	COMPOSANTE HYDRAULIQUE	34
3.1.1.	Incidences sur les niveaux d'eau	34
3.1.2.	Incidences sur le risque inondation	36
3.2.	COMPOSANTE MORPHODYNAMIQUE	36
3.3.	COMPOSANTE HYDRO-ECOLOGIQUE	37
3.3.1.	Phase post travaux	37
3.3.2.	Phase travaux	37
3.4.	COMPOSANTE SOCIALE	38
3.5.	BILAN	38
4.	ESTIMATION FINANCIERE DU PROJET	39
5.	PLANNING PREVISIONNEL	40

Section 3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION 41

1.	DEFINITION DES CONTRAINTES	42
1.1.	CONTRAINTES HYDRAULIQUES	42
1.1.1.	Station de référence	42
1.1.2.	Contrôle des niveaux d'eau au droit du site	42
1.1.3.	Travaux en rivière	42
1.1.4.	Rappels des débits de crue de la Cent Fonts	42
1.2.	CONTRAINTES D'ACCES AUX SITES	43
1.2.1.	Installation de chantier	43
1.2.2.	Livraison	43
1.2.3.	Accès au chantier	43
1.3.	CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	44
2.	DISPOSITIONS GENERALES	45
2.1.	PLAN D'ASSURANCE QUALITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT	45
2.2.	RESEAUX CONCESSIONNAIRES	45
2.3.	PREPARATION DU CHANTIER	46
2.4.	ETUDES D'EXECUTION	46
2.4.1.	Opération à la charge du Maître d'Ouvrage	46
2.4.2.	Opération à la charge de l'entreprise	46
2.4.2.1.	OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LA PERIODE DE PREPARATION	46
2.4.2.2.	OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LE DEROULEMENT DES TRAVAUX	47
2.4.2.3.	OPERATIONS A EXECUTER APRES LE DEROULEMENT DES TRAVAUX	47
3.	PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX	48
3.1.	PRESCRIPTIONS GENERALES	48
3.1.1.	Matériaux et produits normalisés	48
3.1.2.	Matériaux et produits non normalisés	48
3.1.3.	Lieu de stockage provisoire des matériaux	48
3.1.4.	Chargement – Transport – Stockage	48
3.1.4.1.	CHARGEMENT	48
3.1.4.2.	TRANSPORT	49
3.1.4.3.	STOCKAGE	49
3.1.5.	Essais de contrôle des livraisons	49
3.2.	TERRASSEMENTS	49
3.2.1.	Généralités	49
3.2.2.	Déblais/remblais	50
3.3.	VEGETALISATION DES BERGES ET PLANTATIONS	50

3.3.1.	Description	50
3.3.2.	Treillis biodégradable	50
3.3.2.1.	QUALITE	50
3.3.2.2.	MISE EN ŒUVRE	51
3.3.3.	Enherbement	51
3.3.4.	Arbres et arbustes	51
3.3.5.	Boutures de saule	52
3.3.6.	Végétation héliphytique	52
1.3.1.	Mise en œuvre des arbres, des arbustes et des boutures de saule	53
1.3.1.1.	PRESCRIPTIONS GENERALES	53
1.3.1.2.	VARIETES D'ESPECES VEGETALES A METTRE EN ŒUVRE	54
1.3.1.3.	PREPARATION DES VEGETAUX	54
1.3.1.4.	QUALITE DES PLANTS	55
1.3.2.	Remise en état du site	55
1.3.2.1.	COMPOSITION DES MELANGES GRAINIERS	55
1.3.2.2.	ENTRETIEN OBLIGATOIRE	56
1.3.2.3.	PORTEE DES GARANTIES ET OBLIGATIONS EN DECOULANT	56
1.3.2.4.	CONSTATS ET RECEPTIONS PENDANT LA PERIODE DE GARANTIE DES SEMIS	56
1.3.2.5.	MESURE DE CONTROLE, CONSTATS ET RECEPTION PENDANT LES TRAVAUX	57
3.4.	ENROCHEMENTS	57
3.4.1.	Banquettes minérales	57
3.4.2.	Blocs en pieds de banquettes	58
3.4.3.	Epis en enrochements	58
3.5.	DISPOSITIONS PARTICULIERES DES RESEAUX	58

Section 4 Conclusion générale **59**

Annexe 1 : Plan des aménagements **61**

TABLEAUX

TABL. 1 -	LISTE DES PROPRIETAIRES CONCERNES SUR LE SECTEUR D'ETUDE	11
TABL. 2 -	DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA CENT FONTS	12
TABL. 3 -	QUELQUES VALEURS DE DEBITS CARACTERISTIQUES	13
TABL. 4 -	SCORE DE LA QUALITE PHYSIQUE DE LA CENT FONTS	15
TABL. 1 -	DONNEES DE CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE	22
TABL. 2 -	SYNTHESE DES AMENAGEMENTS RETENUS A L'ISSUE DE LA PHASE 2	25
TABL. 3 -	LIMITES DE FORCES TRACTRICES RELATIVES AUX DIFFERENTES TECHNIQUES DE GENIE VEGETAL EXISTANTES	28
TABL. 4 -	GRANULOMETRIE PROPOSEE POUR LES BANQUETTES MINERALES	30
TABL. 5 -	INCIDENCES HYDRAULIQUES A DIFFERENTS DEBITS	36
TABL. 6 -	OPERATION A LA CHARGE DU MAITRE D'OUVRAGE	46
TABL. 7 -	OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LA PERIODE DE PREPARATION	47
TABL. 8 -	OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LE DEROULEMENT DES TRAVAUX	47
TABL. 9 -	OPERATIONS A EXECUTER A LA FIN DES TRAVAUX	47
TABL. 10 -	LISTE DES DIFFERENTES ESSENCES D'ARBRES ET D'ARBUSTES SELECTIONNEES	54

FIGURES

FIG. 1.	RIVIERE CENT-FONTS	8
FIG. 2.	LOCALISATION DU BASSIN VERSANT DE LA CENT FONTS	10
FIG. 3.	LOCALISATION DES DIFFERENTS OUVRAGES ET PARTICULARITES DU SECTEUR D'ETUDE	11
FIG. 4.	DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA CENT FONTS A SAULON-LA-RUE	12
FIG. 5.	COURBE DES DEBITS CLASSES DE LA CENT FONTS A SAULON-LA-RUE	13
FIG. 6.	ALTERNANCE DE BANCS GROSSIERS	14
FIG. 7.	QUALITE PHYSIQUE DE LA CENT FONTS	15

FIG. 8.	COMPARAISON DES PEUPELEMENTS PISCICOLES OBSERVE ET THEORIQUE A SAULON-LA-RUE EN 2014 (SOURCE : FDPPMA COTE D'OR)	16
FIG. 9.	COMPARAISON DES PEUPELEMENTS PISCICOLES OBSERVE ET THEORIQUE A FENAY EN 2014 ET 2015 (SOURCE : FDPPMA COTE D'OR)	17
FIG. 10.	LOCALISATION DES ZONES HUMIDES SUR LE SECTEUR D'ETUDE (CARMEN)	17
FIG. 11.	LOCALISATION DES REPERES UTILISES POUR LE CALAGE DU MODELE	22
FIG. 12.	LOCALISATION DES TRONÇONS HOMOGENES SUR LA CENT FONTS	24
FIG. 13.	COURBE GRANULOMETRIQUE DES BANCs SUR LA CENT FONTS	29
FIG. 14.	SCHEMA DE PRINCIPE D'UN REMODELAGE D'UN COURS D'EAU	30
FIG. 15.	SCHEMA EXPLICATIF DE LA PENTE DE TALUS	31
FIG. 16.	PROFIL EN TRAVERS TYPE	31
FIG. 17.	PROFIL EN TRAVERS D'UN EPI DE DIVERSIFICATION	32
FIG. 18.	LOCALISATION DES PROFILS HYDRAULIQUES	34
FIG. 19.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU SECTEUR D'ETUDE POUR LE DEBIT CINQUENTENNALE INSTANTANE (Q = 3.8 M3/S)	36
FIG. 20.	SCHEMA DE PRINCIPE DES AMENAGEMENTS SUR LE TRONÇON 4 ET 5	38
FIG. 21.	DESCRIPTION DE L'ACCES AU SITE DES TRAVAUX	44
FIG. 22.	RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE « LOI SUR L'EAU » CONCERNEES (ARTICLE R214-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT)	45

Introduction

Le **réchauffement climatique** est devenu l'un des **enjeux majeurs du XXIème siècle** (GIEC, 2007). Même si ses causes sont encore débattues par la communauté scientifique, tous s'accordent à dire que ce phénomène existe. C'est pour cette raison que des études sont menées pour tenter de prévoir son ampleur et ses conséquences sur le climat et sur la ressource en eau, afin de s'adapter et de gérer au mieux ces impacts.

Par sa situation aux portes de l'agglomération dijonnaise et sa grande capacité de stockage, **la nappe de Dijon Sud représente une ressource majeure pour son territoire**. Surtout exploitée depuis les années 1960, simultanément au développement urbain du sud de l'agglomération, la masse d'eau souterraine est soumise à de multiples **pressions de prélèvement et de pollution**. Dans ce contexte, un **contrat de nappe pour une durée de 6 ans** a été élaboré visant à la **protection qualitative et quantitative de la Nappe de Dijon Sud au regard du changement climatique et de l'évolution des pressions anthropiques**.

Une étude d'Evaluation des Volumes Prélevables (BRLi, 2011) a mis en évidence une relation entre **prélèvements en nappe et débit moyen de la Cent Fonts** en période critique. En effet, une augmentation des prélèvements induit une baisse des débits de la rivière. Actuellement, le débit minimum biologique nécessaire en période d'étiage moyen pour assurer le fonctionnement écologique de la Cent Fonts est de 170 L/s. Cette valeur, à partir de laquelle les volumes maximum prélevables ont été déterminés, est notamment induite par la morphologie actuelle du cours d'eau (ouvrages hydrauliques, curages, élargissement).

Par ailleurs, sur le bassin versant de la Cent Fonts, les **restaurations des qualités physique et physico-chimique des cours d'eau** représentent une des priorités d'intervention dans l'objectif d'atteinte du bon état écologique, imposé par la Directive Cadre sur l'Eau. Cette problématique revêt une importance d'autant plus forte que les cours d'eau connaissent des enjeux biologiques et/ou morphologiques particuliers. **Il devient alors important de restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau**.

Le volet morphologie (phases 2 et 3) de la présente étude est issu d'une des actions du contrat de nappe de Dijon Sud. Celle-ci a été lancée par le SBV suite à l'identification de l'enjeu que représente la restauration morphologique de la Cent Fonts, pour le maintien futurs des prélèvements en nappe (principalement AEP), et ce malgré des étiages de plus en plus sévères.

La présente mission se décompose en plusieurs phases :

- Phase 1 : Volet continuité écologique comprenant l'état des lieux et la conception de la passe à poisson – rivière de contournement ;
- Phase 2 : Volet morphologique comprenant l'état des lieux ;
- **Phase 3 : Volet morphologique comprenant l'étude de faisabilité et l'élaboration d'un avant-projet définitif.**

Le présent document synthétise l'état des lieux de la **phase 3 (volet morphologique) de la mission**. Cette phase présente l'avant-projet définitif du volet morphologique de la Cent Fonts.



Fig. 1. Rivière Cent-Fonts

SECTION 1 **RAPPEL DU CONTEXTE**

1. LOCALISATION DU SITE

La Cent Fonts, cours d'eau de Bourgogne, prend sa source à 227 m d'altitude sur la commune de Perrigny-lès-Dijon en Côte d'Or (21), au niveau de la ferme de la « Sans Fond ». Ce cours d'eau de 16.3 km conflue avec la Vouge au niveau de l'abbaye de Cîteaux. Initialement, son cours confluaient avec la Varaude, aux abords de Noiron-sous-Gevrey mais manquant d'eau, les moines de Cîteaux décidèrent au début du XIIIème siècle de prolonger la Cent Fonts jusqu'à leur abbaye. Pour ce faire, ils durent creuser un canal sur plus de 11 km et édifier un pont-canal au niveau de Noiron-sous-Gevrey, permettant le passage de la Cent Fonts au-dessus de la Varaude.

Le bassin versant de la Cent Fonts est de 60 km² et celui de la Vouge de 428 km².

La Cent Fonts prend sa source à l'amont de l'autoroute A31. Elle suit son cours naturel jusqu'au déversoir de Saulon la Chapelle avec une pente de l'ordre de 0,6%. Elle est ensuite déviée pour suivre le canal de la Cent Fonts sur plus de 10 km avec une pente de l'ordre de 1‰.

Le Ru de Brochon conflue avec la Cent Fonts à 1,6 km en amont du bourg de Saulon la Rue. Ce ruisseau draine une grande partie de la côte viticole située à l'ouest de Marsannay la Côte. La particularité de ce ruisseau est qu'il traverse à la fois la gare de triage de Gevrey Chambertin et l'autoroute A 311.

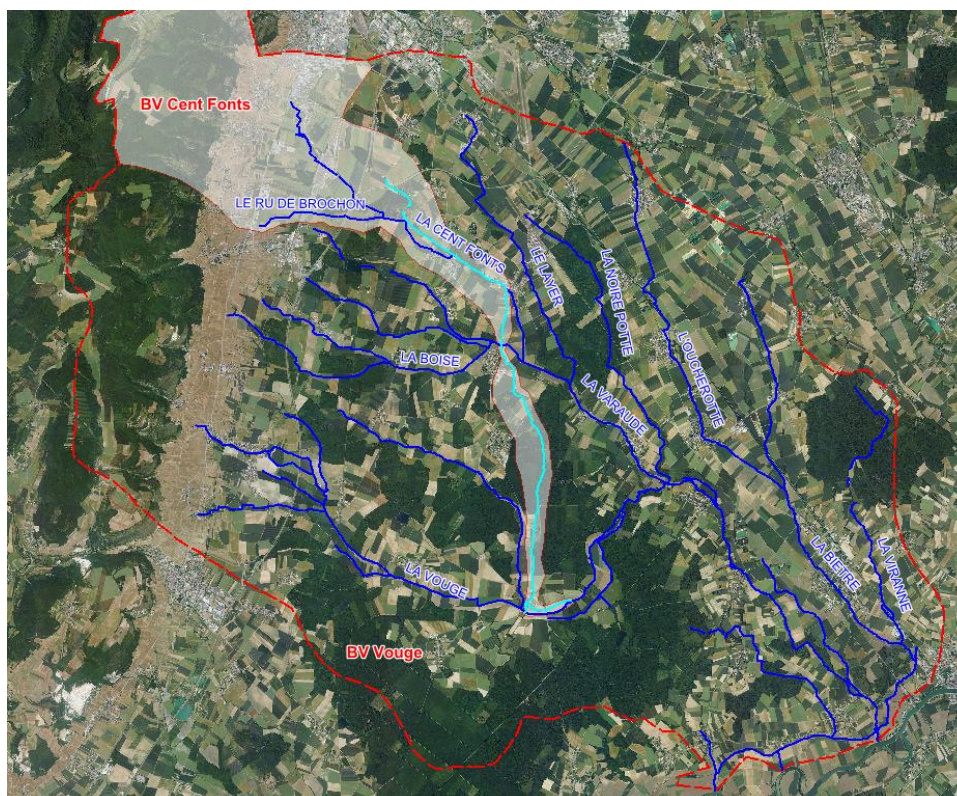


Fig. 2. Localisation du bassin versant de la Cent Fonts

Le secteur d'étude correspond à la Cent Fonts sur 1.8 km ainsi que l'ensemble hydraulique du moulin Bruet (dont le seuil a été étudié en phase 1).



Fig. 3. Localisation des différents ouvrages et particularités du secteur d'étude

2. SITUATION CADASTRALE

Le site est localisé au contact des territoires privés et communaux. Le contexte foncier est présenté ci-dessous :

Tabl. 1 - Liste des propriétaires concernés sur le secteur d'étude

Section cadastrale	N° parcelle	Propriétaire	Remarques
ZB	11	M. VINCENOT Eric	-
	12	SCI du moulin des Etangs - M. DAMIDOT Patrick	-
ZL	30	Commune de FENAY	-
	31		-
	32	Association Foncière FENAY	-
	28		-
ZA	1	Indivision BOUTRY-SEGUIN	5 membres
	2		
AA	140	M. JACSON Claude	-
	45	Mme THOMAS Edwige	-
	46		-
	41	M. ALIBERT Philippe	-
	42		-
	179		Suite à l'acquisition du moulin par M. ALIBERT (fin 2015-début 2016), la parcelle AA40 a été redécoupée
A	683	Commune de Saulon la Rue	-

Pour information, lors de la rédaction du présent rapport, les données parcellaires de la base Géoportails ne sont pas à jours

3. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

3.1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Les caractéristiques hydrologiques du site sont estimées à partir de données issues de stations hydrométriques proches. Ces stations sont gérées par la DREAL Bourgogne – Franche-Comté et les informations collectées sont disponibles via le site de la Banque Hydro.

