

Avec le concours financier de :



Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

DIAGNOSTIC – AVANT-PROJET ET PROPOSITIONS – OUVRAGE DE LA VOYEZE

Indice :	Etabli par :	Le :	Vérifié par :	Le :
A	APT	18/09/2019	NDU	13/09/20159
B				
C				

Ville & Transport - INE

Agence de Bourgogne / Franche-Comté

21, Avenue Albert Camus
21000 DIJON
Tel. : +33 (0)3 80 78 95 50

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »
Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

SOMMAIRE

Section 1	Préambule	6
1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION	7
2.	SECTEURS D'ETUDE	8
3.	DONNEES D'ENTREE	10
4.	OBJET DU PRESENT RAPPORT	10
Section 2	Etat des lieux & diagnostic	11
1.	CONTEXTE HYDROLOGIQUE	12
1.1.	CARACTERISTIQUE DU BASSIN VERSANT	12
1.2.	HYDROLOGIE DU DESSOUBRE	12
1.2.1.	Données d'entrée	12
1.2.2.	Synthèse des données disponibles	13
1.2.2.1.	DEBITS CARACTERISTIQUES	13
1.2.2.2.	DEBITS CLASSES	13
2.	FONCTIONNEMENT GEOMORPHOLOGIQUE	14
2.1.	CONTEXTE GEOLOGIQUE	14
2.2.	ANALYSE HISTORIQUE ET PRINCIPALES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES	17
2.2.1.	Données d'entrée	17
2.2.2.	Analyse historique et action anthropique	17
2.2.3.	Historique des crues	18
2.2.4.	Evolution de la vallée et style morphologique	19
2.2.5.	Synthèse	21
2.3.	CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES	22
2.3.1.	Méthode et protocole de terrain	22
2.3.2.	Analyse de la largeur et de la profondeur de plein bord	23
2.3.2.1.	LARGEUR DE PLEIN BORD	23
2.3.2.2.	PROFONDEUR DE PLEIN BORD	27
2.3.2.3.	RAPPORT LARGEUR/PROFONDEUR DE PLEIN BORD	27
2.3.3.	Analyse du profil en long	27
2.4.	ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE	30
2.4.1.	Activité morpho-sédimentaire	30
2.4.1.1.	NOTION D'APPORTS SOLIDES	30
2.4.1.2.	OBSERVATIONS DE TERRAIN ET IMPACT DES OUVRAGES	31
2.4.1.3.	CAPACITES DE CHARRIAGE	38
2.4.2.	Capacités d'ajustement morphologique	39
2.4.2.1.	PUISSANCE SPECIFIQUE	39
2.4.2.2.	FORCES TRACTRICES	40
2.4.2.3.	SYNTHESE	41
2.5.	CONSTAT D'EQUILIBRE ET TENDANCE EVOLUTIVE	41
2.5.1.	Profil en long	41
2.5.2.	Mobilité latérale	41
2.5.3.	Zoom sur les risques induits par le dérasement des ouvrages	41
2.6.	CONCLUSION SUR LA COMPOSANTE GEOMORPHOLOGIQUE	42
3.	CONTEXTE HYDRO-ECOLOGIQUE	43
3.1.	DESCRIPTION DU PEUPLEMENT ET DES ENJEUX LOCAUX	43
3.1.1.	Classement des cours d'eau	43
3.1.2.	Contexte piscicole	43
3.1.3.	Classement en catégories piscicoles	44

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

3.2.	PEUPLEMENT PISCICOLE	44
3.2.1.	Nature du peuplement	44
3.2.2.	Evolution au cours des dernières décennies	46
3.2.3.	Qualité de l'habitat piscicole	46
3.2.4.	Statuts de protection des espèces piscicoles	48
4.	LA VALLEE DU DESSOUBRE ET SA RICHESSE ECOLOGIQUE	49
4.1.	LA VALLEE DU DESSOUBRE, DE LA REVEROTTE ET DU DOUBS	49
4.1.1.	Présentation de la zone Natura 2000	49
4.1.2.	Principaux habitats naturels et espèces patrimoniales	49
4.2.	AUTRES ZONES REGLEMENTAIRES	50
4.3.	CARTE DE SYNTHESE	51
	Section 3 Aménagement de l'ouvrage de la Voyèze	52
1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE	53
1.1.	NATURE ET FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE	53
1.1.1.	Déversoir de la Voyèze	53
1.1.2.	Vanne de décharge	54
1.1.3.	Canal usinier	54
1.2.	CONTEXTE PHYSIQUE ET ECOLOGIQUE	55
1.3.	PRINCIPAUX EFFETS DU SEUIL	56
1.4.	PRINCIPAUX ENJEUX DU COMPLEXE	56
1.4.1.	Bâti riverain	56
1.4.2.	Pont de la Voyèze	56
1.4.3.	Passe à poissons de la Vauclusotte	58
2.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE	59
2.1.	PREMIERS ELEMENTS HYDRAULIQUE	59
2.2.	METHODOLOGIE	59
2.3.	MODELISATION HYDRAULIQUE	60
2.3.1.	Hypothèse de calcul	60
2.3.2.	Calage du modèle	60
2.3.3.	Sensibilité du modèle	61
2.3.4.	Résultats	61
2.3.4.1.	HAUTEUR DE CHUTE	61
2.3.4.2.	REMOUS LIQUIDE	61
2.3.4.3.	VITESSES AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE	62
2.3.4.4.	EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE A L'ETAT INITIAL	63
3.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE	64
3.1.	OBJECTIFS	64
3.2.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	65
3.2.1.	Diagnostic visuel	65
3.2.2.	Mission d'études d'avant-projet	66
4.	PHILOSOPHIE GENERALE D'INTERVENTION	68
4.1.	ATTENTES DU MAITRE D'OUVRAGE	68
4.2.	ETUDES ANTERIEURES	68
4.3.	LOGIQUE D'INTERVENTION PROPOSEE	68
5.	FAISABILITE TECHNIQUE DU DERASEMENT DE L'OUVRAGE	70
5.1.	CONSTRAINTES LOCALES ET INCERTITUDES	70
5.1.1.	Bâti riverain	70
5.1.2.	Ouvrage d'art	73
5.1.3.	Continuité écologique du ruisseau de la Vauclusotte	74
5.2.	ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'EFFACEMENT	74
5.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DE FAISABILITE	78