Les données hydrologiques disponibles les plus proches et les plus représentatives du site d'étude correspondent aux données acquises sur la station de Saulon-la-Rue. Cette station est située à seulement 1.2 km à l'aval de l'ouvrage du moulin Bruet et est exploitée depuis 1981, soit depuis plus de 36 ans. Cette durée est suffisante pour justifier l'intérêt statistique des données collectées et leur exploitation.

Station	Saulon-la-Rue
Surface bassin versant (km ²)	51.5
Période d'exploitation	1981 - 2017
Module (m ³ /s)	0.300
Débits d'étiage (m³/s)	
VCN10 biennal	0.180
QMNA5	0.160
Débits de crue (m³/s)	
Q2	1.400
Q5	2.200
Q10	2.700
Q20	3.200
Q50	3.900

Tabl. 2 - Débits caractéristiques de la Cent Fonts

ÉCOULEMENTS MOYENS MENSUELS ET DEBIT MOYEN

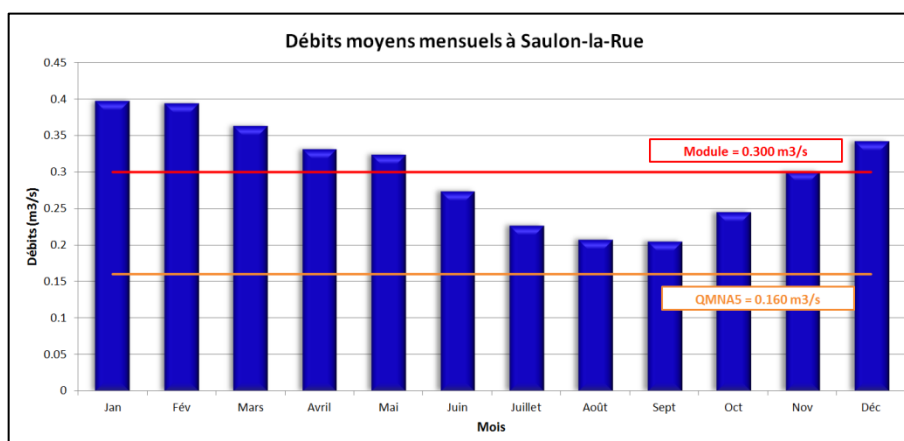


Fig. 4. Débits moyens mensuels de la Cent Fonts à Saulon-la-Rue

Le régime hydrologique de la Cent Fonts présente deux phases distinctes : une période de hautes eaux qui s'étend de décembre à mars, et tout particulièrement en janvier et février où le débit

moyen est maximal, et une période de basses eaux durant la saison estivale, de juillet à octobre. Le régime hydrologique est de type pluvial océanique.

DEBITS CLASSES

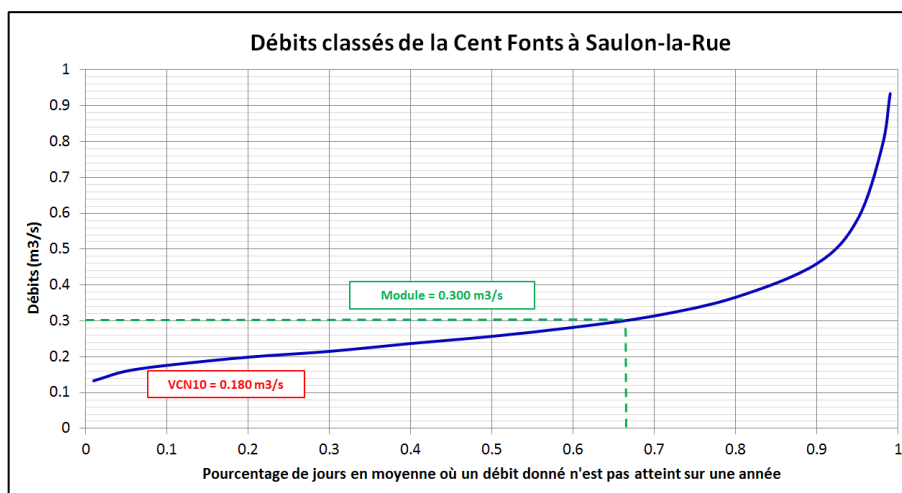


Fig. 5. Courbe des débits classés de la Cent Fonts à Saulon-la-Rue

Il est intéressant de souligner quelques valeurs de débits caractéristiques qui pourront s'avérer utiles dans la suite de l'étude : le débit médian Q_{50} , ainsi que les Q_{10} et Q_{90} (débits dont les fréquences de non dépassement sont respectivement 0.50, 0.10 et 0.90).

Tabl. 3 - Quelques valeurs de débits caractéristiques

Localisation	Surface BV (km ²)	Débits caractéristiques (m ³ /s)		
		$Q_{10\%}$	$Q_{50\%}$	$Q_{90\%}$
Saulon-la-Rue	51.5	0.176	0.257	0.460

3.2. CONTEXTE MORPHO-SEDIMENTAIRE

Le fossé bressan semble être marqué, dans notre secteur d'étude, par une relaxation permettant l'affaissement lent du Nord de la Bresse et l'accumulation des sédiments du Villafranchien et du Pléistocène inférieur. Cet affaissement s'est poursuivi jusqu'à l'ouverture de la Bresse en direction des Vosges. Cet affaissement est irrégulier dans l'espace et dans le temps, il est notamment affecté par des arrêts de la sédimentation et des reprises de l'érosion suivies d'un alluvionnement grossier (graviers de la Sansfond, graviers de Perrigny).

Dans la formation de la Sansfond, on peut fréquemment observer de petits affleurements de graviers et de sables grossiers calcaires à matrice argileuse très comparables aux graviers de Perrigny, mais situés au-dessous des sables carbonatés de Barges.

Concernant notre secteur d'étude, des apports sont notables en lien avec la géologie du bassin versant et surtout avec la morphologie de la Cent Fonts :

- Des apports externes avec une production primaire en éléments grossiers présente (en particulier liée à la géologie du secteur d'étude : graviers de la Cent Fonts ;

- Des apports internes potentiellement intéressants en lien avec un stock de matériaux alluvionnaires modéré : matelas alluvial de plus d'une dizaine de centimètre, éléments grossiers (graviers/cailloux), une alternance de bancs grossiers sur le parcours de la Cent Fonts.



Fig. 6. Alternance de bancs grossiers

La dynamique alluviale de ce tronçon de cours d'eau apparaît modérée : matelas alluvionnaire de bonne épaisseur et des berges localement érodables. La charge très grossière de graviers, favorisée par une pente importante, apparaît comme mobile en l'absence de végétation ou de colmatage.

En termes d'impact morfo-sédimentaire, les mesures de terrain (granulométrie, parcours du lit mineur ...) couplées aux analyses bibliographiques mettent en avant les points suivants :

- La capacité intrinsèque de la Cent Fonts à s'ajuster au gré des crues, et à charrier les matériaux grossiers constitutifs des berges. Des apports naturellement faibles à modérés, mais présents par la géologie ;
- Une dynamique alluviale réelle modérée, qui s'exprime à la faveur du matelas alluvionnaire et au niveau des berges localement érodables, et d'une pente importante.

3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

La nappe de Dijon Sud constitue une importante réserve d'eau souterraine, aux portes de l'agglomération dijonnaise. Avec un renouvellement annuel de plusieurs millions de mètres cubes d'eau, la nappe est exploitée depuis les années 1960, majoritairement pour l'Alimentation en Eau Potable.

Etendue sur près de vingt kilomètres de long, elle recoupe une quinzaine de communes. Composée d'une nappe unique de Dijon à Chenôve, elle s'individualise ensuite en une nappe superficielle (plus proche de la surface) et une nappe profonde. Le cours d'eau de la Cent Fonts, dont la source principale est localisée à Perrigny-lès-Dijon, constitue l'exutoire de la nappe superficielle.

Une étude portant sur les Volumes prélevables a été réalisée en 2011 par le bureau d'étude BRL *ingénierie* a mis en évidence :

- Pour préserver et satisfaire le milieu aquatique, un Débit Minimum Biologique de la Cent Fonts a été estimé à 170 l/s ;
- Pour un volume prélevé constant, accroître les prélèvements en période de recharge autorise un gain mineur en terme de débit d'étiage des sources de la Cent Fonts (<5 l/s en débit fictif) ;

- Pour un volume prélevé constant, accroître les prélèvements sur la nappe superficielle au détriment de la nappe profonde conduit à une diminution mineure du débit d'étiage des sources de la Cent Fonts. D'après l'étude des volumes prélevables le gain est significatif pour la suppression de tout prélèvement sur le captage de Saulon. (<10 l/s en débit fictif) ;
- Pour un volume prélevé constant, accroître les prélèvements dans les secteurs amont de la nappe (Gorgetts et Chenôve) au détriment des prélèvements aval (secteurs de Saulon) produit à un gain majeur sur le débit à l'étiage de la Cent Fonts.

On peut en conclure que l'impact des prélèvements sur le débit d'étiage de la Cent Fonts est plus fort à l'approche sa résurgence. Enfin, ces relations indiquent **qu'un prélèvement supplémentaire de 500 000 m3/an en nappe profonde ou superficielle, induit respectivement des pertes de 5 à 10 L/s sur le débit d'étiage de la Cent Fonts.**

3.4. QUALITE PHYSIQUE ET HABITATIONNELLE

Le tableau ci-après récapitule les scores et classes de la qualité physique et habitationnelle sur les tronçons de la Cent Fonts à l'étude :

Tabl. 4 - Score de la qualité physique de la Cent Fonts

Tronçons	TYPE	Hétérogénéité		Attractivité		Connectivité		Qualité physique	
		Score	Classe	Score	Classe	Score	Classe	Score total	Classe
CF1	MEDIAN	35	B	55	B	65	A	5850	B
CF2	MEDIAN	25	C	33	C	35	C	2030	C
CF3	MEDIAN	25	C	35	C	40	C	2400	C
CF4	MEDIAN	35	B	50	B	30	C	2550	C
CF5	MEDIAN	35	B	45	B	35	C	2800	C
CF6	MEDIAN	35	B	58	B	40	C	3720	B



Fig. 7. Qualité physique de la Cent Fonts

L'analyse des résultats de la méthode des tronçons pour la Cent Fonts à l'étude conduit aux observations suivantes :

- Colmatage des fonds sur la partie sur élargie en amont du secteur d'étude ;
- Une bonne diversité en termes de faciès d'écoulement, permettant une bonne oxygénation des eaux, et offrant plusieurs types d'habitats (sous-berge, fosse, plat courant, chenal courant) ;
- Une connectivité longitudinale de la rivière limitée en lien avec la présence du seuil du moulin Bruet ;
- Une ripisylve présente, mais par endroit déconnectée du lit mineur. Elle offre globalement une bonne connectivité latérale sur le tronçon 1 et 6 ;

La Cent Fonts présente une qualité physique globalement moyenne à bonne, en lien avec une morphologie de lit généralement préservée et une diversité d'habitats et d'écoulements. L'impact de l'ouvrage du moulin Bruet se fait principalement ressentir dans la longueur du remous liquide et le blocage d'une partie des sédiments, qui s'accumulent dans la retenue. Au-delà, le lit mineur de la Cent Fonts est resté dans son état naturel, avec une pente relativement forte, des fonds rugueux et différents faciès d'écoulements, facteurs clés dans l'atteinte d'une bonne qualité physique.

La connectivité latérale constitue le point faible du secteur d'étude. En effet, les trop fortes hauteurs de berges réduisent les interactions sur près de 800m.

La qualité physique résultante est jugée de moyenne à bonne.

3.5. CONTEXTE HYDRO-ECOLOGIQUE

La Cent Fonts est un cours d'eau classé en première catégorie piscicole et en contexte salmonicole. Les espèces cibles pour la restauration morphologique sont donc la Truite fario et ses espèces d'accompagnements.

Le peuplement observé à Saulon-la-Rue et à Fenay est relativement dégradé. En effet, des espèces attendues sont absentes (le Chabot et le Vairon) et des espèces supplémentaires ont été identifiées (la Perche commune, le Gardon et le Goujon). Globalement, les espèces attendues qui ont été recensées sont déficitaires à l'exception de la Truite Fario. Enfin, d'après la FDPPMA, des frayères sont présentes et fonctionnelles sur tout le secteur jusqu'à Saulon-la-Chapelle (à l'aval), ce qui signifie que c'est un lieu favorable à la reproduction de l'espèce

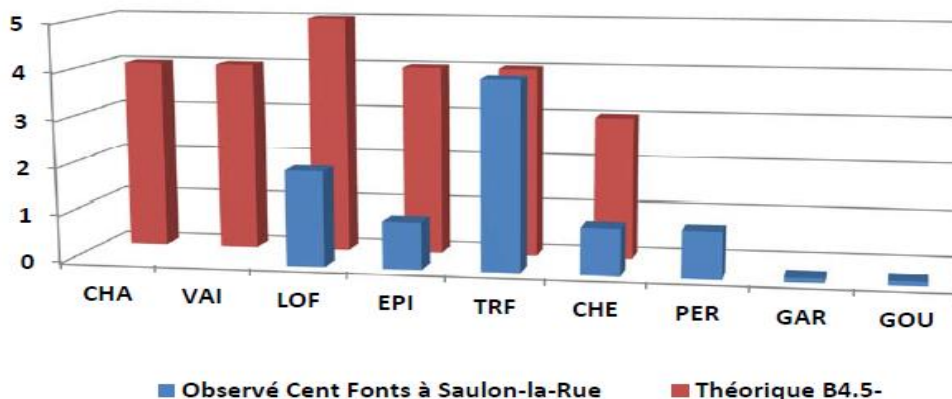


Fig. 8. Comparaison des peuplements piscicoles observé et théorique à Saulon-la-Rue en 2014 (Source : FDPPMA Côte d'Or)

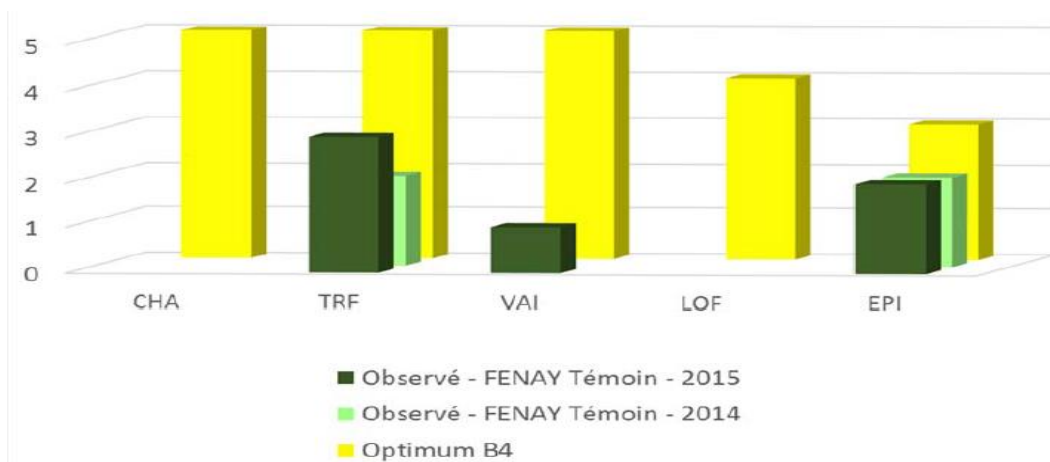


Fig. 9. Comparaison des peuplements piscicoles observé et théorique à Fenay en 2014 et 2015 (Source : FDPMA Côte d'Or)

3.6. CONTEXTE ECOLOGIQUE

L'analyse de l'ensemble des données environnementales disponibles montre que le secteur d'étude n'est pas localisé au sein de zones écologiques remarquables (arrêté de protection biotope, zone humide avérée, parc naturel, ZNIEFF et zone Natura 2000). En revanche, il se situe dans le périmètre d'une **zone humide**. Il s'agit de zones humides supérieures à 4 ha, constituées **essentiellement de boisements rivulaires du cours d'eau**.



Fig. 10. Localisation des zones humides sur le secteur d'étude (CARMEN)

3.7. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

L'Etat des lieux a mis en évidence divers enjeux socio-économiques majeurs propres :

- Quelques forages ou puits sont situés à proximité du projet ;
- Des réseaux sont proches du secteur d'étude et il faudra particulièrement faire attention à un réseau de gaz qui traverse le cours d'eau en sous fluviale ;
- Projet à moyen/long terme d'utiliser la force motrice de la Cent Fonts pour produire de l'hydroélectricité, au moulin Bruet.

4. PHILOSOPHIE D'INTERVENTION

4.1. OBJECTIFS DE L'OPERATION

La nappe de Dijon Sud constitue une importante réserve d'eau souterraine, aux portes de l'agglomération dijonnaise. Par ailleurs, la Cent Fonts est née d'une résurgence de la nappe de Dijon Sud. A la recherche d'une gestion raisonnée de cette ressource en eau, l'étude d'Evaluation des Volumes prélevables de BRLi en 2011 a estimé le débit minimum biologique à 170 L/s, selon l'approche ESTIMHAB, qui tient compte :

- De la géométrie hydraulique du cours d'eau ;
- Des « courbes de préférence » hydrauliques des espèces piscicoles dites « repères ».

De plus, l'étude menée en 2011 a mis en évidence les relations entre prélèvements en nappe et débit moyen de la Cent Fonts en période d'étiage. Ces relations indiquent qu'un prélèvement supplémentaire de 500 000 m³/an en nappe profonde ou superficielle, induit respectivement des pertes de 5 à 10 L/s sur le débit d'étiage de la Cent Fonts.

Par ce lien qui associe les prélèvements en nappe à la rivière, l'objectif principal est d'anticiper au mieux les effets du changement climatique sur les débits de la Cent Fonts. Ainsi, l'objectif est de restaurer une hydromorphologie adaptée au cours d'eau, pour garantir une hauteur d'eau suffisante en cas d'étiage sévère et, par voie de conséquence, garantir le maintien des prélèvements en nappe. De cette manière, le débit minimum biologique pourra être réévalué avec les nouvelles caractéristiques de la Cent Fonts, après travaux.

Parallèlement l'objectif de cette opération est la restauration de la qualité physique de la Cent Fonts. Aux vues des contraintes locales (agriculture) et « l'état de santé » du cours d'eau, il est privilégié l'aménagement du lit mineur, afin d'améliorer directement les différentes composantes de la qualité physique (hétérogénéité, attractivité et connectivité) en diversifiant la forme du lit mineur et les habitats aquatiques.

4.2. LOGIQUE D'INTERVENTION

Face aux résultats de qualité physique issus de la méthode des tronçons, la Cent Fonts apparaît comme un cours d'eau peu dégradé par rapport à son état naturel, sur certains secteurs.

Le secteur d'étude se décompose en 6 tronçons homogènes distincts.

Confronté à l'état peu dégradé du secteur d'étude, il convient de distinguer trois niveaux d'objectifs de restauration, qui correspondent à trois niveaux d'ambition :

- **Niveau R1** : Objectif de restauration d'un compartiment de l'hydrosystème, souvent piscicole, dans un contexte où l'on peut réaliser une véritable opération de restauration fonctionnelle. Il s'agit généralement de mettre en place des structures de diversification des écoulements et des habitats (déflecteurs, petits seuils, caches, frayères). Ce niveau d'ambition ne nécessite pas une grande emprise latérale ;
- **Niveau R2** : Objectif de restauration fonctionnelle plus globale. L'amélioration de tous les compartiments aquatiques et rivulaires est visée : transport solide, habitat aquatique, nappe alluviale, ripisylve. Ce niveau nécessite une emprise foncière plus importante (de 2 à 10 fois la largeur naturelle du lit mineur). Il peut être atteint par exemple par un reméandrage léger pour un cours d'eau rectifié, ou encore par un écartement des digues pour un cours d'eau fortement endigué.
- **Niveau R3** : Objectif de restauration similaire au niveau R2, avec prise en compte de l'espace de bon fonctionnement. Il s'agit d'une restauration fonctionnelle complète de l'hydrosystème, y compris de la dynamique alluviale d'érosion et du corridor alluvial. L'emprise nécessaire pour que ce niveau d'ambition soit pertinent est au minimum de l'ordre de 10 fois la largeur du lit mineur avant restauration.

Au vu des conclusions du diagnostic, les pistes d'aménagements s'orientent vers des objectifs de restauration :

- Tronçon n°1, bien préservé, **ne justifie pas d'intervention** sur l'hydrosystème ;
- Tronçons n°2 et 3, bien préservés, ne nécessitent pas d'intervention conséquente sur l'hydrosystème. Les **seules interventions seront d'un niveau R1** ;
- Tronçons n°4 et 5, dont la marge de manœuvre est plus grande, présentent un bon potentiel hydro-écologique qui est réduit par un manque de connectivité latérale. Ce tronçon peut être restauré par des actions de **restauration de « moyenne » envergure de niveau R2** ;
- Tronçon n°6, bien préservé, ne nécessite pas d'intervention conséquente sur l'hydrosystème. Les **seules interventions seront d'un niveau R1**.

En premier lieu, le niveau d'ambition R3 a été exclu (aménagement nécessitant une forte emprise géographique et foncière), préférant privilégier des interventions à faible impact foncier, donc cantonnées dans le lit mineur et de ses abords, et hydrauliquement pas ou peu impactantes. De plus, la Cent Fonts naturelle est peu dégradée sur le secteur d'étude, les aménagements vont s'orienter vers un remodelage du lit mineur avec la définition d'un lit d'étiage et vers un retalutage des berges pour augmenter la connectivité de la ripisylve avec le lit.

SECTION 2 AMENAGEMENTS DE LA CENT FONTS

1. DONNEES D'ENTREE - HYDRAULIQUE

1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre du projet de restauration physique de la Cent Fonts, une étude hydraulique a été réalisée afin de d'observer l'impact des aménagements prévus sur le comportement hydraulique de ces masses d'eau.

Les objectifs de cette étude hydraulique sont les suivants :

- Définir les mesures envisageables sans accentuer les débordements en l'état actuel.
- Evaluation de l'impact hydraulique (c'est-à-dire sur les écoulements de surface, principalement en crue) de la modification du lit et des berges ;

1.2. METHODOLOGIE

Nous avons suivi la méthodologie suivante :

- Reconnaissances de terrain ;
- Traitement des relevés topographiques disponibles (Burgeap et BRLi) ;
- Analyse hydrologique à partir de la station hydrologique de Saulon-la-Rue (U1415410) ;
- Analyse hydrologique pour l'estimation des débits caractéristiques de crue au droit du secteur d'étude ;
- Evaluation des impacts hydrauliques par comparaison entre les lignes d'eau calculés dans l'état initial et dans l'état aménagé ;

1.3. MODELISATION HYDRAULIQUE

1.3.1. Structure et topologie du modèle

Il convient d'indiquer que toutes les cotes mentionnées correspondent à des cotes référencées dans le repère NGF IGN69.

Le réseau hydrographique est imputé dans le modèle sous forme de profils en travers de la rivière et de leur profil en long.

Le modèle a été construit à partir des profils en travers réalisés par Burgeap en 2012 et BRL en 2013, et à partir du profil en long réalisé par le cabinet Géoplans, en 2017. La topologie du modèle hydraulique comprend donc 55 points de calcul, incluant 9 profils en travers relevés par Burgeap et 4 par BRL, ainsi que 35 profils extrapolés de ceux qui ont été relevés.

1.3.2. Le calage du modèle

Le calage des modèles s'effectue à partir de l'ajustement des coefficients de Strickler et de perte de charge des ouvrages de franchissement.

Afin d'ajuster notre calage de modélisation, nous avons effectué plusieurs mesures de niveau d'eau (amont/aval seuil). Les valeurs des mesures effectuées sont présentées dans le tableau suivant :

Débits caractéristiques		Passerelle Amont (m NGF)	Z1 (m NGF)	Z2 (m NGF)	Z3 (m NGF)	Z4 (m NGF)	Z5 (m NGF)	Source
Date	Valeur (m ³ /s)							
24/03/2017	0.270	217.66	215.42	215.42	214.65	214.65	215.40	Artelia
17/05/2017 & 18/05/2017	0.230	Indisp.	215.40	215.38	214.63	214.63	215.38	Géoplans
22/06/2017	0.160	217.65	215.33	215.32	214.59	214.60	215.31	Artelia

Tabl. 1 - Données de calage du modèle hydraulique

Où « Passerelle Amont » fait référence à la côte du niveau d'eau sous la passerelle située à l'aval du ru de Brochon et où les « Z » sont les côtes du niveau d'eau aux abords du site d'implantation de la passe à poissons, localisés sur la figure suivante :

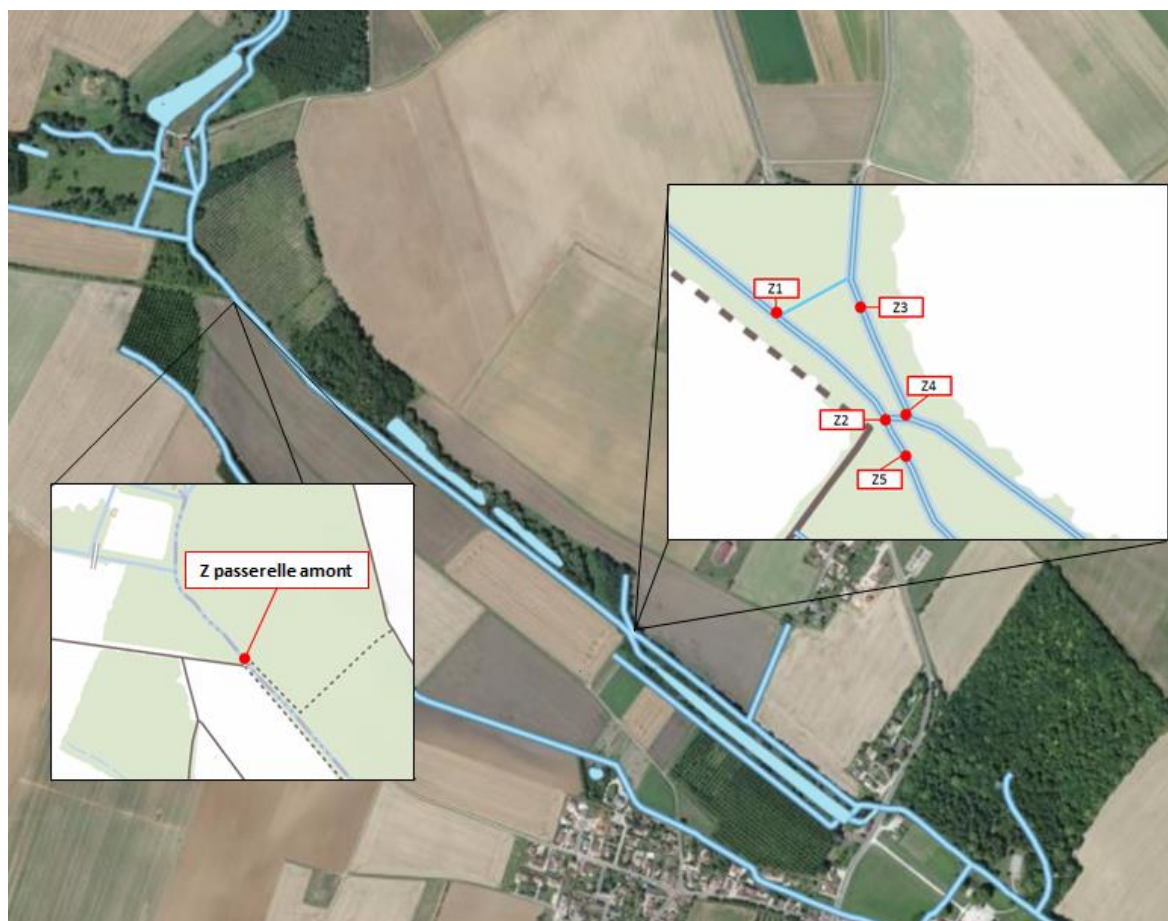


Fig. 11. Localisation des repères utilisés pour le calage du modèle

1.3.3. Hypothèses de calcul

Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :

- Modélisation en régime permanent, non débordant ;
- Conditions amont et aval : Pente moyenne normale ;
- Seuil modélisé d'après les caractéristiques géométriques relevées sur le terrain (absence de données topographiques plus précises), avec un coefficient de seuil pris égal à 0.385 ;
- A l'état initial, l'entrée de la rivière de contournement (batardeaux) est considérée fermée et non manœuvrable en période de crue ;
- Le batardeau sur le seuil du moulin Bruet et la vanne de décharge au niveau du canal du moulin Bruet sont considérés non manœuvrés en crue ;
- Rugosité du lit mineur : Ks de 30.

A noter que la structure du lit mineur induit une certaine incertitude des niveaux d'eau calculés par modélisation hydraulique à bas débits. En effet, la morphologie hétérogène du lit mineur sur certains tronçons (enrochements, blocs végétation, ...) peut influencer sensiblement la ligne d'eau localement.

2. RESTAURATION DE LA CENT FONTS

2.1. CARACTERISTIQUES DES AMENAGEMENTS

2.1.1. Rappel de la sectorisation de la Cent Fonts

La sectorisation de la Cent Fonts en tronçons homogènes est reportée sur la carte ci-dessous.



Fig. 12. Localisation des tronçons homogènes sur la Cent Fonts

2.1.2. Rappel des aménagements retenus

Les aménagements proposés ont pour but de redéfinir un lit d'étiage plus adapté en réduisant la largeur du lit mineur actuel et de valoriser le cours d'eau naturel.

Pour répondre à ces objectifs, la mise en place de banquettes végétalisées ou minérales et la retalutage de la berge rive droite ont été proposés lors de la seconde phase de l'étude, et validée par le Comité de Pilotage. Ces aménagements sont dimensionnés de manière à ne pas aggraver le risque inondation. Ils seront associés à la mise en place d'épis en enrochement liaisonnés, qui permettront de diversifier les écoulements et contribueront à l'amélioration de la qualité du milieu aquatique de la Cent Fonts.

Tabl. 2 - Synthèse des aménagements retenus à l'issue de la phase 2

Tronçon	Caractéristiques du tronçon	Principes d'aménagement
Tronçon 1 (105 mL) Moulin des Etangs	<ul style="list-style-type: none"> • Tronçon court-circuité du moulin des Etangs • Excellente connectivité • Bonne hétérogénéité et attractivité : alternance de faciès et fonds rugueux accompagnés de caches piscicoles 	///
Tronçon 2 et 3 (228 mL) Amont de la passerelle	<ul style="list-style-type: none"> • Arrivée de débit par le Ru de Brochon, en rive droite • Radier de la passerelle • Rectification du lit mineur, homogénéisation des écoulements accompagnés avec un dépôt de fines qui colmate les fonds 	<ul style="list-style-type: none"> • Redéfinir un lit d'étiage semblable au lit naturel de la Cent Fonts • Apports de sédiments en amas pour augmenter le fond et la ligne d'eau • Mise en place de banquettes alternées minérales (bancs) pour concentrer la lame d'eau
Tronçon 4 et 5 (954 mL) Tronçon rectiligne jusqu'au seuil du moulin Bruet	<ul style="list-style-type: none"> • Tronçon rectiligne surcalibré et très homogène • Conduite de gaz sous fluvial • Influence hydraulique du moulin Bruet sur 130 m • Berge rive droite très importante et manque de ripisylve 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de banquettes végétalisées et minérales pour matérialiser un lit d'étiage • Retalutage de la berge rive droite et végétalisation du tronçon
Tronçon 6 (566 mL) Tronçon à l'aval du seuil jusqu'au pont de la RD 996	<ul style="list-style-type: none"> • Tronçon où la connectivité latérale est bonne et qui dispose d'une bonne diversité de substrat • Passe à poisson en amont du secteur d'étude • Pont de la RD 996 	<ul style="list-style-type: none"> • Epis et/ou blocs en enrochements pour diversifier les écoulements

2.2. REMODELAGE DU LIT MINEUR

2.2.1. Objectif

Le remodelage du lit mineur est l'axe d'aménagement principal, dont l'objectif premier est de gérer les niveaux d'eau (faible lame d'eau actuellement) en période d'étiage.

Ces interventions permettront donc :

- De travailler la morphologie de la rivière afin de :
 - Rechercher une bonne connectivité entre le lit d'étiage, les berges et les boisements rivulaires ;
 - Maintenir un chenal marqué (lit moyen et lit d'étiage), permettant une diversification des faciès d'écoulement et une hauteur d'eau favorable à la vie aquatique en période d'étiage ;
- D'accueillir de nouvelles plantations afin d'accroître le gain écologique de l'aménagement (ombrage, zone d'abris piscicole,...) ;
- De ne pas aggraver le risque inondation.