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.	SCENARIOS ALTERNATIFS	79
6.1.	SCENARIO 1 : ARASEMENT DE L'OUVRAGE	79
6.1.1.	Principes d'intervention	79
6.1.2.	Implantation	79
6.1.3.	Arasement de l'ouvrage franchissable de conception	80
6.1.4.	Recharge sédimentaire	80
6.1.5.	Accompagnement du bâti	81
6.1.6.	Reprise de la passe à poissons	81
6.1.7.	Principales incidences	81
6.1.8.	Contraintes réglementaires	83
6.1.9.	Estimation financière	83
6.2.	SCENARIO 2 : ABAISSEMENT DE L'OUVRAGE	83
6.2.1.	Principe d'intervention	83
6.2.2.	Implantation	84
6.2.3.	Abaissement de l'ouvrage	84
6.2.4.	Restauration de la continuité écologique	87
6.2.4.1.	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	87
6.2.4.2.	IMPLANTATION	88
6.2.4.3.	TYPES DE DISPOSITIF	88
6.2.4.4.	PRE-DIMENSIONNEMENT : PASSE A BASSINS SUCCESSIFS	88
6.2.4.5.	RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS	91
6.2.5.	Accompagnement du bâti	92
6.2.6.	Reprise de la passe à poisson de la Vauclusotte	93
6.2.7.	Principales incidences attendues	94
6.2.7.1.	IMPACT HYDRAULIQUE	94
6.2.7.2.	IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE	94
6.2.7.3.	IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES	94
6.2.7.4.	IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER	94
6.2.8.	Contraintes réglementaires	94
6.2.9.	Estimation financière	95
6.3.	SCENARIO 3 : CREATION D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT	95
6.3.1.	Principe d'intervention	95
6.3.2.	Restauration de la continuité piscicole	95
6.3.2.1.	HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	95
6.3.2.2.	IMPLANTATION	96
6.3.2.3.	TYPES DE DISPOSITIF	96
6.3.2.4.	PRE-DIMENSIONNEMENT	96
6.3.2.5.	RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS	98
6.3.3.	Principales incidences attendues	100
6.3.3.1.	IMPACT HYDRAULIQUE	100
6.3.3.2.	IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE	100
6.3.3.3.	IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES	100
6.3.3.4.	IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER	100
6.3.4.	Contraintes réglementaires	100
6.3.5.	Estimation financière	100
7.	BILAN DE L'AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE	101
7.1.	LIMITES ET BESOINS D'ETUDES COMPLEMENTAIRES	101
7.1.1.	Bâti et ouvrage d'art riverain au barrage de la Voyèze	101
7.1.2.	Conception de passe à poissons	101
7.2.	COMPARAISON MULTI-CRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES	102
7.3.	RECOMMANDATIONS ARTELIA	103

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

TABLEAUX

TABL. 1 - STATION HYDROMETRIQUE DE SAINT-HIPPOLYTE	13
TABL. 2 - DEBITS CARACTERISTIQUE DE LA STATION LA PLUS PROCHE	13
TABL. 3 - DEBITS CLASSEES CARACTERISTIQUES	14
TABL. 4 - RELEVES DES PRINCIPALES CRUES	18
TABL. 5 - ANALYSE DU PARAMETRE DE SHIELDS	29
TABL. 6 - SYNTHÈSE DES MESURES GRANULOMETRIQUES (EN MM)	38
TABL. 7 - CALCUL DES PUISSANCES SPECIFIQUES DU DESSOUBRE	40
TABL. 8 - CALCUL DES FORCES TRACTRICES DU DESSOUBRE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	40
TABL. 9 - REPARTITION DES DIFFERENTES ESPECES LE LONG DU DESSOUBRE	45
TABL. 10 - IAM OBTENUS SUR LES STATIONS DU DESSOUBRE	47
TABL. 11 - STATUTS ET MESURES DE PROTECTION DES ESPECES PISCICOLES RECENSEES	48
TABL. 12 - LISTES DES ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE	50
TABL. 13 - HISTORIQUES DES INONDATIONS SUR LA COMMUNE DE LA VAUCLUSOTTE (GEORISQUES)	59
TABL. 14 - DONNEES DE CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE	61
TABL. 15 - HAUTEUR DE CHUTE – VOYEZE	61
TABL. 16 - REMOUS HYDRAULIQUE – VOYEZE	61
TABL. 17 - EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT THEORIQUE (Q2) – VOYEZE	64
TABL. 18 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES NIVEAUX D'EAU	76
TABL. 19 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES VITESSES D'ECOULEMENT	76
TABL. 20 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES FORCES TRACTRICES EN CRUE BIENNALE	77
TABL. 21 - AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE APRES EFFACEMENT	78
TABL. 22 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES NIVEAUX D'EAU (RAMPE DE FOND)	82
TABL. 23 - SYNTHÈSE DE L'IMPACT DE L'EFFACEMENT SUR LES VITESSES (RAMPE DE FOND)	82
TABL. 24 - ARASEMENT PARTIEL DU BARRAGE VOYEZE – CHUTE RESIDUELLE A AMENAGER	87
TABL. 25 - VARIATION DES NIVEAUX D'EAU ET DE LA HAUTEUR DE CHUTE	88
TABL. 26 - PASSE A BASSINS SUCCESSIFS - CRITERES HYDRAULIQUES POUR LES ESPECES CIBLES	89
TABL. 27 - CARACTERISTIQUE DE LA PASSE A BASSINS	90
TABL. 28 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMNA5	91
TABL. 29 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMODULE	92
TABL. 30 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - Q3*MODULE	92
TABL. 31 - SYNTHÈSE DES FORCES TRACTRICES ENTRE LE PONT ET LE BARRAGE DE LA VOYEZE (CRUE BIENNALE)	93
TABL. 32 - INCIDENCES SUR LA LIGNE D'EAU AVAL DE LA PASSE A POISSONS DE LA VAUCLUSOTTE	93
TABL. 33 - INCIDENCES SUR LA LIGNE D'EAU AMONT	94
TABL. 34 - VARIATION DES NIVEAUX D'EAU ET DE LA HAUTEUR DE CHUTE	96
TABL. 35 - CARACTERISTIQUES DE LA PASSE A POISSONS A BASSINS SUCCESSIFS	97
TABL. 36 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMNA5	98
TABL. 37 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - QMODULE	99
TABL. 38 - RESULTATS DE FONCTIONNEMENT - Q3*MODULE	99

FIGURES

FIG. 1. LOCALISATION DES TROIS COMPLEXES HYDRAULIQUES SUR LE DESSOUBRE	8
FIG. 2. SECTEURS D'ETUDE	9
FIG. 3. CARTE (MODIFIEE) DU BASSIN VERSANT DU DESSOUBRE ET DU TRONÇON CONCERNE PAR L'ETUDE (SOURCE SMIX)	12
FIG. 4. COURBE DES DEBITS CLASSES DU DESSOUBRE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	13
FIG. 5. EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE 1/50 000 ^E (FEUILLES DE MAICHE)	14
FIG. 6. FORMATIONS DE TUF SUR LE SECTEUR D'ETUDE	16
FIG. 7. RESURGENCE KARSTIQUES DU DESSOUBRE	16
FIG. 8. LOCALISATION DE SUPPRESSION DE BLOCS SUR LE DESSOUBRE - VIEUX MOULINS	17
FIG. 9. DESSOUBRE LORS DE LA CRUE EN JANVIER 2018	19
FIG. 10. PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE 1937 (A GAUCHE) ET DE 1951 (A DROITE)	20
FIG. 11. PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE 1980 (A GAUCHE) ET DE 1990 (A DROITE)	20
FIG. 12. EVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLEIN BORD	23
FIG. 13. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE LA VOYEZE	24
FIG. 14. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE FLEUREY	25
FIG. 15. CARTE DE LOCALISATION DES LARGEURS DE PLEIN BORD – SEUIL DE NEUF-GOUFFRE	26
FIG. 16. EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE PLEIN BORD	27
FIG. 17. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE LA VOYEZE	28
FIG. 18. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE FLEUREY	28
FIG. 19. PROFIL EN LONG DU FOND DU LIT DU DESSOUBRE – OUVRAGE DE NEUF-GOUFFRE	28
FIG. 20. FOND DU LIT DU DESSOUBRE	30
FIG. 21. AFFLEUREMENTS ROCHEUX	31
FIG. 22. ACCUMULATIONS DES GRAVIERS/SABLES EN AMONT ET EN AVAL DE NEUF-GOUFFRE	32
FIG. 23. ACCUMULATIONS DES GRAVIERS/SABLES EN AMONT ET EN AVAL DE FLEUREY	32
FIG. 24. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR LA METHODE DE WOLMAN – COMPARAISON DES TRONÇONS AMONT/AVAL	33

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

FIG. 25.	SYNTHESE DES COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES - RADIERS	33
FIG. 26.	EVOLUTION DE LA GRANULOMETRIE DES RADIERS SUR LE PROFIL EN LONG DU DESSOUBRE	33
FIG. 27.	EVOLUTION DES HAUTEURS DE BERGES SUR LE PROFIL EN LONG DU DESSOUBRE	34
FIG. 28.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE LA VOYEZE	35
FIG. 29.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE FLEUREY	36
FIG. 30.	CARTE DE LOCALISATION DES MESURES GRANULOMETRIQUES – SEUIL DE NEUF-GOUFFRE	37
FIG. 31.	BANCS ALLUVIAUX ECHANTILLONNES	38
FIG. 32.	SYNTHESE DES COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES - BANC	39
FIG. 33.	EROSION DE BERGES	40
FIG. 34.	LOCALISATION DES STATIONS D'INVENTAIRE SUR LE DESSOUBRE	45
FIG. 35.	CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX NATURELS SUR LE SECTEUR D'ETUDE	51
FIG. 36.	LOCALISATION DU SEUIL DE LA VOYEZE	53
FIG. 37.	SEUIL DE LA VOYEZE ET VUE AVAL	54
FIG. 38.	VANNE DE DECHARGE DU SEUIL DE LA VOYEZE	54
FIG. 39.	CANAL USINIER DU SITE DE LA VOYEZE	55
FIG. 40.	PHOTO DE LA FACE AMONT (GAUCHE) ET AVAL (DROITE) DU PONT DE LA VOYEZE	57
FIG. 41.	PRINCIPE DE COFFRAGE DES INTERVENTIONS DE CONFORTEMENT DU PONT	57
FIG. 42.	ELEVATION DU PONT DE LA VOYEZE	58
FIG. 43.	DESORDRES DU PONT DE LA VOYEZE	58
FIG. 44.	PASSE A PRE-BARRAGE DE LA VAUCLUCOTTE	59
FIG. 45.	REMOUS HYDRAULIQUE INDUIT PAR L'OUVRAGE DE LA VOYEZE	62
FIG. 46.	EVOLUTION DES VITESSES D'ECOULEMENT AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE	62
FIG. 47.	LOCALISATION DES SIGNES D'AFFOUILLEMENT AU DROIT DES PILES DU PONT DE LA VOYEZE	64
FIG. 48.	LOCALISATION DES SONDAGES SD1 ET SP1	66
FIG. 49.	COUPE SCHEMATIQUE DES COUCHES RENCONTREES AUX DIFFERENTS SONDAGES	67
FIG. 50.	RAPPEL DES PRINCIPES D'AMENAGEMENT D'OUVRAGES HYDRAULIQUES	69
FIG. 51.	SIGNE D'INSTABILITE DE TALUS	71
FIG. 52.	MUR ET ENROCHEMENT LE LONG DE L'HABITATION ET JARDIN	71
FIG. 53.	SIGNE D'INSTABILITE DU PREMIER BATIMENT ET SIGNE DE FISSURES EN BERGE	71
FIG. 54.	ENSABLEMENT IMPORTANT ET COLMATAGE A L'ENTREE DU CANAL USINIER	72
FIG. 55.	CANAL USINIER ALIMENTE PAR L'AVAL	72
FIG. 56.	BATIMENTS SITUES A L'AVAL DE L'OUVRAGE	72
FIG. 57.	PROFILS DE LIGNE D'EAU APRES EFFACEMENT TOTAL	74
FIG. 58.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU QMNA5	75
FIG. 59.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU MODULE	75
FIG. 60.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU EN CRUE BIENNALE	76
FIG. 61.	COMPARAISON DU FOND ACTUEL ET AFFOUILLEMENT MINIMAL (ORANGE) ET MAXIMAL (ROUGE)	78
FIG. 62.	SCHEMA DE SYNTHESE DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR L'ARASEMENT DE L'OUVRAGE	80
FIG. 63.	PROFIL EN LONG (ETAT FINAL EN VERT) DU DESSOUBRE AU DROIT DE L'OUVRAGE	82
FIG. 64.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PREVUS	84
FIG. 65.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU QMNA5	85
FIG. 66.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU AU MODULE	86
FIG. 67.	COMPARAISON - PROFILS DE LIGNE D'EAU EN CRUE BIENNALE	86
FIG. 68.	EXEMPLE D'UNE PASSE A BASSINS SUCCESSIFS A FENTES VERTICALES	89
FIG. 69.	COMPARAISON MULTICRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES	102

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



SECTION 1

PREAMBULE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

Le Dessoubre est une rivière comtoise coulant dans les plateaux calcaires du Jurassique. Cet affluent du Doubs, long de 34 km, est une rivière classée en première catégorie piscicole. Il prend sa source au pied du cirque de Consolation pour s'écouler vers Saint Hippolyte, où il conflue avec le Doubs.

Situé dans le département du Doubs, le Dessoubre est une rivière qui de par sa pente importante est propice à l'installation de moulins, de nombreux ouvrages ont ainsi été construit (retenue d'eau et canal de dérivation vers des moulins à eau).

Les barrages présents sur le Dessoubre génèrent des impacts importants sur le cours d'eau. Ils modifient les flux liquides, solides et biologiques : absence de courant et d'autoépuration, accumulation de sédiments dans les seuils, perturbation des processus naturels d'équilibre et de distribution des sédiments par l'effet de point dur. Ce cloisonnement est à double effet pour les biocénoses aquatiques par la dégradation des qualités physiques du milieu (réchauffement climatique, appauvrissement en teneur d'oxygène, eutrophisation au sein de la retenue d'eau) et l'immobilisation des populations piscicoles (entrave des accès aux frayères, isolement génétique des populations, etc.).

Le Syndicat Mixte d'Aménagement du Dessoubre et de Valorisation du Bassin Versant (SMIX ADVBV) est chargé de la mise en œuvre d'un programme d'aménagements issu d'un travail collectif entre élus, acteurs locaux, partenaires financiers, propriétaires et services de l'Etat.

A l'initiative des représentants du SMIX ADVBV, l'équipe du bureau d'étude ARTELIA a été mandatée afin de déterminer les conditions de faisabilité et les modalités techniques de son aménagement dans l'optique de restaurer la continuité écologique sur un tronçon du Dessoubre. Cette demande s'inscrit dans le souci du mandant de voir non seulement améliorer les connaissances actuelles vis à vis de l'état et du fonctionnement de la rivière, d'un point de vue hydro-écologique mais surtout d'un point de vue géomorphologique. Cette étude fait suite aux études préliminaires du cabinet TELEOS, réalisée en 2017, dont le montant de travaux estimé n'a pas permis d'amener les avant-projets en phase opérationnelle.