2.2.2. Création d'un lit d'étiage et remodelage d'un lit moyen

2.2.2.1. OBJECTIFS

La mise en place de banquettes végétalisées doit permettre d'atteindre un compromis entre :

- Le maintien d'un chenal marqué (lit d'étiage) similaire au lit naturel de la Cent Fonts, permettant d'augmenter la hauteur d'eau pour les faibles débits et contribuant à l'amélioration de la qualité physique et biologique du cours d'eau et au maintien des prélèvements dans la nappe de Dijon Sud ;
- La non-aggravation du risque inondation ;

Les banquettes végétales seront privilégiées au détriment des banquettes minérales, qui ne seront mises en place que localement sous forme de bancs de cailloux ou bien en prolongement des banquettes végétales (banquettes mixtes)

L'avantage des banquettes végétales est double : celles-ci offriront une plus grande maîtrise des espèces floristiques (recolonisation spontanée) en place par rapport à la situation actuelle et elles permettront de faciliter l'entretien des aménagements sur le long terme (entretien plus contraignant en cas de banquettes minérales). L'usage de produits phytosanitaires pour l'entretien des aménagements est interdit.

De plus, ce choix est motivé par des considérations économiques, en privilégiant une valorisation des déblais du site (retalutage des berges), au détriment d'apports en matériaux granulaires plus coûteux.

Le lit de la Cent Fonts sera aménagé sur un linéaire de 950 mètres environ. Les banquettes mises en place pourront être alternées en rive gauche et rive droite, de manière à recréer la sinuosité naturelle du cours d'eau et à concentrer la lame d'eau pour augmenter la hauteur d'eau.

2.2.2.2. LOCALISATION

Le tracé en plan de la rivière après aménagement sera identique à l'actuel. Néanmoins, à l'intérieur du lit mineur, il sera réalisé un lit moyen et un lit d'étiage connectés avec la végétation rivulaire. La rivière présentera donc une morphologie plus adaptée et plus naturelle au sein de son lit mineur.

Les banquettes végétales et mixtes seront implantées sur les tronçons 4 et 5.

A noter que l'extrémité aval du tronçon 5 ne fera pas l'objet d'aménagement particulier pour plusieurs raisons :

- Le remous liquide induit par le seuil du moulin Bruet s'étend sur environ 130 mètres et atténuerait l'efficacité des banquettes. La réduction de la largeur du lit mineur ne permettrait pas d'augmenter les vitesses d'écoulement de manière significative.
- Sur ce secteur, l'association du remous liquide et de la morphologie du lit mineur permettent de maintenir une hauteur d'eau en période d'étiage de l'ordre d'une trentaine de centimètres. La mise en place de banquettes n'est pas nécessaire et reste superflue dans ce cas.

En revanche, un travail sur le retalutage de la berge en rive droite ainsi que sur l'implantation de végétation rivulaire est ici recommandé afin de créer des zones d'ombragées utiles tant pour le contrôle du développement de la végétation aquatique que pour la qualité des eaux (température).

2.2.2.3. DEFINITION DES PROFILS EN TRAVERS

La modélisation hydraulique a permis d'aboutir à un gabarit d'étiage type, visant à concentrer les écoulements pour les débits les plus faibles. Ce lit d'étiage possède des caractéristiques géométriques variables en fonction de sa localisation sur le linéaire à l'étude : ses dimensions dépendent en particulier de la pente naturelle du lit et de l'influence du seuil du moulin Bruet.

Le lit d'étiage issu de la modélisation hydraulique possède une profondeur de 15 à 45 cm, une largeur en fond variant entre 0,80 et 1,50 m, et une largeur en tête variant entre 1,50 m et 2.50 m. La position de certains profils en travers type est présentée sur les plans fournis en annexe. Ces gabarits présenteront une certaine variabilité en plan lors de leur mise en œuvre.

Le gabarit théorique proposé concentrera les écoulements jusqu'à 160 l/s environ, avec une hauteur d'eau en étiage sévère variant entre 10 et 55 cm selon le tronçon. Au-delà, les écoulements sortiront du lit d'étiage pour submerger les banquettes latérales.

2.2.2.4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Le lit d'étiage proposé sera modelé au sein du lit mineur actuel. Les banquettes végétalisées auront les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de l'ordre de 15 à 30 cm ;
- Largeur comprise entre 1.50 et 3.00m selon le tronçon ;
- Variabilité latérale pour création d'une diversité de gabarit et naturalité du lit d'étiage ;
- Composition en terre végétale mélangée avec les déblais issus du terrassement lors du retalutage des berges (matériaux limono-argileux à argileux avec quelques passe de sables/graviers), enrobée dans un treillis coco H2M5 740 g/m², recourbé et agrafée (cavaliers à raison de 2 unités / m²).

Sur les secteurs de pente plus faible, le lit d'étiage aura une section légèrement plus large, afin de limiter les débordements sur les banquettes.

2.2.2.5. STABILITE DES BANQUETTES

Les banquettes végétalisées seront aplanies en surface et présenteront une pente de berge de l'ordre de 2H/1V à l'interface entre l'aménagement et le lit d'étiage. Cette morphologie contribuera à assurer la stabilité des banquettes, tout en limitant leur impact sur la ligne d'eau en cas de crue.

La présence d'enrochements localisés au pied des aménagements renforcera la stabilité des aménagements. De plus, ils peuvent créer localement des caches pour les poissons en sous berges.

Pour déterminer la stabilité de la végétation qui sera utilisée pour recouvrir les aménagements, une analyse des forces tractrices a été réalisée. Celle-ci est basée sur le calcul des forces tractrices exercées par les écoulements au sein du nouveau lit d'étiage d'une part, et à l'intérieur du lit mineur global d'autre part. Les limites de forces tractrices relatives aux techniques de génie végétal usuelles sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

Matériaux / Végétaux	Limites de forces tractrices (N/m ²)
Sable ou gravier fin	8 à 10
Pelouse, longtemps soumis à débit	15 à 18
Pelouse, sollicitée pendant peu de temps	20 à 30
Hélophytes	30 à 40
Couches de branches	35 à 45
Galets Ø 50 à 100 mm	40 à 60
Tapis anti-érosif, bionattes	80 à 180
Perré / Enrochements, selon taille	70 à 300
Gabions matelas, géomats renforcés	180 à 300
Tapis anti-érosif avec remplissage de fibres	400 à 670

Tabl. 3 - Limites de forces tractrices relatives aux différentes techniques de génie végétal existantes

Sur le tronçon 4 et 5, les forces tractrices exercées par les écoulements sont de l'ordre de 30 à 40 N/m² pour une largeur du cours d'eau comprise entre 4 et 8 m. Les contraintes appliquées aux aménagements végétaux de type enherbement ou hélophytes seront donc fortes, et ce à partir de la crue de plein bord uniquement (crue au-delà de la crue cinquantennale) . Il est important que les plantations aient le temps de développer leur système racinaire avant toute crue exceptionnelle, afin d'assurer une meilleure stabilité des végétaux. L'utilisation de sables ou graviers fins est à proscrire.

2.2.2.6. CREATION DE CACHES PISCICOLES

Egalement, la mise en place de petits blocs disposés en pieds de banquettes pourra éventuellement être réalisée. Ceux-ci auront un diamètre moyen de 33 cm afin d'assurer un ancrage de 5 cm dans le lit mineur/banquette et de garantir la stabilité des enrochements. Le poids associé à ces enrochements sera de l'ordre de 50 kg.

Egalement des souches pourront être placées en pied de berge pour créer des caches en sous berge.

2.2.3. Banquettes minérales

2.2.3.1. OBJECTIF

L'objectif des banquettes minérales est de diversifier les vitesses d'écoulements dans la rivière en alternant entre les zones rapides et les zones lentes.

Elles auront pour objectif d'apporter une variabilité des substrats dans le lit mineur, favorable à la diversité écologique, et d'autoriser une certaine dynamique alluviale dans le lit vif.

2.2.3.2. LOCALISATION

Les bancs de cailloux seront de très faible emprise et permettront d'obtenir une variabilité de la section du lit d'étiage. Ils seront localisés uniquement sur les tronçons 2, 3, et de façon anecdotique sur les tronçons 4 et 5 et dans les zones hors influence de l'ouvrage du moulin Bruet.

2.2.3.3. GRANULOMETRIE

Pour plusieurs raisons, le transit sédimentaire de la Cent Fonts naturelle apparaît modéré :

- Un matelas alluvionnaire de bonne épaisseur ;
- En l'absence de végétation, la charge, constituée de graviers grossiers, peut s'avérer mobilisable ;
- Pénalisé par le blocage du transit sédimentaire par les différents ouvrages.

La granulométrie des bancs de cailloux présents au sein du lit mineur a été échantillonnée sur site par la méthode de Wolman, consistant à mesurer la plus grande largeur des éléments minéraux choisis aléatoirement. La courbe granulométrique résultante est la suivante :

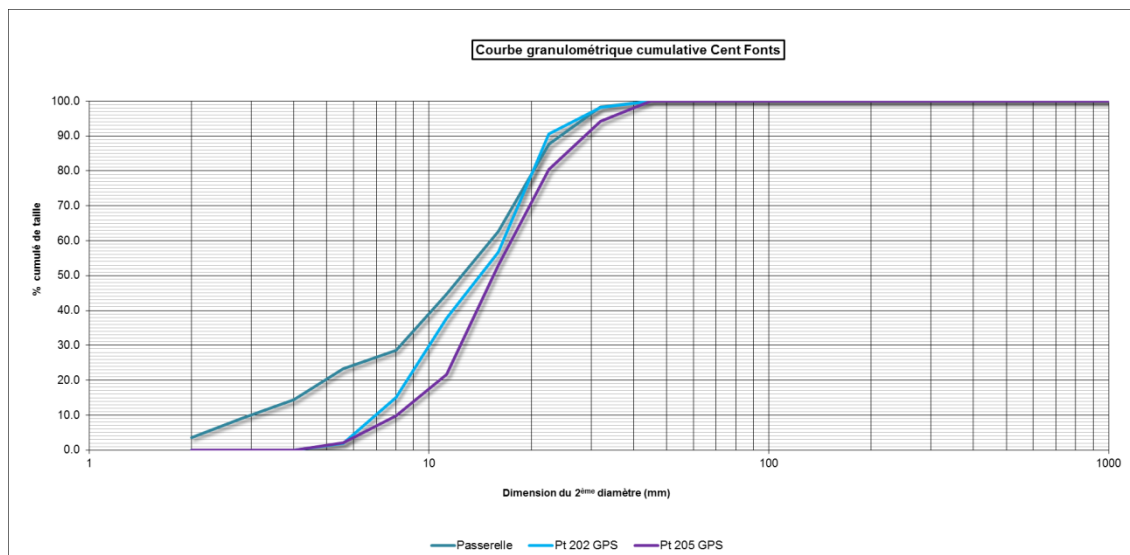


Fig. 13. Courbe granulométrique des bancs sur la Cent Fonts

Les bancs de cailloux de la Cent Fonts en amont de la RD 996 ont donc un diamètre médian D50 = 1.4 cm (c'est-à-dire que la moitié des matériaux stockés dans le lit mineur ont un diamètre inférieur ou égal à 1,4 cm).

Les banquettes minérales à mettre en place devront avoir une granulométrie cohérente avec la granulométrie actuelle, afin que les matériaux apportés ne soient pas charriés lors de la hausse des débits en période hivernale.

En revanche, leur diamètre ne devra pas être trop important, afin de maintenir une légère dynamique alluviale dans le lit d'étiage et autoriser son auto-ajustement, favorable à la bonne qualité physique et écologique du cours d'eau.

La granulométrie proposée pour les banquettes minérales est la suivante :

Tabl. 4 - Granulométrie proposée pour les banquettes minérales

D10	D50	D90
0.5 cm	1.5 cm	2.5 cm

2.2.4. Retalutage de la berge en rive droite

Par l'intermédiaire du modèle hydraulique, le calage du remodelage du lit d'étiage en altimétrie et en largeur a été réalisé de façon à concentrer des écoulements dans le lit « d'étiage » jusqu'au module (cela permet d'obtenir une hauteur d'eau suffisante pour le peuplement piscicole en période de basses-eaux).

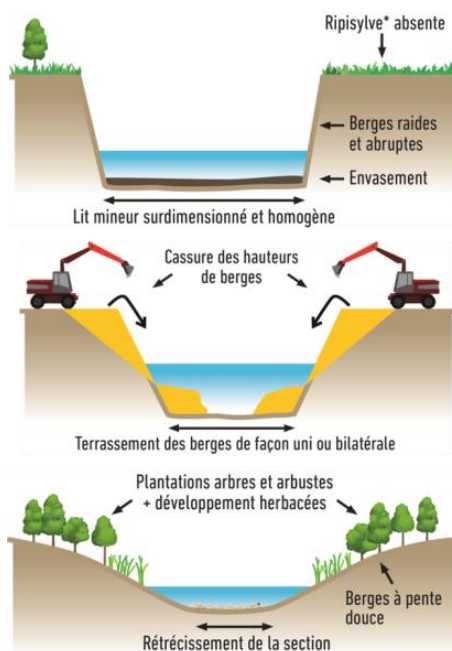


Fig. 14. Schéma de principe d'un remodelage d'un cours d'eau

En concertation avec le propriétaire riverain, à savoir, la commune de Saulon-la-Rue, et les agriculteurs, seule la berge rive droite sera profilée avec une configuration du type « lit emboîté », dans la limite de 2m de large. La berge présentera une pente douce avec un fruit de talus adapté en fonction du secteur. Cette morphologie assurera la stabilité des berges et la connectivité avec le lit d'étiage, tout en limitant leur impact sur la ligne d'eau en cas de crue.

Les tronçons 4 et 5 respecteront les caractéristiques suivantes :

- **Retalutage de la berge en rive droite** avec une pente comprise entre 2H/1V et 3H/2V ;

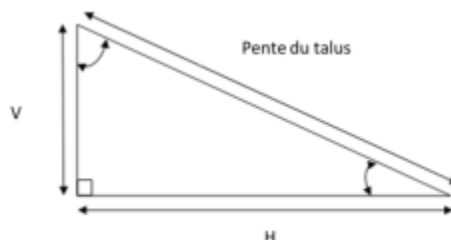


Fig. 15. Schéma explicatif de la pente de talus

- **Largeur à plein bord** : 9 m en moyenne au lieu de 7 m initialement (selon les profils) ;
- **Lit d'étiage avec** :
 - **Largeur lit d'étiage** de 1.30 à 2.30 m ;
 - **Hauteur lit d'étiage** entre 25 et 40 cm.
- **Volume de déblais/remblais pour les banquettes végétalisées** (avec matériaux des berges retalutées) : 550 m³ ;
- **Volume de matériaux excédentaire** : 40 m³ ;
- **Végétation** :
 - Arbres et arbustes sous forme de bosquets : 70 arbres et 130 arbustes ;
 - Boutures de Saule sous forme de bosquets : 150 unités
 - Quelques hélrophytes sur les banquettes du lit d'étiage : 3000 unités.

A noter que le tronçon sous influence hydraulique du seuil du moulin Bruet, aucune banquette ne sera aménagée, mais seulement un retalutage de la berge rive droite.

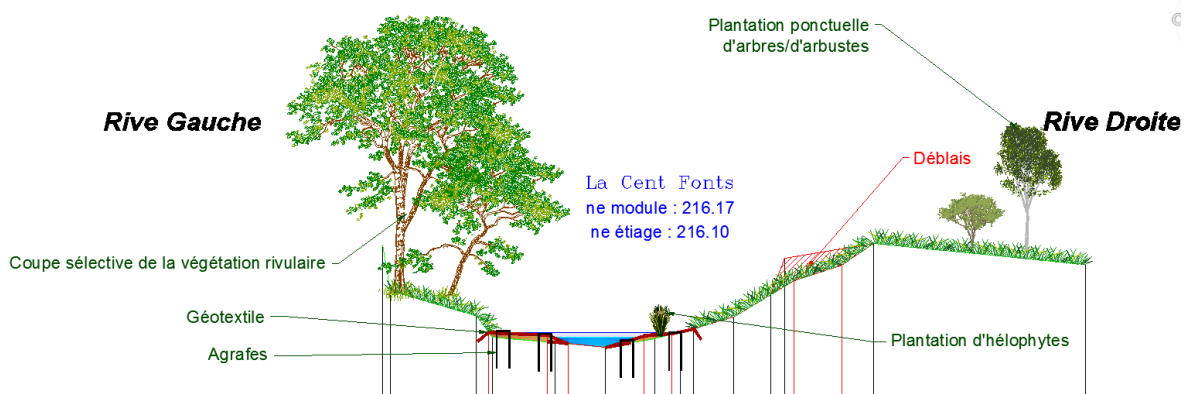


Fig. 16. Profil en travers type

2.3. DIVERSIFICATION DU LIT MINEUR

2.3.1. Objectif

Ces épis ont une vocation hydro-écologique et morphologique du cours d'eau. Ils permettront de diversifier les écoulements en période de basses et moyennes eaux, et de réactiver des processus de sédimentation. Ils seront orientés vers l'amont, de manière à favoriser le dépôt de matériaux plus fins.