Pour rappel, l'objectif de rétablissement de la continuité écologique sur les cours d'eau est désormais un enjeu prégnant de la DCE et du SDAGE Rhône Méditerranée Corse (orientations OF. 4 et OF.6). Selon l'article L214-17 du code de l'environnement, introduit par la loi sur l'eau de 2006, découlant des directives européennes, notamment celles sur l'eau (DCE) et l'arrêté préfectoral n°13-252, le tronçon aval du Dessoubre est classé « Liste 2 » (L2_55). Des actions de restauration de la continuité écologique y sont donc obligatoires d'ici septembre 2018 et les trois ouvrages sont inscrits dans le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE).

La mission se décompose en plusieurs phases :

TRANCHE FERME

- **Phase 1** : Etudes d'avant-projet (AVP) pour le seuil de Fleurey et de Neuf Gouffre ;
- **Phase 2** : Elaboration des dossiers réglementaires (EDR) ;
- **Phase 3** : Etude de Projet (PRO) ;
- **Phase 4** : Maitrise d'œuvre

TRANCHE CONDITIONNELLE

- **Phase 1** : Etudes d'avant-projet (AVP) pour le seuil de la Voyèze ;
- **Phase 2** : Elaboration des dossiers réglementaires (EDR) ;
- **Phase 3** : Etude de Projet (PRO) ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

● Phase 4 : Maitrise d'œuvre

Le présent document formalise la première phase de la tranche conditionnelle qui constitue l'avant-projet résultant d'investigations préalables comprenant : visites de terrain, levés topographiques, analyse géomorphologique, analyse hydraulique, détermination des hypothèses de dimensionnement, pré-dimensionnement de solutions techniques.

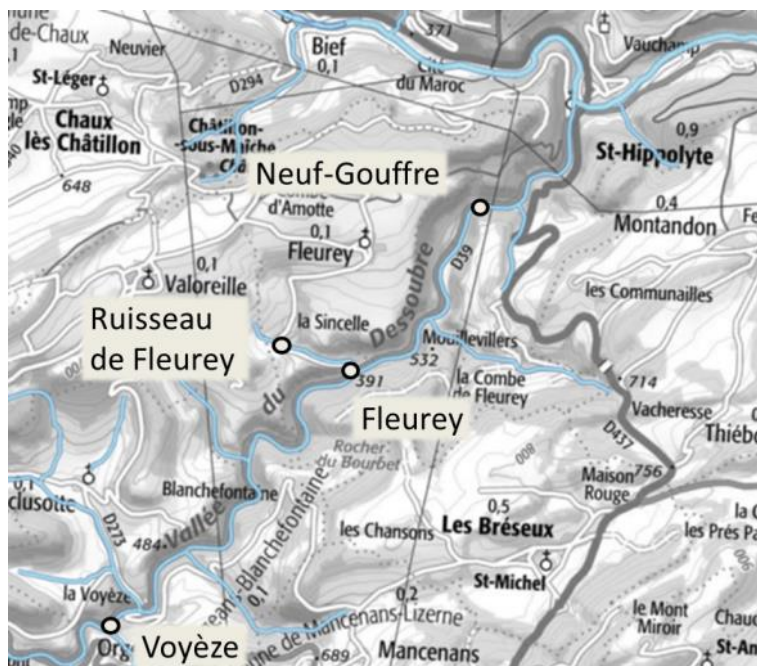


Fig. 1. Localisation des trois complexes hydrauliques sur le Dessoubre

Aussi, les objectifs de la présente mission sont :

- Réaliser un diagnostic hydro-géomorphologique du tronçon de rivière à l'étude ;
- Analyser les évolutions géomorphologiques prévisibles en cas d'effacement du seuil de la Voyèze ;
- Définir les modalités de gestion du tronçon, et les recommandations (à dire d'expert) d'intervention ou non au droit du tronçon.

2. SECTEURS D'ETUDE

Deux périmètres ont été identifiés :

- Un périmètre élargi qui correspond à un tronçon de cours d'eau suffisamment grand pour caractériser le type morphologique ainsi que les capacités morpho-dynamiques générales de la rivière.

Dans notre cas, ce tronçon d'étude dit « élargi » s'étendra sur près de 8km depuis 600m en amont du pont de la RD 273 (en amont) jusqu'à l'aval du barrage de Neuf-Gouffre (en aval).

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Un second périmètre qui correspond aux remous liquides induits par les trois barrages, c'est-à-dire, 600m pour le barrage de la Voyèze, 900m pour le barrage de Fleurey et 300m pour le barrage de Neuf-Gouffre.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des ouvrages et des remous liquides associés