Le lit mineur retrouvera un aspect plus naturel, améliorant ainsi sa qualité physique et créant un milieu aquatique plus favorable à la population piscicole en place.

2.3.2. Dimensionnement

En étiage sévère (160 l/s), la hauteur d'eau dans le lit mineur variera entre 5 et 10 cm après aménagement des épis. Dans ces conditions, nous proposons l'utilisation de blocs de hauteur utile de 25 à 40 cm, de façon à être submergés pour les débits moyens.

2.3.3. Caractéristiques techniques

Cette diversification sera créée par la mise en place de blocs dans le lit d'étiage de la Cent Fonts. Ils seront disposés sous forme d'épis entrants afin de ré-orienter localement les écoulements dans les secteurs rectilignes (tronçons n°6 essentiellement).

Les épis seront également plongeurs et devront avoir une longueur au moins égale à la moitié du lit d'étiage, soit 0,75 à 1.10 m environ. Ces épis seront intercalés tous les 50 m.

La blocométrie employée sera de 15/90 kg de façon à disposer de blocs de diamètre moyen compris entre 25 et 40 cm, permettant l'ancrage dans le fond du lit mineur sur 5 cm minimum (si possible au regard de la compacité et du colmatage du fond).

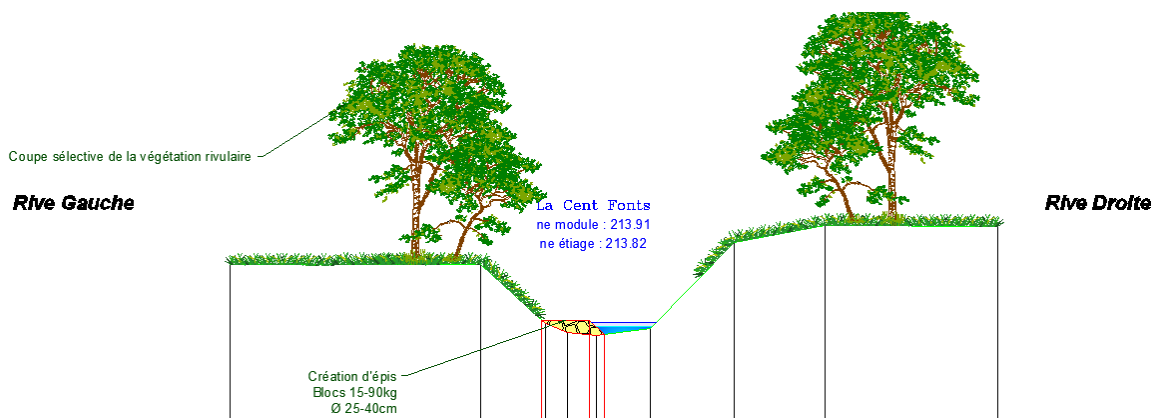


Fig. 17. Profil en travers d'un épi de diversification

2.4. VEGETATION RIVULAIRE

Une végétation rivulaire sera plantée sur la berge en rive droite des tronçons 4 et 5.

Ce paragraphe s'attache à détailler la réflexion menée pour déterminer le nombre, le type et l'implantation des végétaux dans le cadre de ce projet :

- Arbres :

Les arbres, de par leurs réseaux racinaires importants (stade mature), permettent le maintien des berges et peuvent faire office de caches piscicoles.

Les arbres sont également une source alimentaire essentielle : de nombreux insectes aillant trouvés refuge à l'intérieur peuvent tomber dans l'eau et servir de nourriture aux poissons.

De plus les arbres, par l'intermédiaire de leur feuillage, garantissent un ombrage des eaux fondamental au maintien de la fraîcheur et du taux d'oxygène.

Au-delà des gains pour le peuplement aquatique, les arbres sont des zones de refuge, d'alimentation et de reproduction pour diverses espèces terrestres telles que les mammifères et les oiseaux.

Dans un objectif de combiner le gain écologique et l'acceptation sociale, nous avons limité le nombre d'arbres pour créer des bosquets de 1 ou 2 arbres (qui seront associés à des arbustes) tous les 20-25 m. Ceci permettra d'alterner les zones ombragées et lumineuses pour davantage favoriser la diversité végétale.

- Arbustes :

Les arbustes permettent d'obtenir une diversité de strates et donc de couvert végétal. Le réseau racinaire des arbustes est néanmoins moins structurant que celui des arbres et leur reprise est souvent un peu plus lente que les boutures de saules.

Les arbustes seront associés aux arbres pour former des bosquets le long de la Cent Fonts, au nombre de 3 à 4 par bosquet.

- Boutures de saule :

Les boutures de saule affichent l'avantage d'être relativement peu coûteuses, de reprendre rapidement et de façon importante, ce qui favorise la stabilité des berges. Néanmoins, cette espèce pionnière se développe très rapidement et nécessite un entretien important si l'on souhaite conserver une certaine hétérogénéité de végétaux.

Par conséquent, le projet prévoira la mise en œuvre de boutures de saule en nombre restreint sous forme de bosquets afin de limiter la colonisation trop importante du milieu.

- Hélophytes :

Les hélophytes sont des plantes semi-aquatiques dont l'appareil végétatif et reproducteur est totalement aérien et dont les racines ou rhizomes se développent dans la vase ou dans une terre gorgée d'eau. Il est préconisé une densité de plantation de 1 à 5 hélophytes par mètre carré. Dans notre cas, 3000 pieds d'hélophytes seront plantés sur les banquettes végétales et sur les banquettes mixtes.

- Ensemencement :

L'enherbement des surfaces remaniées par le projet représente un enjeu fort. En effet, le développement « rapide » de la strate herbacée permet d'accroître la stabilité des terres face aux éventuels coups d'eau et ruissellement survenant après les travaux.

La mise en œuvre d'un treillis biodégradable sera nécessaire afin d'éviter un lessivage complet de l'ensemencement lié au ruissellement et après les premières crues de la Cent Fonts.

Le projet inclura donc un ensemencement total de l'ensemble des surfaces remaniées (berges, « banquettes », zones de passage des engins,...).

3. PRINCIPAUX EFFETS DES OPERATIONS

3.1. COMPOSANTE HYDRAULIQUE

3.1.1. Incidences sur les niveaux d'eau

Le projet a fait l'objet d'un calage hydraulique à l'aide d'un outil de modélisation, basé sur les mesures de niveaux d'eau sur site. Les incidences hydrauliques du projet d'aménagement proposé sont synthétisées dans le tableau suivant.

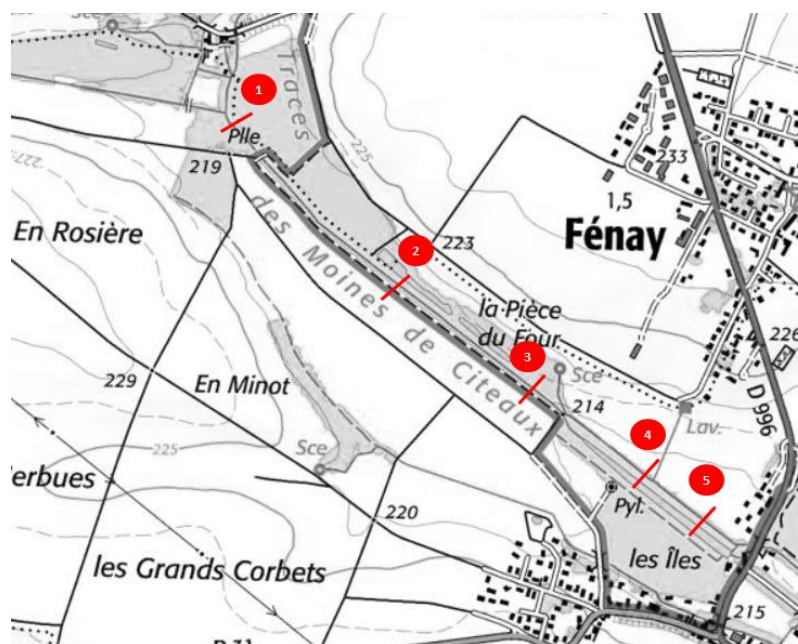


Fig. 18. Localisation des profils hydrauliques

Les incidences hydrauliques à bas débits se manifestent par une augmentation de la hauteur d'eau dans le nouveau lit d'étiage : celle-ci sera globalement comprise 15 et 40 cm selon les tronçons considérés (voire plus ou moins localement compte tenu de la morphologie du lit mineur et la variation importante de la pente de fond). Ce qui représente une hausse moyenne de 5 à 10 cm de la ligne d'eau par rapport à la configuration actuelle. En revanche la ligne d'eau ne sera pas impactée dans la zone d'influence du remous hydraulique du moulin Bruet pour les débits d'étiage et moyens. Au-delà du débit d'étiage, les banquettes seront submergées et la section d'écoulement correspondra à la largeur du lit mineur actuel.

Pour les débits moyens, la ligne d'eau sera rehaussée de 10 à 20 cm selon le tronçon considéré. La hauteur d'eau sera comprise entre 25 cm et 70 cm.

Pour la crue cinquantennale, la ligne d'eau sera rehaussée de 5 à 10 cm, selon le tronçon considéré. L'augmentation de la ligne d'eau la plus importante se situera sur le tronçon en amont de la passerelle (où les aménagements consistent uniquement à réaliser des bancs de cailloux). Cet impact pourra être considérée comme négligeable par rapport au risque inondation : les berges sur ce secteur empêcheront tout débordement de la Cent Fonts. En effet, d'après la modélisation, une revanche (écart entre la ligne d'eau projet et le haut de berge) de 50 cm à 1.00m permettra d'éviter tous débordements en crue cinquantennale. Egalement, la ligne d'eau projet pour la crue cinquantennale se situe en dessous du tablier de la passerelle (- 40cm environ).

Sur les tronçons 4 et 5, deux configurations apparaissent :

- En amont du tronçon 4 ; la ligne sera augmentée d'environ 7 cm. Les berges retalutées resteront hautes, une augmentation de 70 cm de la ligne d'eau sera nécessaire à la Cent Fonts pour sortir de son lit mineur. Ainsi le risque de débordement reste négligeable sur cette partie du tronçon, y compris après aménagement des banquettes ;
- Plus en aval du tronçon 5, la passe à poisson limite la hausse du niveau d'eau sous l'emprise du remous liquide du seuil du moulin Bruet, en effet celle-ci permettra de décharger les eaux en crues exceptionnelles.

Sur le tronçon 6, les aménagements permettront uniquement une diversification des écoulements à faibles et moyens débits, au-delà, les aménagements n'auront que très peu d'incidences sur les niveaux d'eau, en lien avec une accélération des vitesses et d'une pente plus raide. Les aménagements auront une vocation hydro-écologique.

Impacts sur les niveaux d'eau						
Débits (m3/s)		QMNA5	Module	Q2	Q50	
		0.16	0.30	1.40	3.80	
Impacts sur le tronçon en amont de la passerelle	1 (1631.74)	Niveau d'eau - Etat initial	217.66	217.73	218.05	218.42
		Niveau d'eau - Etat projet	217.77	217.91	218.19	218.54
		Impact sur les niveaux d'eau	0.11	0.18	0.14	0.12
		Hauteur d'eau - Etat initial	0.44	0.51	0.83	1.20
		Hauteur d'eau - Etat projet	0.55	0.69	0.97	1.32
Impacts sur le tronçon en amont du seuil du moulin Bruet	2 (1165.43)	Niveau d'eau - Etat initial	216.44	216.52	216.84	217.21
		Niveau d'eau - Etat projet	216.54	216.64	216.94	217.28
		Impact sur les niveaux d'eau	0.10	0.12	0.10	0.07
		Hauteur d'eau - Etat initial	0.22	0.30	0.62	0.99
		Hauteur d'eau - Etat projet	0.32	0.42	0.72	1.06
Impacts sur le tronçon en amont du seuil du moulin Bruet (retenue de l'ouvrage)	3 (639.27)	Niveau d'eau - Etat initial	215.32	215.46	215.85	216.18
		Niveau d'eau - Etat projet	215.34	215.44	215.76	216.20
		Impact sur les niveaux d'eau	0.02	-0.02	-0.09	0.02
		Hauteur d'eau - Etat initial	0.49	0.63	1.02	1.35
		Hauteur d'eau - Etat projet	0.51	0.61	0.93	1.37
Impacts sur le tronçon aval	4 (405.63)	Niveau d'eau - Etat initial	213.81	213.87	214.16	214.52
		Niveau d'eau - Etat projet	213.82	213.91	214.22	214.53
		Impact sur les niveaux d'eau	0.01	0.04	0.06	0.01
		Hauteur d'eau - Etat initial	0.17	0.23	0.52	0.88
		Hauteur d'eau - Etat projet	0.18	0.27	0.58	0.89
Impacts sur le tronçon aval	5 (212.74)	Niveau d'eau - Etat initial	212.52	212.60	212.90	213.25
		Niveau d'eau - Etat projet	212.56	212.64	212.89	213.17
		Impact sur les niveaux d'eau	0.04	0.04	-0.01	-0.08
		Hauteur d'eau - Etat initial	0.14	0.22	0.52	0.87
		Hauteur d'eau - Etat projet	0.18	0.26	0.51	0.79

Tabl. 5 - Incidences hydrauliques à différents débits

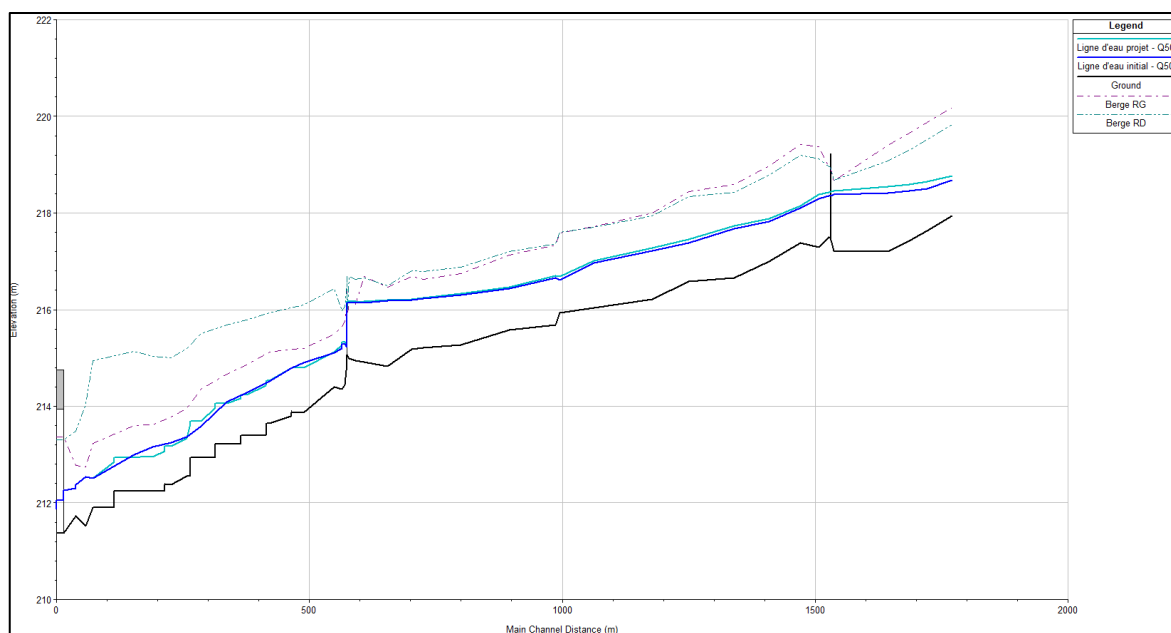


Fig. 19. Fonctionnement hydraulique du secteur d'étude pour le débit cinquantennale instantané ($Q = 3.8 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.1.2. Incidences sur le risque inondation

La modélisation hydraulique du secteur d'étude montre que l'impact sur le risque inondation au sein de la commune de Saulon la Rue, restera très limité suite aux aménagements.

L'influence des banquettes a été appréciée sur tout le linéaire. La plus forte hausse des niveaux d'eau se fera sentir au niveau du tronçon 4, mais elle ne sera pas significative puisqu'une revanche de 0.50 à 1.00m est disponible avant tous débordements. Le risque de débordement se trouve au niveau de la future passe à poisson, la berge en rive gauche sur ce secteur est plus basse, néanmoins, le retalutage des berges sans remblais dans la zone du remous hydraulique limitera les incidences.

Le niveau de plein bord sans aménagements se situe autour d'une crue cinquantennale. Même si les aménagements induiront une légère hausse, selon les tronçons, ils resteront mineurs et seront faiblement perceptibles en crue exceptionnelle. De plus, les débordements se limiteront aux terrains agricoles limitrophes avec la Cent Fonts. La fréquence d'inondation sera négligeable et on peut considérer que le risque inondation ne sera pas aggravé par l'aménagement du cours d'eau, pour la commune de Saulon la Rue.

3.2. COMPOSANTE MORPHODYNAMIQUE

Les incidences morphodynamiques du projet d'aménagement seront faibles.

Le profil en long de la Cent Font sur le secteur d'étude ne sera pas modifié : la pente du fond ne sera pas modifiée avec la mise en place des banquettes. Le risque d'érosion régressive restera donc très limité, y compris lorsque les écoulements seront concentrés dans le nouveau lit d'étiage puisque les débits correspondants seront faibles (inférieurs à 160 L/s).

En revanche, les aménagements proposés engendreront des effets morphologiques sur lit de la rivière, et tout particulièrement sur le profil en travers. En effet, le retalutage des berges en pente douce aura comme incidence de réduire la largeur du lit pour des débits inférieurs au module. Ce qui sous-entend que le lit d'étiage affichera des vitesses plus importantes qu'actuellement mais toutefois trop réduites pour amorcer une réelle dynamique morphologique.

Aux vues des puissances spécifiques calculées, la rivière s'ajustera de manière très limitée et ponctuelle.

Sur le plan sédimentaire, l'incidence des aménagements sera également très limitée puisque le transit de sédiments est modéré sur ce cours d'eau, et la présence du seuil au moulin Bruet bloque ce transit.

3.3. COMPOSANTE HYDRO-ÉCOLOGIQUE

3.3.1. Phase post travaux

Le gain hydro-écologique majeur sera apporté par la diversification des écoulements et, d'une manière générale, par le recalibrage du lit d'étiage. Ces aménagements permettront d'améliorer la qualité physique de la Cent Fonts naturelle, notamment sur l'hétérogénéité et l'attractivité du secteur d'étude. Les hauteurs d'eau en étiage seront plus favorables à la vie aquatique qu'actuellement.

Concernant l'hétérogénéité, l'alternance des faciès d'écoulements (plat courant/plat lentique, voire chenal lentique selon le débit), ainsi que l'alternance mouilles/radiers, contribuera à ce gain en qualité physique, notamment par la diversification des vitesses d'écoulement et des hauteurs d'eau.

Concernant l'attractivité, la mise en place de banquettes minérales et de bosquets d'hélophytes et la réalisation d'un lit d'étiage et d'un lit moyen avec l'implantation d'une végétation rivulaire diversifiée et connectée permettront de recréer des conditions favorables aux différentes phases de vie des espèces piscicoles en place.

3.3.2. Phase travaux

Destruction d'habitats dont ceux d'espèces protégées

Les travaux sur la rivière auront pour effet de détruire les habitats aquatiques au moins sur une partie du profil.

Le projet, dont la finalité est d'augmenter la ligne d'eau à l'étiage et par conséquent d'améliorer l'état physique de la rivière, permettra l'apparition ou la multiplication d'habitats variés et plus attractifs qui répondront aux exigences écologiques (reproduction, abris) des espèces caractéristiques de la Cent Fonts (truite fario).

Qualité des habitats aquatiques – sensibilité aux apports de fines

Les travaux sur la Cent Fonts produiront la mise en suspension de fines. Cette production se fera sentir à plus ou moins longue distance et pourrait participer à un colmatage des substrats. Le départ significatif de fines se fera principalement en cas d'orage important sur les surfaces mises à nues et/ou le temps des travaux (extraction des sédiments fins, remodelage du lit,...).

Des filtres à paille seront mis en œuvre durant toute la durée du chantier pour limiter autant que possible le départ de fines vers l'aval.

Peuplements aquatiques

Une pêche de sauvetage sur la Cent Fonts sera mise en œuvre avant toute intervention pour limiter au maximum toute mortalité piscicole.

3.4. COMPOSANTE SOCIALE

Le secteur d'étude est localisé dans un contexte agricole, néanmoins un sentier de randonnée est situé le long de la Cent Fonts. Par conséquent, les aménagements seront soignés. Ils permettront une diversification des écoulements par le retalutage des berges, qui s'inséreront parfaitement dans le paysage.

Le remodelage du lit mineur rendra ainsi la rivière plus dynamique. Aussi, la création d'un lit d'étiage avec un gabarit adapté permettra le non étalement de la lame d'eau.

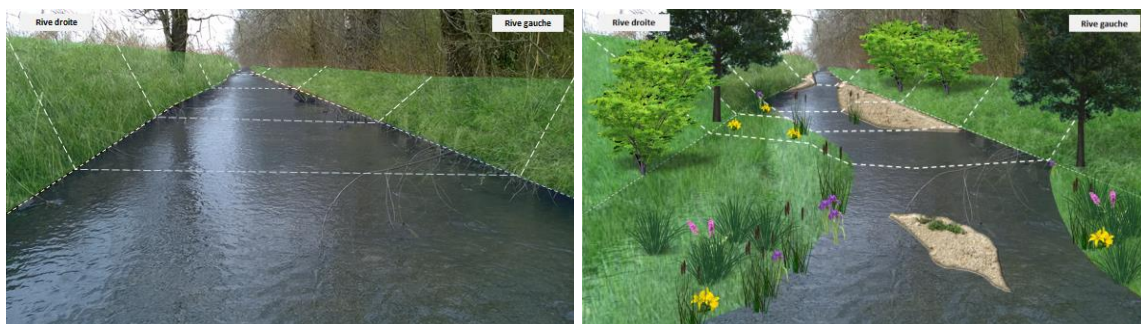


Fig. 20. Schéma de principe des aménagements sur le tronçon 4 et 5

3.5. BILAN

Le projet décrit précédemment aura une incidence positive sur :

- La ligne d'eau à l'étiage ;
- La qualité physique et habitationnelle de la rivière (diversification des écoulements, augmentation de diversité des habitats au niveau de la retenue,...) ;
- La réactivation de processus morphologique ;
- La trame verte avec une plantation d'une végétation rivulaire diversifiée ;
- Le peuplement aquatique en général (poisson, macro-invertébré,...).

4. ESTIMATION FINANCIERE DU PROJET

Maître d'ouvrage : Syndicat du Bassin Versant de la Vouge					
Amélioration de l'hydromorphologie de la Cent Fonts non canalisée au regard du changement climatique et du maintien des prélèvements en nappe					
Estimation Financière - Phase 3					
N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE € HT	PRIX TOTAL € HT
0	FRAIS DE CHANTIER				
0.1	Installation de chantier	Forf.	1	8 000.00 €	8 000.00 €
0.2	Etudes d'exécution, PAQ/PAE/PPSPS, implantation et piquetage	Forf.	1	3 000.00 €	3 000.00 €
0.3	Plan de récolement et Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)	Forf.	1	2 500.00 €	2 500.00 €
	<i>Sous-total 0</i>				13 500.00 €
1	TRAVAUX PREPARATOIRES				
1.1	Déboisement/Recépage	Forf.	1	6 000.00 €	6 000.00 €
	<i>Sous-total 1</i>				6 000.00 €
2	TERRASSEMENTS				
2.1	Déblais à réutiliser avec décapage de la terre végétale (Extraction, stockage et réemploi)	m3	550	20.00 €	11 000.00 €
2.2	Evacuation de l'excédent de déblais	m3	40	35.00 €	1 400.00 €
	<i>Sous-total 2</i>				12 400.00 €
3	APPORTS DE MATERIAUX				
3.1	Matériaux concassés 5/25mm (yc fourniture et mise en œuvre soignée)	m3	250	40.00 €	10 000.00 €
3.2	Enrochements appareillés et liaisonnés 15/50/90 kg pour dispositifs de diversification (fourniture et mise en œuvre)	U.	8	400.00 €	3 200.00 €
3.3	Enrochements libres 15/50/90 kg pour création de caches piscicoles (fourniture et mise en œuvre)	Forf.	5	200.00 €	1 000.00 €
	<i>Sous-total 3</i>				14 200.00 €
4	VEGETALISATION				
4.1	Treillis biodégradable (fourniture et mise en œuvre)	m²	1400	9.00 €	12 600.00 €
4.2	Arbres en tiges d'une hauteur de 200 à 300 cm (fourniture, mise en œuvre yc compris tuteur, entretien et garantie de reprise)	U.	70	110.00 €	7 700.00 €
4.3	Arbustes d'une hauteur de 80 à 100 cm (fourniture, mise en œuvre yc compris tuteur, entretien et garantie de reprise)	U.	130	27.00 €	3 510.00 €
4.4	Boutures de Saules (yc fourniture + plantation)	U.	150	4.00 €	600.00 €
4.5	Mottes d'hélophytes (fourniture et plantation)	U.	3000	3.00 €	9 000.00 €
4.6	Ensemencement (fourniture, mise en œuvre, entretien et garantie de reprise)	m²	1300	2.00 €	2 600.00 €
	<i>Sous-total 4</i>				36 010.00 €
5	AUTRES				
5.1	Coordinateur SPS	Forf.	1	2 500.00 €	2 500.00 €
5.2	Pêche de Sauvegarde	Forf.	1	3 500.00 €	3 500.00 €
5.3	Définition du protocole ESTIMHAB sur l'année N et N+3	Forf.	2	2 000.00 €	4 000.00 €
5.4	Maitrise d'œuvre (ACT, VISA, DET, AOR)	Forf.	1	10 000.00 €	10 000.00 €
	<i>Sous-total 5</i>				20 000.00 €

TOTAL € HT	102 110.00 €
TVA 20.0 %	20 422.00 €
TOTAL € TTC	122 532.00 €

5. PLANNING PREVISIONNEL

Les travaux devront respecter la période de frai des poissons et de reproduction des oiseaux et devront être finalisés avant le 31 octobre (conformément aux exigences réglementaires sur les cours d'eau à Truite), tout en bénéficiant de la période d'étiage.

Au regard des impératifs précités et des impératifs de chantier, les travaux devront idéalement être réalisés sur la période de **mi-Aout à fin Octobre**.

La réalisation des travaux (pour les deux tronçons) est projetée suivant le planning suivant :

- Juillet/Aout : préparation du chantier (1 mois);
- Mi-Aout- Octobre : exécution des travaux (2.5 mois);
- Décembre : Plantations d'arbres et d'arbustes ;
- Printemps suivant : Plantation d'hélophytes.

A l'issu des travaux, un récolement exécuté par un bureau de géomètre expert sera réalisé afin de modifier le règlement d'eau.

SECTION 3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION

1. DEFINITION DES CONTRAINTES

1.1. CONTRAINTES HYDRAULIQUES

1.1.1. Station de référence

La station de mesure du débit de la Cent Fonts la plus proche de la zone de chantier est la station de « La Sansfond à Saulon-la-Rue » (U1415410), située sur la commune de Saulon-la-Rue, à 1.2km à l'aval du site de projet.

1.1.2. Contrôle des niveaux d'eau au droit du site

Au droit du site de travaux, les niveaux d'eau ne peuvent pas être régulés et la totalité des écoulements de la Cent Fonts transitera dans le lit mineur.

Les moyens de contrôles pourront être les suivants :

- Surveillance des débits aux stations hydrométriques les plus proches (site hydrométrique) ;
- Echelles limnimétriques éventuelles pendant les travaux.

1.1.3. Travaux en rivière

En cas de crue, le chantier devra pouvoir être interrompu sans difficulté. L'entreprise titulaire du marché de travaux devra prendre toutes les mesures nécessaires pour faire face à une éventuelle interruption.

Le titulaire du marché de travaux prévoira, installera et fera fonctionner tout matériel de pompage et autres équipements nécessaires pour mettre à sec les zones du chantier où cela sera nécessaire, et aussi longtemps qu'il s'avérera nécessaire pour la réalisation des travaux. Cette prestation est réputée incluse dans les prix unitaires de la réalisation des travaux.

1.1.4. Rappels des débits de crue de la Cent Fonts

Les débits de crue au droit du site du projet sont les suivants :

STATION	SAULON-LA-RUE
Débits de crue (m ³ /s)	
Q2ans	1.400
Q10ans	2.700

1.2. CONTRAINTES D'ACCES AUX SITES

1.2.1. Installation de chantier

L'emplacement devra être défini en concertation avec le Maître d'ouvrage.

Le terrain retenu pourra être utilisé dans le cadre des travaux pour :

- l'installation de la base-vie ;
- l'installation d'un box pour le rangement du matériel ;
- le stockage journalier des matériaux à mettre en œuvre.

Les installations et accès chantier devront rester propres et sécurisés tout le temps des travaux.

Les entreprises sont censées intégrer les contraintes géographiques de la zone de chantier dans l'établissement de leurs prix unitaires. Une visite sur site sera imposée dans le cadre de la consultation.

1.2.2. Livraison

Les matériaux seront amenés sur site à l'avancement de manière à ne pas effectuer de stockage sur place en dehors des emprises de chantier. Aucun stockage ne sera autorisé dans le lit de la Cent Fonts.

1.2.3. Accès au chantier

L'accès au site se fera comme indiqué sur les cartes ci-après. Les bandes enherbées ou les chemins accolés à la rivière seront utilisés par les engins de chantier (puis remis en état à la fin des travaux).

Les matériaux seront amenés sur site à l'avancement de manière à ne pas effectuer de stockage sur place en dehors des emprises de chantier. Aucun stockage ne sera autorisé dans le lit de la Cent Fonts mais également en zone inondable.

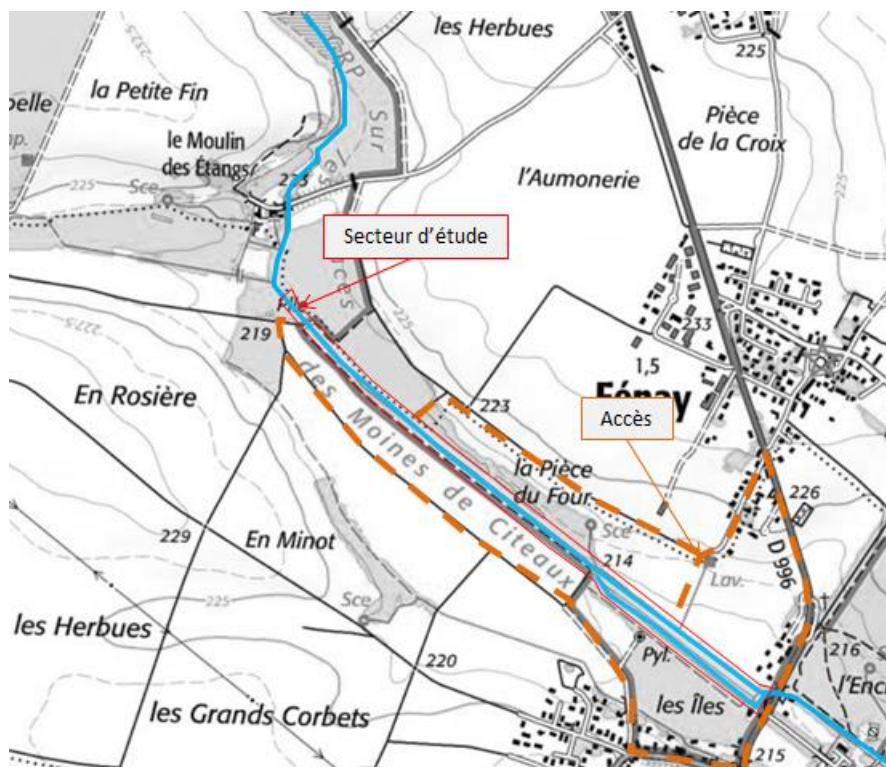


Fig. 21. Description de l'accès au site des travaux

1.3. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Le tableau ci-dessous indique les rubriques de la nomenclature « Loi sur l'Eau » concernant le projet (article R.214-1 du Code de l'Environnement) dans le cadre du régime de déclaration ou d'autorisation institué par le Code de l'Environnement pour les « installations, ouvrages, travaux et activités affectant d'une manière ou d'une autre l'aménagement et la qualité des eaux ».