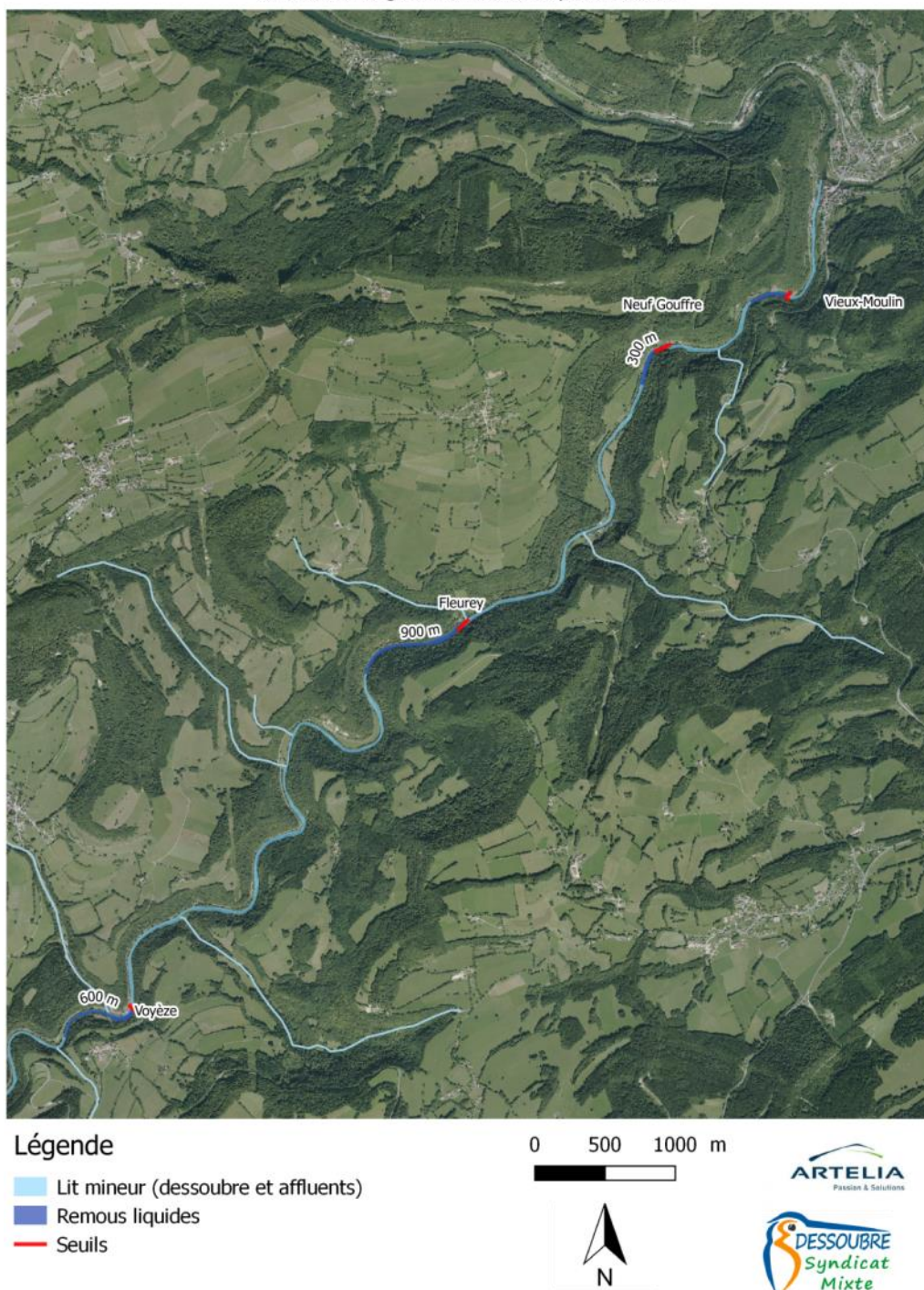


Fig. 2. Secteurs d'étude

3. DONNEES D'ENTREE

Les principales données exploitées pour cette étude sont les suivantes :

- Communauté de Communes de Saint Hippolyte, 2001 – « Schéma général de restauration et de mise en valeur du Dessoubre et de ses affluents » phase 2 et phase 3, de HORIZONS Centre Est ;
- SMIX ADVBV, 2007 – « Programme de restauration et de valorisation du bassin du Dessoubre » de RWB ;
- Communauté de Communes de Saint Hippolyte, 2011 – « Etude de l'état des peuplements piscicoles du réseau hydrographique du Dessoubre », de la Fédération départementale de pêche du Doubs et du cabinet TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2015 – « Détermination de solutions techniques pour la restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre » de TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2016 – « Impact de la présence de seuils artificiels sur la qualité écologique du Dessoubre de TELEOS ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Avant-projet détaillé du projet de restauration hydromorphologique et de continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit de l'ouvrage dit « Barrage de Neuf-Gouffre » ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Demande d'autorisation environnementale unique de travaux soumis à la loi sur l'eau du projet de restauration hydromorphologique et de continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit du seuil de « Pont de Fleurey » ;
- SMIX ADVBV, 2017 – « Inventaire faune/flore dans la zone des projets de restauration du Dessoubre » du cabinet SPECIES.

4. OBJET DU PRESENT RAPPORT

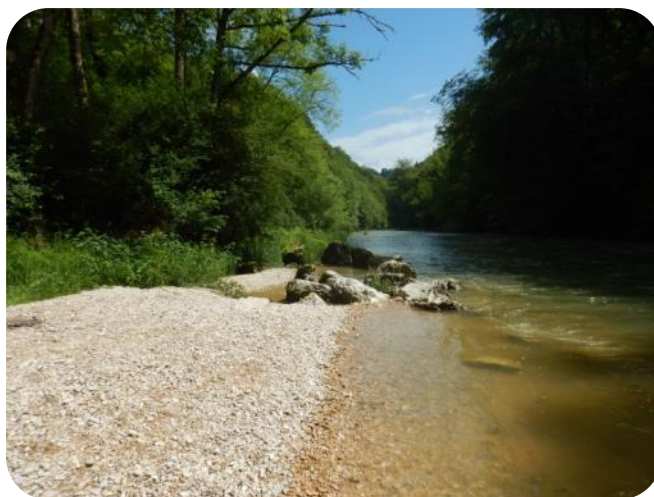
La mission est structurée autour de 3 étapes principales :

- Diagnostic général et expertise géomorphologique de Dessoubre au sein du tronçon élargi ;
- Etude de scénarii d'intervention et des incidences ;
- Etude de la solution technique retenue.

Le présent document s'attache à présenter les deux premières étapes.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



SECTION 2

ETAT DES LIEUX & DIAGNOSTIC

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

La plupart des éléments présentés dans ce chapitre sont issus des documents de Diagnostic/Avant-Projet (Teleos 2015, 2016, 2017) ainsi que du Diagnostic/Avant-Projets réalisés par Artelia (2018).

1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

1.1. CARACTERISTIQUE DU BASSIN VERSANT

Le Dessoubre est une rivière de première catégorie piscicole, située au Nord Est du département du Doubs. Il prend sa source au pied du cirque de Consolation pour s'écouler sur une distance de 34km vers Saint-Hippolyte où il conflue avec le Doubs. Ce cours d'eau draine un important bassin versant hydrogéologique de nature karstique à fort potentiel biologique. Cette reculée exceptionnelle est une pièce maîtresse du patrimoine naturel et touristique franc-comtois.

Sur ce territoire, le SMIX ADVBV prévoit le rétablissement de la continuité écologique sur la partie aval du Dessoubre entre Saint-Hippolyte et le Bief de Vau de Vaclusotte, au droit des seuils de la Voyèze, de Fleurey et de Neuf-Gouffre.

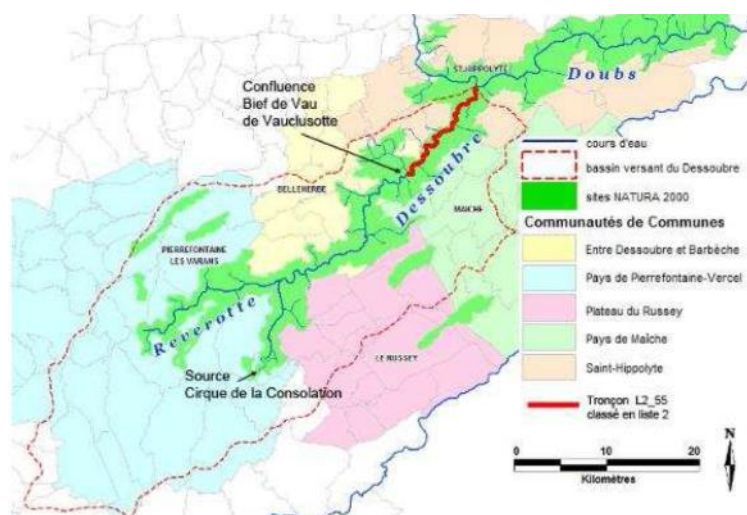


Fig. 3. Carte (modifiée) du Bassin versant du Dessoubre et du tronçon concerné par l'étude (source SMIX)

1.2. HYDROLOGIE DU DESSOUBRE

1.2.1. Données d'entrée

Plusieurs suivis hydrométriques existent sur le linéaire du Dessoubre. La station hydrométrique la plus proche du site d'étude, et qui a été retenue pour la suite de l'étude, est la station de Saint-Hippolyte (5 km en aval du secteur d'étude, au sein du périmètre d'étude élargi).

Tabl. 1 - Station hydrométrique de Saint-Hippolyte

Cours d'eau	Stations	Surface BV (km ²)	Période d'exploitation	Durée de suivi
Le Dessoubre	Saint-Hippolyte	615	1958 - 2018	60 ans

Cette station est gérée par la DREAL Bourgogne – Franche-Comté et les données collectées sont disponibles via le site de la Banque Hydro.

1.2.2. Synthèse des données disponibles

1.2.2.1. DEBITS CARACTERISTIQUES

Les débits caractéristiques retenus pour l'étude sont donnés ci-dessous.

La station considérée est exploitée depuis plus de 60 ans. Cela est suffisant pour justifier son intérêt statistique et l'exploiter afin de déterminer un régime hydrologique relatif au secteur géographique étudié.

Les débits caractéristiques du Dessoubre au droit de la station hydrométrique sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tabl. 2 - Débits caractéristique de la station la plus proche

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits caractéristiques (m ³ /s)			Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues					Maximum Instantané (QIX)	Source
		Module	Etiage QMNA5	Etiage VCN10 2 ans	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans		
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	615	13.70	1.30	1.20	130	150	170	180	200	179 m ³ /s (Le 22/01/2018)	Banque HYDRO

1.2.2.2. DEBITS CLASSES

La courbe des débits classés est réalisée à partir des données hydrologiques de la station de Saint-Hippolyte.

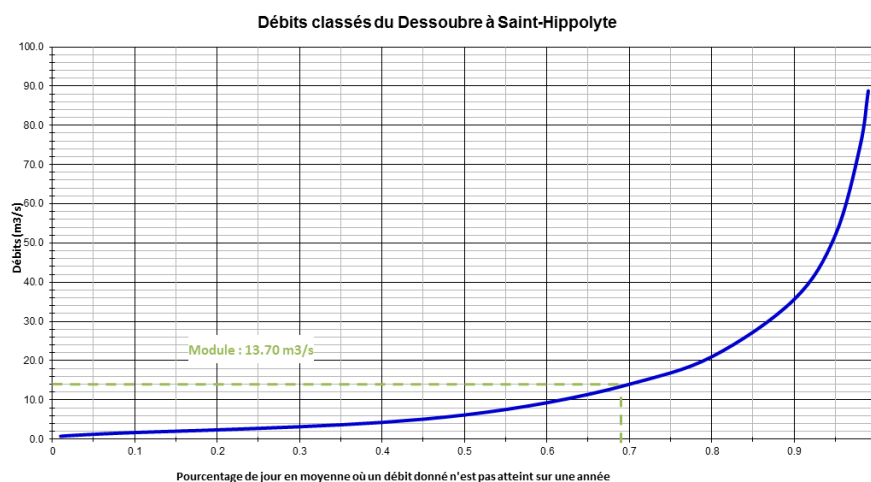


Fig. 4. Courbe des débits classés du Dessoubre sur le secteur d'étude

Il est intéressant de souligner quelques valeurs de débits caractéristiques qui pourront s'avérer utiles dans la suite de l'étude : le débit médian Q50, ainsi que les Q10 et Q90 (débits dont les fréquences de non dépassement sont respectivement 0.50, 0.10 et 0.90) :

Tabl. 3 - Débits classés caractéristiques

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Débits classés caractéristiques (m3/s)			Source
		Q10 %	Q50 %	Q90 %	
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	615	1.70	6.18	35.60	Banque HYDRO

2. FONCTIONNEMENT GEOMORPHOLOGIQUE

Le Dessoubre possède un caractère torrentiel, visible surtout en période d'étiage lors de violents orages.

Le Dessoubre (ainsi que ses affluents) est quant à lui parsemé de nombreux seuils, vestiges des activités liées à l'utilisation de la force hydro-motrice, qui pour la plupart cloisonnent le cours d'eau, présence également de microcentrales électriques.

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les données géologiques sont issues des cartes éditées par le BRGM et visualisables sur le site Info-terre.

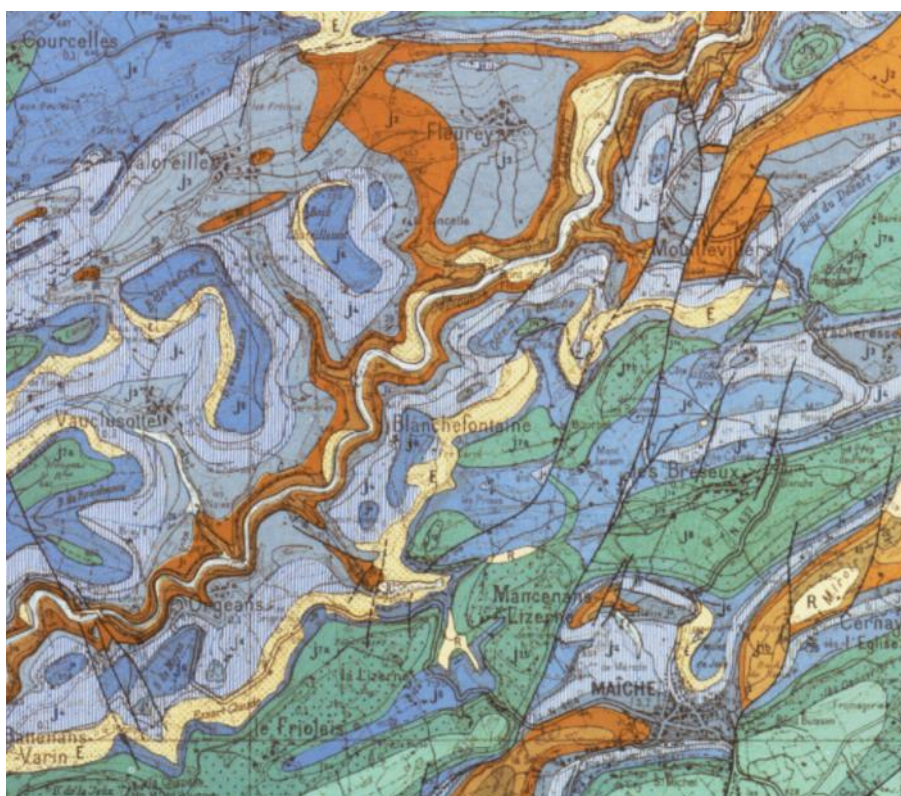


Fig. 5. Extrait de la carte géologique 1/50 000° (feuilles de Maiche)

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Les formations pouvant être rencontrées sont :