Rubriques de la loi sur l'eau potentiellement concernées	Seuils d'interprétation et procédure	Remarque
<p>Rubrique 3.1.1.0 Ouvrage, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues ou à la continuité écologique</p>	<p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues : projet soumis à Autorisation</p> <p>2° Un obstacle à la continuité écologique :</p> <p>a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation : projet soumis à Autorisation</p> <p>b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation : projet soumis à Déclaration</p>	<p>Obstacle à l'écoulement : <i>Il apparaît que l'aménagement ne constituera pas un obstacle à l'écoulement des crues :</i> ➔ Non soumis</p> <p>Obstacle à la continuité écologique : <i>L'aménagement vise à rétablir la continuité écologique et physique :</i> ➔ Non soumis</p>

<p>Rubrique 3.1.2.0 Arrêté de prescriptions du 28 novembre 2007 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou en travers d'un cours d'eau</p>	<p>1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m : <i>projet soumis à Autorisation</i> 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m : projet soumis à Déclaration</p>	<p><i>Le projet de restauration de la Cent Fonts prévoit la modification en travers du lit mineur sur un linéaire estimé à 1200mL.</i> ➔ Autorisation</p>
<p>Rubrique 3.1.5.0 Arrêté de prescriptions du 13 février 2002 Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire des frayères de brochet</p>	<p>1° Destruction de plus de 200 m² de frayères : <i>projet soumis à Autorisation</i> 2° Dans les autres cas : <i>projet soumis à Déclaration</i></p>	<p><i>Même si aucune frayère n'est approuvée sur le tronçon restauré, l'emprise du projet sera bien supérieure à 200 m²</i> ➔ Autorisation</p>

Fig. 22. Rubriques de la nomenclature « Loi sur l'Eau » concernées (Article R214-1 du Code de l'Environnement)

2. DISPOSITIONS GENERALES

2.1. PLAN D'ASSURANCE QUALITE ET RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Au cours de la période de préparation, l'entrepreneur établira (selon le souhait du Maître d'Ouvrage) un Plan d'Assurance Qualité et de respect de l'Environnement (PAQE), qui sera soumis au visa du Maître d'Œuvre.

2.2. RESEAUX CONCESSIONNAIRES

L'Entrepreneur prendra toutes les dispositions de repérage, piquetage et de protection pour préserver les réseaux existants et maintenus en service.

D'après le retour aux déclarations de travaux, plusieurs réseaux sont situés à proximité du site :

- Deux lignes téléphoniques (de chaque côté de la Cent Fonts) ;
- Une ligne électrique en hauteur qui traverse le cours d'eau ;
- Une conduite de gaz en sous fluvial.

La localisation de toute autre conduite ou ligne susceptible d'avoir un impact sur le déroulement des travaux est à la charge de l'Entrepreneur.

2.3. PREPARATION DU CHANTIER

Voir le paragraphe « Contraintes d'accès aux sites ».

Un piquetage sera réalisé préalablement en présence du Maître d'ouvrage pour délimiter les emprises du chantier et réduire son impact sur le milieu. La base-vie sera aménagée selon les prescriptions du CCTP et les recommandations du Syndicat.

Egalement, un constat d'huissier contradictoire des terrains, accès, bâtiments, ... sera effectué préalablement aux travaux.

2.4. ETUDES D'EXECUTION

2.4.1. Opération à la charge du Maître d'Ouvrage

Tabl. 6 - Opération à la charge du Maître d'ouvrage

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Déclaration de travaux	Déclaration de travaux Récépissé des concessionnaires de moins de 3 mois Localisation des sondages si nécessaire	Au DCE

Dans le cadre de ses obligations vis à vis des réseaux concessionnaires, le Maître d'Ouvrage doit réaliser une déclaration de travaux afin de fournir au DCE les récépissés de demande de renseignements aux concessionnaires concernés datant de moins de 3 mois, à la date de publication.

2.4.2. Opération à la charge de l'entreprise

2.4.2.1. OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LA PERIODE DE PREPARATION

Sauf indication particulière, les délais au plus tard indiqués dans le tableau ci-après sont à compter de la date de notification de l'ordre de service de commencement des travaux. Les délais sont en jours calendaires.

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Plan des installations de chantier	Plans + mémoire	20 jours
2	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux - (DICT)	Récépissés des lettres recommandées	15 jours
3	Programme des travaux	Diagramme, note	15 jours
4	Programme des études d'exécution	Diagramme, note	15 jours
5	Plan particulier de sécurité et de protection	Liste des membres du CISSCT, nom du représentant de l'entreprise	30 jours

	de la santé PPSPS		
6	Itinéraires de transport	PV de visite et CR de réunion avec les gestionnaires de voirie, Plans, note	30 jours
7	Plan d'Assurance Qualité et Environnement	Note d'organisation générale, procédures	30 jours
8	Constat d'huissier	Constat / état des lieux	30 jours

Tabl. 7 - Opérations à exécuter pendant la période de préparation

2.4.2.2. OPERATIONS A EXECUTER PENDANT LE DEROULEMENT DES TRAVAUX

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	PAQE des sous-traitants	Plans + mémoire, suivi d'avancement des travaux	30 jours avant application
2	Mise à jour des programmes de travaux	Diagramme, note	Tous les 15 jours
3	Origine des matériaux fournis par l'entrepreneur	Dossier d'agrément des produits : fiche technique, PV d'essais, documentation	1 mois avant utilisation envisagée
4	Plans d'exécution et avant-métrés	Relevés topographiques et bathymétriques, plans, notes de calculs, schémas	1 mois avant réalisation de l'ouvrage concerné
5	Contrôle interne	Procès-verbaux d'essais, photos	3 semaines avant réalisation de l'ouvrage concerné

Tabl. 8 - Opérations à exécuter pendant le déroulement des travaux

2.4.2.3. OPERATIONS A EXECUTER APRES LE DEROULEMENT DES TRAVAUX

N°	Opération	Documents à fournir	Délai
1	Plan des ouvrages exécutés	Relevés topographiques et bathymétriques Tous les plans, notes de calculs + mémoire	Lors de la demande de réception des travaux de la tranche de travaux concernée

Tabl. 9 - Opérations à exécuter à la fin des travaux

3. PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX

3.1. PRESCRIPTIONS GENERALES

Tous les matériaux utilisés pour la réalisation des ouvrages devront être de qualité et de provenances agréées par le Maître d'Œuvre et devront satisfaire aux normes ou, à défaut, aux spécifications.

Le titulaire du marché devra fournir au Maître d'Œuvre, pour les matériaux amenés en fourniture, une définition des matériaux avec essais d'identification.

Les provenances devront être soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre en temps utile pour respecter le délai d'exécution, et au maximum à la fin de la période de préparation.

Une copie de tous les bons de livraison des matériaux, matériels ou ouvrages sera systématiquement remise au Maître d'œuvre.

3.1.1. Matériaux et produits normalisés

Les produits et composants fournis par l'entreprise titulaire du marché devront être conformes aux normes européennes, sinon aux normes françaises NF. Selon les prescriptions de l'AFNOR et selon les textes de référence (décret 84.74 du 26 Janvier 1984, modifié par décret 90.653 du 18 Juillet 1990, et de la circulaire du premier Ministre du 13 Février 1991), il sera fait obligatoirement référence aux normes françaises NF, pour les matériaux en bénéficiant, ou aux autres normes reconnues équivalentes.

3.1.2. Matériaux et produits non normalisés

En cas d'absence de normes ou d'avis techniques sur les produits, les propositions du titulaire du marché seront soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage.

3.1.3. Lieu de stockage provisoire des matériaux

Le titulaire du marché devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour stocker les fournitures qui ne pourront être installées directement à leur emplacement définitif. Les lieux de stockage seront définis dans le cadre des documents à fournir pendant la phase de préparation du chantier.

Le titulaire du marché pourra prendre directement contact avec le Maître d'ouvrage et la commune pour définir l'emplacement le plus favorable à l'installation du chantier.

3.1.4. Chargement – Transport – Stockage

3.1.4.1. CHARGEMENT

Les matériaux, éventuellement brisés lors des opérations de chargement, seront évacués par le titulaire du marché sur un site agréé.

3.1.4.2. TRANSPORT

Le transport sera effectué par camions équipés d'une benne type enrochements.

Lors d'approvisionnement en carrière, le transport comprendra un arrêt pour pesage des camions.

3.1.4.3. STOCKAGE

Les matériaux seront livrés sur dépôt provisoire après accord du Maître d'Œuvre, dans les limites d'emprise des travaux.

Les matériaux devront être stockés de façon à ne pas perturber le passage éventuel des crues.

3.1.5. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'Œuvre a la possibilité de demander au titulaire du marché des essais de contrôle de qualité des matériaux s'il juge que les conditions d'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité.

En cours de travaux, à chaque fois que le Maître d'Œuvre le demandera, il sera fait un contrôle de granulométrie/blocométrie et de la forme des matériaux.

3.2. TERRASSEMENTS

3.2.1. Généralités

Le chantier devra être organisé de manière à ce que tous les terrassements soient effectués en période de basses-eaux, ce qui permet de limiter très fortement les dépôts de fines. De plus, un dispositif de protection contre le départ trop important de matériaux fins devra être mis en œuvre durant les travaux.

Aux vues des dimensions retenues le terrassement du lit de la Cent Fonts restera relativement simple :

- Création d'un lit d'étiage et d'un lit moyen (largeur en fonction de là où l'on se situe sur le profil en long) ;
- La pente des berges retravaillées respectera un fruit compris entre 2H/1V et 3H/2V (voir coupe en travers) ;

Les travaux de restauration se feront en déblais/remblais avec réutilisation des matériaux sur place (pour le resserrement du lit). Les volumes de matériaux excédentaires seront retirés du site et évacués vers un site agréé.

Lors des terrassements, une attention sera portée à bien séparer la terre végétale, des remblais grossiers. La terre végétale sera ensuite régalée sur les banquettes afin de favoriser la reprise végétale.

Le terrassement sera effectué conformément aux plans d'exécution, visés par le Maître d'Œuvre. Les volumes de terrassements pris en compte dans le DQE sont calculés non foisonnés. L'entreprise prendra en compte dans l'établissement de ses prix l'emploi d'engins de terrassement

Les terrassements seront menés dans l'enceinte du chantier et le matériel sera adapté aux lieux. L'entreprise prendra en compte dans l'établissement de ses prix l'emploi d'engins de terrassement adaptés.

3.2.2. Déblais/remblais

Pour les matériaux d'apport, il sera impératif de vérifier que les matériaux soient exempts de toute espèce invasive.

Les déblais issus des terrassements sont mis en dépôt dans les zones définies par l'Entrepreneur et agréées par le Maître d'Œuvre.

Seules les quantités de matériaux susceptibles d'être réutilisées (terre végétale, etc.) pourront être mises dans une zone proche du chantier avec l'agrément du Maître d'Œuvre. Toutes les précautions devront être prises pour que les terres végétales soient proprement extraites et convenablement remises en couche superficielle à la fin des terrassements (notamment sur les risbermes créés).

La prestation de déblais comprend :

- L'amenée des fournitures et des moyens ;
- La réutilisation sur site éventuelle ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge des déchets ou matériaux non propices à la réutilisation en tant que remblais ;
- Le chargement et l'évacuation en décharge agréée par le maitre d'œuvre des matériaux non valorisés sur site.

3.3. VEGETALISATION DES BERGES ET PLANTATIONS

3.3.1. Description

Les berges seront talutées avec une pente comprise entre 2H/1V et 3H/2V puis végétalisées.

La terre végétale remblayée sera recouverte d'un treillis biodégradable, fixé dans le terrain naturel à l'aide d'agrafes en métal ou en bois. Une fine couche de terre végétale sera répartie sur le géotextile.

L'ensemencement du talus pourra se faire manuellement, (dans ce cas, les semis seront implantés sous le treillis) ou bien par projection hydraulique.

Des plants d'arbres et d'arbustes seront mis en œuvre sur le talus.

3.3.2. Treillis biodégradable

3.3.2.1. QUALITE

Sur l'ensemble du linéaire de berge reconstitué, il sera procédé à la fixation d'un géofilet biodégradable (géotextile tissé de cordelettes en fibres de coco), d'une masse surfacique de 740 g/m². Cette couverture est destinée à la retenue des terres contre les ravinements causés par les crues ou fortes pluies.

Les géotextiles seront fixés au sol au moyen d'agrafes en bois (ou métallique) à raison d'au moins deux agrafes (ou cavaliers) par m² : longueur totale 90 cm/ diamètre de 6mm.

3.3.2.2. MISE EN ŒUVRE

Le treillis coco est placé en lés successifs parallèles au courant en débutant par le pied de berge. Le recouvrement des lés se fait de haut en bas et dans le sens du courant. Les recouvrements seront d'au moins 15cm latéralement et 50 cm longitudinalement. Les lés, seront recourbés aux deux extrémités sur environ 40 cm, afin de venir envelopper la terre végétale.

Le géotextile est fixé à raison d'au moins deux agrafes (ou cavaliers) par m². Le rouleau supérieur (sommet de berge) sera plaqué sur la berge et maintenu par une rangée d'agrafes.

3.3.3. Enherbement

Le mélange grainier sera semé par projection hydraulique (25 à 30 g/m²) ou à la main (40-50 g/m²).

Pour de bons résultats, les principes suivants seront à respecter dans le choix des mélanges grainiers :

- Ne pas appliquer un mélange composé à 100% de graminées. L'introduction de 5 à 10% de légumineuses (*Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, etc...) renforce les capacités de protection par une meilleure couverture du sol et par un pouvoir stabilisateur général plus performant ;
- Elaborer des mélanges grainiers composés d'une assez grande diversité d'espèces (10 à 15 espèces minimum).

L'époque favorable au réensemencement s'étend de mi-octobre à mi-mars.

3.3.4. Arbres et arbustes

Les végétaux auront été élevés en pleine terre. Ils ne montreront aucun signe de dessèchement ou de lésion.

Leurs racines doivent former un système suffisamment bien divisé, extrait sans blessures et proportionné à la couronne. Elles devront présenter un chevelu suffisant à la réception des plantes et avant la plantation.

Les tailles de formation en pépinière devront avoir respecté le développement et le port naturel des arbustes. Les végétaux seront tous en racines nues.

Les arbustes à racines nues feront 60 à 80 cm de hauteur et devront posséder un système de ramification conforme à l'espèce pour la hauteur en question (3 à 4 branches). Ce poste comprend la fourniture et la mise en œuvre des plants, y compris leur préparation (pralinage des racines, ..) et les équipements adaptés (tuteurs, protection anti-nuisibles).

Les arbres tiges à racines nues (jeunes plants) feront 60 cm à 100 cm de hauteur et devront posséder un système de ramification conforme à l'espèce pour la hauteur en question. Ce poste comprend la fourniture et la mise en œuvre des plants, y compris leur préparation et les équipements adaptés (tuteurs notamment).

Ces plants d'arbres seront composés, à part égal, de saules arborescents (Saule Blanc) et d'aulnes (*Alnus glutinosa*). Notons également la possibilité de diversifier le peuplement par la plantation d'érables : Erable champêtre (*Acer campestre*), Erable sycomore (*Acer pseudoplatanus*).

Le nombre d'arbres et arbustes à planter est évalué à 200 individus (70 arbres et 130 arbustes).

3.3.5. Boutures de saule

Le prélèvement de branches de saules se fera impérativement durant la période de repos de la végétation, c'est-à-dire entre fin septembre et fin mars, et de manière à ce que leur mise en place puisse s'effectuer rapidement (2 à 3 jours) après le prélèvement.

L'utilisation de matériaux morts ou malades non susceptibles d'une reprise saine est absolument proscrite. Plusieurs espèces de saules devront être présentes, ceci de manière à éviter les formations mono-spécifiques.

Les branches de saules auront une longueur ≥ 80 cm et un diamètre de 2 à 4 cm.

Il est précisé que les longueurs de matériaux définies ci-dessus sont des longueurs minimales d'aménagements finis.

La mise en jauge éventuelle ou le stockage dans l'eau doit être prévu par l'Entrepreneur et compté dans ses prix unitaires.

Elles sont ancrées dans la berge sur moitié de leur longueur.

Le nombre de boutures à planter est évalué à 150.

3.3.6. Végétation hélophytique

La frange au contact du lit d'étiage sera végétalisée par des boudins coco pré-végétalisés. Ce dispositif, constitué d'une fascine biodégradable en fibres de coco plantée d'hélophytes, permettra de végétaliser convenablement la frange entre le lit d'étiage et les banquettes végétales (les bancs de cailloux ne comporteront aucun boudin d'hélophytes à leur pied).

Des bosquets d'hélophytes pourront éventuellement être mis en place ponctuellement afin d'agrémenter les aménagements. En l'absence d'ombrage, les hélophytes peuvent coloniser rapidement le milieu. Ainsi pour des raisons paysagères, il est préférable d'alterner les zones herbacées et les bosquets d'hélophytes, ceux-ci étant créés par plantation de plusieurs mottes d'hélophytes très peu espacées. Les bosquets seront plantés sur les banquettes enherbées à raison de 1 bosquet / 10 m² environ. Dans notre cas, 3000 pieds d'hélophytes sont prévus.

Les plantes aquatiques et semi-aquatiques utilisées pour ces aménagements sont des plantes vivaces, qui se multiplient du printemps à la fin de l'été.