- Fz. Alluvions récentes. Elles occupent le fond des vallées des principaux cours d'eau
- E. Éboulis. Ils existent au pied de toute barre résistante surmontant un horizon tendre plus marneux (corniche du Jurassique supérieur au-dessus des marnes oxfordiennes, dalle nacrée à son contact avec le Bathonien, Jurassique moyen au-dessus du Lias)
- J 1 b. Le Bajocien supérieur (ou Grande oolithe, ou Vésulien) est formé par 60 à 80 m de calcaire oolithique bicolore (gris bleuté ou jaune). L'ensemble est massif mais présente souvent dans le détail des stratifications obliques qui entraînent un délitage en plaquettes irrégulières. Les joints marneux ne sont pas rares
- J 2. Bathonien. Il est représenté par une puissante assise (30 à 40 m) de calcaires compacts gris clair à blancs, parfois tachetés de rose; en bancs massifs
- J 3. Callovien (30 à 40 m). Sous cette appellation ont été groupées plusieurs formations difficiles à séparer dans les conditions normales d'affleurement
 1. Au sommet, directement sous les marnes de l'Oxfordien
 2. La dalle nacrée, épaisse de 15 à 25 m, formée par des calcaires
 3. La dalle nacrée surmonte un niveau marneux d'épaisseur variable (10 à 20 m) qui parfois peut être complètement absent et est presque toujours masqué sous les éboulis de la dalle nacrée
 4. Passant graduellement aux marnes sus-jacentes, un ensemble marno-calcaire gris à roux, grumeleux, terreux, peu épais (1 à 3 m)
- J 4. Oxfordien. Il est représenté partout par un ensemble à dominante marneuse dont l'épaisseur difficile à mesurer paraît osciller entre 50 et 80 m
- J 6. Rauracien (70 à 90 m). Formation calcaire complexe où s'imbriquent différents faciès récifaux et périrécifaux
- J 7b. Le Séquanien calcaire (40 à 50 m) formé par des calcaires compacts de teinte claire en bancs réguliers
- J 8. Kimméridgien. A cet étage ont été rattachées trois formations
 1. Un ensemble de marnes et marno-calcaires à Exogyra Virgula
 2. Un ensemble très épais, monotone, formé de calcaires compacts beiges ou crème, souvent ponctués de taches rouille, en bancs massifs séparés par de très minces délits plus marneux
 3. Une formation encore à dominante calcaire mais moins monotone : calcaires à débris grumeleux jaunâtres, calcaires blancs compacts parfois à aspect crayeux, marnes grumeleuses

La vallée a été formée par l'érosion due au cours d'eau qui a incisé les premiers et seconds plateaux situés au nord du massif jurassien. L'ensemble du bassin versant se développe dans des assises calcaires karstiques du Jurassique, couplées à de nombreux horizons marneux qui contribuent à la complexification des circulations des eaux souterraines.

Ces couches imperméables permettent de collecter les eaux, qui s'infiltrant ensuite dans le relief karstique et réintègrent le réseau hydrographique sous forme de résurgences, donnant naissance à des ruisseaux, souvent de plusieurs kilomètres.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Plusieurs zones de formations tufeuses remarquables, liées à ce contexte particulier, parsèment le site. Les nombreuses failles, fractures chevauchantes et couches apparentes sous forme de vastes anticlinaux et synclinaux témoignent d'importants accidents tectoniques passés. La dénivellation entre les plateaux et le fond des vallées est importante (dénivelé total proche de 650 m) avec des versants assez abrupts et de nombreuses corniches rocheuses.



Fig. 6. Formations de tuf sur le secteur d'étude

La dureté de certaines roches est à l'origine du paysage de la vallée. Le nombre considérable et la taille des corniches présentes dans ces dernières est dû à la présence de roches calcaires dures, qui ont su résister au fil des temps à l'érosion. Le sous-sol des bassins versants de nature calcaire voit se développer un réseau karstique complexe. Cela explique l'extrême pauvreté des circulations superficielles sur les plateaux, représentées par seulement quelques écoulements de longueur très limitée, dont les exutoires sont tous souterrains (BLANT, 2001).

Par contre, la circulation d'eau en profondeur est considérable et joue un rôle primordial dans le fonctionnement hydrologique des vallées. En effet, les eaux s'infiltrant dans les failles du karst et alimentent les nombreuses résurgences qui réapparaissent dans les vallées. Les débits de celles-ci sont très variables, certaines sont temporaires alors que d'autres sont plus conséquentes.



Fig. 7. Résurgence karstiques du Dessoubre

2.2. ANALYSE HISTORIQUE ET PRINCIPALES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES

2.2.1. Données d'entrée

Les données d'entrée exploitées pour l'analyse des évolutions morphologiques du Dessoubre au droit du secteur d'étude sont les suivantes :

- Analyse diachronique des tracés du Dessoubre basée sur les années 1968 / 1986 et 2013 ;
- Ortho-photographie de 2013 où nous avons digitalisé le tracé du lit mineur ;
- Relevés topographiques de 2017 (TELEOS) et 2018 (VEODIS 3D) : profils en travers de 2017 et profil en long du fond du lit du Dessoubre en 2018.

2.2.2. Analyse historique et action anthropique

Depuis les années 50 environ (cette date est commune à tous les grands cours d'eau alluvionnaires de France) le Dessoubre a fait l'objet d'extractions de matériaux alluvionnaires en lit mineur, en vue de rendre praticable le cours d'eau pour le flottage du bois et d'alimenter le marché du bâtiment (reconstruction après-guerre), et le développement du réseau routier et autoroutier. L'exploitation de ces ouvrages a, d'une manière certaine et comme pour tous les seuils de la région, imposé la gestion du transport solide par excavation, export ou déplacement.

D'après les études TELEOS, les archives révèlent que :

- Le Dessoubre était utilisé pour le transport du bois « à buche perdue » ;
- Le Dessoubre a fait l'objet de prélèvement et de piégeage dans les retenues ;

Dans les archives, on retrouve également des textes que relatent la suppression d'éléments faisant obstacles au transport de bois « à buches perdues ». Les gros blocs ont systématiquement été dynamités ou déplacés dans les bords du cours d'eau.

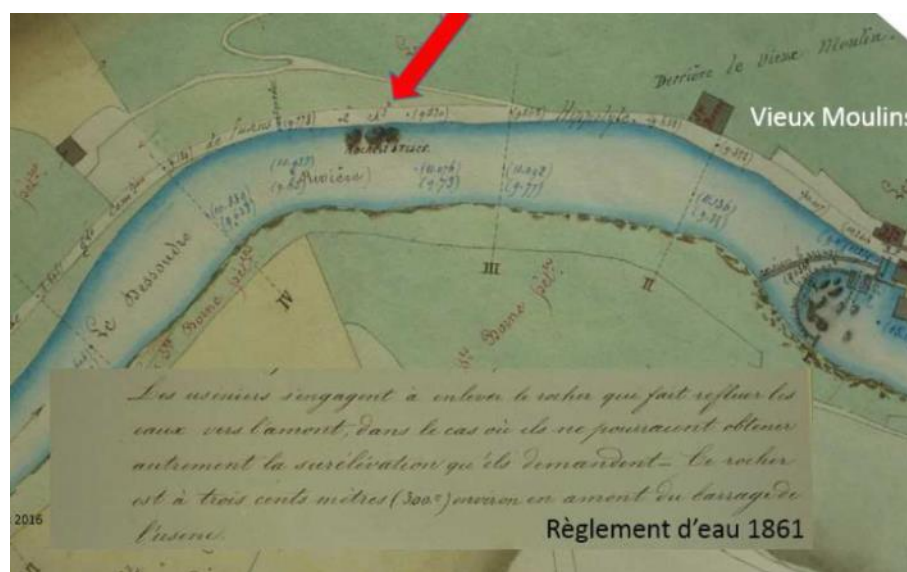


Fig. 8. Localisation de suppression de blocs sur le Dessoubre - Vieux Moulins

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En conclusion, la morphologie du Dessoubre a été, aux alentours des seuils aval de Voyèze, Fleurey et Neuf Gouffre, lourdement affectée au fil du temps. Les blocs ont été retirés sur les bords ou dynamités, le granulats grossier piégé dans les retenues des seuils a été extrait. A l'édification de la route longeant le Dessoubre, les galets /graviers de la rivière ont pu vraisemblablement servir à l'assise de la route.