Les espèces qui pourront être utilisées sont les suivantes :

- *Calamus* (hauteur 60/80 cm) ;
- *Alisma plantago* (hauteur 60/80 cm) ;
- *Caltha palustris* (hauteur 30/40 cm, -5/+5 cm) ;
- *Carex elata pas chromo A* (hauteur 70/100 cm, -20/0 cm) ;
- *Carex pendula* (hauteur 50/80 cm, -5/0 cm) ;
- *Carex pseudocyperus* (hauteur 80/120 cm, -5/0 cm) ;
- *Carex riparia* (hauteur 70/120 cm, -20/0 cm) ;
- *Iris pseudacorus* (hauteur 80/100 cm, -20/+10 cm) ;
- *Juncus effusus* (hauteur 70/80 cm, -5/+5 cm) ;

- *Ysimachia vulgaris* (hauteur 80/120 cm, -10/+5 cm) ;
- *Mentha aquatica* (hauteur 20/50 cm) ;
- *Myosotis palustris* (hauteur 5/20 cm) ;
- *Phalaris arundinacea* (hauteur 60/80 cm) ;
- *Sparganium erectum* (hauteur 60/80 cm) ;
- *Typha minima* (hauteur 60/80 cm) ;
- *Filipendula ulmaria* (hauteur 60/100 cm).

1.3.1. Mise en œuvre des arbres, des arbustes et des boutures de saule

Les travaux de plantations comprennent le déchargement des végétaux fournis, la distribution sur le chantier, toutes suggestions de mise en place, l'ouverture du trou, la préparation du sujet, la plantation, le complément du trou avec de la terre fine, la confection d'une cuvette, le plombage à l'eau et toutes sujétions.

1.3.1.1. PRESCRIPTIONS GENERALES

- La pose des végétaux ligneux se fera de façon à ce que jamais le collier ne soit enterré ou ne menace de l'être dans le futur par un effondrement des terres environnantes ;
- La taille des racines se fera éventuellement sur les racines sèches ou blessées. Celle de la frondaison ne se fera que si l'entrepreneur juge que le volume des branches n'est pas en proportion du système racinaire et uniquement avec l'accord du Maître d'œuvre sur la forme à donner ;
- Les plantations seront interrompues en période de gel ;
- Les plantations se feront en bosquet de manière à produire une berge la plus hétérogène possible après accord du Maître d'œuvre sur la distribution.
- Les intervalles entre la réception sur chantier et la plantation ne devront pas excéder 3 jours ;
- Un arrosage sera fait 10 jours après avec redressement des végétaux si nécessaire.

1.3.1.2. VARIETES D'ESPECES VEGETALES A METTRE EN ŒUVRE

Tabl. 10 - Liste des différentes essences d'arbres et d'arbustes sélectionnées

Arbre et arbustes		%
<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	5
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	5
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	5
<i>Salix alba (pieux boutures)</i>	Saule Blanc	10
<i>Salix alba (boutures)</i>	Saule Blanc	5
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	10
<i>Prunus avium</i>	Merisier	10
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin	10
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne	5
<i>Sambucus nigra</i>	Sureau noir	10
<i>Euonymus europaeus</i>	Fusain	10
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	15
		100

1.3.1.3. PREPARATION DES VEGETAUX

1.3.1.3.1. Arrachage des plants en pépinières

L'arrachage se fera dans les règles de l'art pour ne pas porter atteinte aux racines et à la ramure des végétaux.

Le Maître d'Œuvre se réserve la possibilité d'assister à l'arrachage des arbustes en pépinière pour en contrôler l'exécution.

L'arrachage des végétaux à racines nues devra intervenir entre le 1er octobre et le 30 mars. Il ne doit pas être effectué par vent desséchant ou par temps de gelée.

La jauge en pépinière ne devra pas excéder trois jours.

Toutes les précautions seront également prises contre le gel, la dessiccation, et la destruction des mottes.

1.3.1.3.2. Prélèvement des branches

Les prélèvements et le transport des branches de saules vivantes proposés à l'agrément du Maître d'Œuvre devront respecter les directives suivantes :

- Ne pas arracher l'écorce des végétaux (en les traînant ou les chargeant) ;
- Effectuer une coupe propre, franche et nette au sécateur légèrement en oblique. Aucun écorchage même partiel ne doit être visible ;
- Pas d'effeuillage ;
- Branches taillées au sécateur, à la scie ou à la cisaille ;
- Ne pas fendre les boutures en les coupant ;
- Eviter les blessures et la dessiccation.

1.3.1.3.3. Provenance des végétaux

L'Entrepreneur est tenu de préciser la provenance de chaque type de végétaux dans son offre.

1.3.1.3.4. Pépinières de provenance (arbres et arbustes)

L'entrepreneur est tenu de préciser la provenance de chaque type de végétaux dans son offre.

L'Entrepreneur devra faire confirmer la ou les pépinières qu'il choisit pour la fourniture. Le Maître d'Œuvre et le Maître d'Ouvrage se réservent le droit de les visiter et donner leur accord sur le choix des végétaux. L'Entrepreneur choisira des pépinières locales ou situées dans des zones géographiques à climat et sol comparables à ceux du chantier. Elles devront satisfaire aux lois en vigueur, notamment aux contrôles phytosanitaires.

1.3.1.4. QUALITE DES PLANTS

Les végétaux auront été élevés en pleine terre. Ils ne montreront aucun signe de dessèchement ou de lésion.

Leurs racines doivent former un système suffisamment bien divisé, extrait sans blessures et proportionné à la couronne. Elles devront présenter un chevelu suffisant à la réception des plantes et avant la plantation.

Les tailles de formation en pépinière devront avoir respecté le développement et le port naturel des arbustes.

1.3.2. Remise en état du site

1.3.2.1. COMPOSITION DES MELANGES GRAINIERS

Les surfaces remaniées seront enherbées par un mélange grainier offrant une diversification du milieu et une stabilité plus importante.

Pour de bons résultats, les principes suivants devront être à respecter dans le choix des mélanges grainiers :

- Ne pas appliquer un mélange composé à 100 % de graminées. L'introduction de 5 à 10% de légumineuses (*Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, etc...) renforce les capacités de protection par une meilleure couverture du sol, par un pouvoir stabilisateur général plus performant.
- Elaborer des mélanges grainiers composés d'une assez grande diversité d'espèces (minimum 10 – 15).

Les périodes favorables à l'ensemencement sont l'automne et le printemps.

Les espèces suivantes pourront être utilisées :

- *Agrostis stolonifera* (Agrostide stolonifère),
- *Deschampsia caespitosa* (Canche gazonnante),
- *Festuca arundinacea* (Fétuque faux roseau),
- *Festuca rubra* (Fétuque rouge),
- *Phleum pratense* (Fléole des prés),

- Lotus corniculatus (Lotier corniculé),
- Medicago lupulina (Luzerne lupuline),
- Trifolium repens (Trèfle blanc), etc...

Un complément de semis éventuel devra être réalisé, durant la première année de façon à garantir la constitution d'un tapis végétal durable et homogène.

Il est important de souligner qu'en aucun cas, des espèces envahissantes ne seront plantées, malgré leur valeur ornementale. Ces espèces d'origine exotique, telles que la Balsamine géante (*Impatiens glandulifera*) ou la Renouée du Japon (*Fallopia japonica*), colonisent rapidement le milieu en empêchant le développement d'espèces indigènes. Une attention particulière devra être portée sur ces espèces afin de limiter leur introduction lors des opérations de terrassement et de remblai par des matériaux d'apport.

1.3.2.2. ENTRETIEN OBLIGATOIRE

Après le semis, l'Entrepreneur a la responsabilité de l'entretien des enherbements jusqu'à la réception des travaux.

L'Entreprise assure l'entretien de l'enherbement qui comprend obligatoirement les opérations suivantes :

- Le nettoyage de la zone enherbée de toutes les plantes adventives, par un procédé préalablement accepté par le Maître d'Œuvre (nettoyage manuel, emploi d'hormones sous sa responsabilité, etc...) ;
- Le réensemencement et la réparation des parties mal venues jusqu'à ce que la surface totale des pelades ne soit pas supérieure à 2 % de la surface totale des enherbements, chaque pelade ne pouvant excéder une demi-mètre carré (0,50 m²).

1.3.2.3. PORTEE DES GARANTIES ET OBLIGATIONS EN DECOULANT

La garantie portant sur les semis est de 1 an.

Les travaux de reprise comprennent tous les travaux annexes de semis, et ne donnent pas lieu à rémunération, exception faite du cas où ils sont rendus nécessaires par des accidents non imputables à l'Entreprise tels que : accident climatique exceptionnel reconnu à l'échelon national, régional ou communal, acte de malveillance imparable, etc...

Les désordres et dégâts de toute nature occasionnés sur les chaussées, ouvrages, équipements et végétaux au cours des travaux et entretiens sont par ailleurs à réparer sans délai.

1.3.2.4. CONSTATS ET RECEPTIONS PENDANT LA PERIODE DE GARANTIE DES SEMIS

Le premier constat de réussite des semis est dressé le 1er septembre suivant la réception des travaux, après une saison de fructification.

Le délai de garantie de 1 an débute à compter de la date du premier constat de réussite des semis.

Le taux de réussite et par déduction les remplacements à prévoir (nouvelle reprise des sols en surface et semis) sont évalués lors de ce constat, les travaux complémentaires au titre de la garantie étant à effectuer dans tous les cas avant le 30 septembre qui suit la date du constat. Après constatation de la réalisation des travaux qui se sont avérés nécessaires, la réception définitive des travaux d'enherbement est prononcée.

Les surfaces semées ne doivent pas présenter plus de 5% de vides ou de zones de manque important (sachant que l'on compte sur la colonisation naturelle par des espèces locales pour compléter partiellement les semis).

Les travaux de reprise comprennent tous les travaux annexes de semis et ne donnent pas lieu à rémunération exception faite du cas où ils sont rendus nécessaires par des accidents non imputables à l'entreprise tels que : accident climatique exceptionnel reconnu à l'échelon national, régional ou communal, acte de malveillance imparable, etc.

Les désordres et dégâts de toute nature occasionnés sur les chaussées, ouvrages, équipements et végétaux au cours des travaux et entretiens sont à réparer sans délai.

1.3.2.5. MESURE DE CONTROLE, CONSTATS ET RECEPTION PENDANT LES TRAVAUX

Le Maître d'Œuvre pourra à tout moment procéder à des contrôles, portant notamment sur les respects :

- De la qualité des végétaux mis en place ;
- Des densités et dimensions de végétaux mis en place ;
- Des espèces végétales implantées ;
- Des prescriptions techniques.

En cas de qualité insuffisante des végétaux utilisés ou du non-respect des différentes densités, essences ou dimensions, l'Entrepreneur assurera à ses frais le remplacement du matériel végétal concerné.

Du matériel végétal stocké dans de mauvaises conditions pourra être refusé par le Maître d'Œuvre, l'Entrepreneur assurant alors à ses frais son remplacement.

- Le contrôle des fournitures et de leur mise en œuvre se fera à l'occasion des constats d'exécution partiels, au début des phases décisives ou à tout autre moment sur le chantier, étant entendu que le Maître d'Œuvre a toute latitude pour effectuer le contrôle a posteriori d'une opération qu'il n'aurait pu contrôler ;
- L'Entreprise devra remettre au Maître d'Œuvre en début de chantier un programme prévisionnel d'intervention et indiquer une semaine à l'avance les modifications qu'elle souhaiterait y apporter en raison de conditions particulières.

3.4. ENROCHEMENTS

3.4.1. Banquettes minérales

Afin de limiter le coût du projet, des matériaux d'apport calcaire-terreux (matériaux de scalpage) seront utilisés pour la création des banquettes minérales. Les matériaux constitutifs de ces banquettes respecteront la granulométrie suivante :

D10	D50	D90
0.5 cm	1.5 cm	2.5 cm

Le matériau sera soumis à l'agrément du maître d'œuvre par la fourniture de la fiche technique du matériau et la visite en carrière préalable.

Les matériaux seront déposés ponctuellement dans le lit d'étiage, dans les zones définies sur le plan de masse. Les banquettes minérales contribueront ainsi à la variabilité latérale du nouveau lit d'étiage, qui verra sa largeur augmenter ou diminuer selon la position et les dimensions des aménagements.

3.4.2. Blocs en pieds de banquettes

Des blocs d'enrochements seront déposés au pied des banquettes végétales pour créer des caches piscicoles. Ceux-ci auront un diamètre moyen de 33 cm, permettant d'assurer un ancrage minimal de 5 cm dans les banquettes et le lit mineur. Le poids moyen des blocs sera de 50 kg.

Les blocs seront déposés en amont des banquettes végétales, marquant la limite entre lit d'étiage et banquette enherbée. L'espacement entre chaque bloc sera de 2 m minimum, mais ils pourront être mis en place de manière aléatoire, en variant les espacements entre chaque bloc et la densité d'enrochements déposés. Ceci contribuera à donner un aspect plus naturel au lit d'étiage et permettra de créer des zones d'abris piscicoles le long du cours d'eau.

Le poids spécifique des blocs sera supérieur ou égal à 2,4 t/m³.

Les enrochements devront être de roche saine non fracturée et non gélive.

3.4.3. Epis en enrochements

Les épis seront également constitués d'enrochements liaisonnés, ceux-ci pouvant être de dimensions ou de masses variables. La blocométrie de ces blocs est la suivante :

D10	D50	D90	P10	P50	P90
25 cm	33 cm	40 cm	15 kg	50 kg	90 kg

Le poids spécifique des blocs sera supérieur ou égal à 2,5 t/m³.

Les enrochements devront être de roche saine non fracturée et non gélive.

3.5. DISPOSITIONS PARTICULIERES DES RESEAUX

Lors de la mise en place des banquettes végétales, minérales ou mixtes et du retalutage des berges, une attention particulière devra être portée sur la localisation de la canalisation de gaz, traversant en sous fluvial le lit mineur de la Cent Fonts.

Aucun aménagement, banquette végétale ou minérale, retalutage de berge et plantations, ne devra être réalisé au pied de cette conduite. Egalement, avant le commencement des travaux, l'entreprise retenue devra réaliser une visite préalable sur site avec l'exploitant GRT Gaz.

SECTION 4 CONCLUSION GENERALE

La restauration éco-morphologique de l'hydrosystème au droit de Saulon-la-Rue est une opération d'intérêt général. Elle s'inscrit dans le cadre du contrat Nappe de Dijon sud et dans le SAGE du bassin versant de la Vouge. Pour rappel, le projet répond à un double objectif :

- Améliorer et adapter la morphologie du cours d'eau de la Cent Fonts pour maintenir les prélèvements dans la nappe superficielle de Dijon Sud futurs ;
- Améliorer et adapter la morphologie du cours d'eau pour restaurer le bon fonctionnement hydro-écologique de la rivière.

Ces aménagements visent donc à restaurer un lit d'étiage sinueux dans le lit mineur de la Cent Fonts pour concentrer les écoulements et augmenter la ligne d'eau à bas et moyens débits. Ils seront bénéfiques pour l'hydrosystème tant sur le plan physique, biologique que social en offrant une vitrine sur la rivière. Par ailleurs, ils seront bénéfiques face au changement climatique, car l'augmentation de la ligne d'eau limitera le réchauffement des eaux et son évaporation. Enfin, cette nouvelle morphologie, plus adaptée aux débits de la Cent Fonts, sera favorable pour préserver les prélèvements dans la nappe de Dijon Sud.

L'aménagement de banquettes, végétalisées et/ou minérales, n'impactera pas le risque d'inondation dans la traversée aménagée, avec un rehaussement de la ligne d'eau estimé à quelques centimètres seulement sur le tronçon de débordement préférentiel. Au-delà des banquettes, éléments clés pour la redéfinition d'un lit d'étiage plus efficace, des dispositifs de diversifications des écoulements seront mis en place, dans un double objectif d'intégration paysagère et de restauration des fonctions écologiques du cours d'eau (faciès d'écoulement diversifiés, attractivité piscicole, ...). Enfin, le retalutage de la berge en rive droite favorisera une meilleure connexion au travers d'échanges fonctionnels, entre la Cent Fonts et les terres agricoles, venant renforcer l'attractivité écologique du site.

Au-delà, les processus de restauration de la qualité éco-morphologique de la Cent Fonts ne pourront être efficaces que s'ils sont mis en place à une plus large échelle. Dans la partie aval, la présence d'un lit mineur canalisé suite aux aménagements des moines de Cîteaux, rectification et recalibrage, est à prendre en compte afin de définir dans un second temps une logique de restauration globale.

Enfin, le projet présenté propose des aménagements plus ou moins ambitieux. Bien qu'un réel potentiel écologique semble présent sur ce cours d'eau, il est aujourd'hui nécessaire de réaliser un suivi scientifique (qualité physique, qualité physico-chimique, données piscicoles, inventaire faune/flore), après travaux. Enfin, un protocole habitats (DMB) sera réalisé avant travaux et après travaux pour qualifier et quantifier le gain potentiel pour le maintien des prélèvements en nappe, lors des étiages sévères.

Ces informations permettront de mettre en évidence l'impact des aménagements sur l'hydrosystème de la Cent Fonts.

ANNEXE 1 : PLAN DES AMENAGEMENTS