2.2.3. Historique des crues

Afin de relier les évolutions morphologiques éventuellement constatées avec la fréquence des débits morphogènes (c'est-à-dire capables de générer des évolutions morphologiques), nous avons extrait de la banque Hydro le relevé des crues significatives depuis 1958 enregistrés à la station hydrométrique de Saint-Hippolyte.

Tabl. 4 - Relevés des principales crues

Station de Saint-Hippolyte			
Date	Débit	Occurrence de la crue	Occurrence de la crue (Banque HYDRO)
01 janv. 1959	89	< Q2	VICENNALE SECHE
01 mar. 1960	93	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
03 fév. 1961	87.9	< Q2	VICENNALE SECHE
01 mar. 1962	148	Q5	TRIENNALE HUMIDE
01-juin-63	115	< Q2	TRIENNALE SECHE
01 nov. 1963	90	< Q2	PLUS QUE DECENNALE SECHE
01 mar. 1965	119	Q2	TRIENNALE SECHE
01-août-66	141	< Q5	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
01 déc. 1966	121	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
01 déc. 1967	126	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
01 sep. 1968	146	Q5	TRIENNALE HUMIDE
01 fév. 1970	160	< Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
01 déc. 1970	63.5	< Q2	PLUS QUE CINQUANTENNALE SECHE
01 nov. 1971	91.5	< Q3	DECENNALE SECHE
01 nov. 1972	134	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
01 déc. 1973	104	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
01 déc. 1974	108	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
01 sep. 1975	101	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
01 fév. 1977	127	Q2	BIENNALE
01 mar. 1978	157	Entre Q5 et Q10	QUINQUENNALE HUMIDE
01 janv. 1979	116	< Q2	TRIENNALE SECHE
01 janv. 1980	151	Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
04 janv. 1981	164	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
09 janv. 1982	154	> Q5	QUINQUENNALE HUMIDE
25-mai-83	175	< Q20	PLUS QUE VICENNALE HUMIDE
07 fév. 1984	144	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
09-mai-85	170	< Q20	PLUS QUE DECENNALE HUMIDE
24 janv. 1986	105	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
19 déc. 1986	123	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
16 mar. 1988	144	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
06 déc. 1988	124	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
15 fév. 1990	175	< Q20	PLUS QUE VICENNALE HUMIDE
30 déc. 1990	99	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES
22 déc. 1991	160	< Q10	QUINQUENNALE HUMIDE
29 oct. 1992	109	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
26 janv. 1994	129	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
25 janv. 1995	124	Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
25 déc. 1995	170	> Q10	PLUS QUE DECENNALE HUMIDE
13 nov. 1996	110	< Q2	QUADRIENNALE SECHE
22 déc. 1997	106	< Q2	QUINQUENNALE SECHE
20 fév. 1999	166	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
25 oct. 1999	146	< Q5	TRIENNALE HUMIDE
04 mar. 2001	128	Q2	BIENNALE
30 déc. 2001	117	< Q2	TRIENNALE SECHE
15 nov. 2002	171	> Q10	VICENNALE HUMIDE
14 janv. 2004	129	> Q2	BIENNALE
26 oct. 2004	166	Q10	DECENNALE HUMIDE
09 mar. 2006	151	Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
09-août-07	165	Q10	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE HUMIDES
11 déc. 2007	118	< Q2	TRIENNALE SECHE
14 sep. 2008	84.9	< Q2	PLUS QUE VICENNALE SECHE
15-août-10	120	< Q2	ENTRE BIENNALE et TRIENNALE SECHE
07 déc. 2010	153	> Q5	QUADRIENNALE HUMIDE
23 juil. 2014	139	< Q5	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
02-mai-15	130	> Q2	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
17 avr. 2016	133	> Q3	ENTRE BIENNALE ET TRIENNALE HUMIDE
11 nov. 2016	99.5	< Q2	ENTRE QUINQ. ET DECENNALE SECHES

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

A la lecture du précédent tableau, on constate que depuis les années 2000, les crues enregistrées à la station de Saint-Hippolyte ont été d'intensité faible à modérée, néanmoins on peut relever trois crues d'une intensité d'occurrence décennale, en 2002, en 2004 et en 2007. Globalement, le Dessoubre est une rivière qui, de par la forme du bassin versant, réagit très vite aux intempéries, il n'est donc pas rare de rencontrer plusieurs crues d'occurrence biennale par année.

Au-delà, les crues caractéristiques se sont limitées à la crue biennale, voire à un niveau de crue inférieure notamment sur les dernières années d'enregistrées. Les récentes crues de décembre 2017 et de février 2018 ne sont encore affichées dans le tableau, malgré l'intensité de l'événement. A cette période, le Dessoubre a connu une crue biennale. Suite à ces événements, des laisses de crues et des encoches d'érosion étaient visibles lors des expertises de terrain.



Fig. 9. Dessoubre lors de la crue en janvier 2018

2.2.4. Evolution de la vallée et style morphologique

L'objet de ce paragraphe est de comprendre l'évolution de la vallée du Dessoubre et de déterminer le style morphologique du Dessoubre. Le cours d'eau est dépendant des variables de contrôle qui sont la géologie et le climat. Les variables de réponse sont plutôt des degrés de liberté dont dispose le cours d'eau pour transporter le débit liquide et le débit solide (sédiment).

Ainsi, dans le département du Doubs, après le retrait de la mer, la région va adopter un style tectonique compressif montrant plusieurs phases de surrections (élévations), plissements et fractures. Ceci va engendrer l'orientation des structures suivant un axe préférentiel Nord-Est / Sud-Ouest.

La région, n'étant plus submergée par les mers, se retrouve soumise à l'érosion par les eaux météoriques qui démantèlent les reliefs créés par l'orogénèse alpine. Cette abrasion des formations amène au creusement de vallées atteignant, par endroit, les niveaux du Trias à l'Ouest. Les produits de cette érosion sont transportés par les réseaux fluviaux et déposés sur les différents terrains sédimentaires de l'ère secondaire.

Enfin, les glaciations de l'ère quaternaire, vont donner à la région sa morphologie actuelle. L'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires a mis en place des alluvions fluviales de graviers et de sables qui se sont déposées dans les vallées.

La vallée du Dessoubre est donc inscrite dans des mouvements tectoniques qui ont engendrés, par le retrait de la mer, une succession de failles et d'érosion, provoquant le creusement de la vallée.

D'après Malavoi & Bravard, les méandres encaissés sont développés au cours de millions d'années d'histoire géologique, à partir d'une surface topographique soulevée dans une surface d'érosion en cours de surrection (processus géologique d'élévation en altitude de roches par la

tectonique des plaques) ou sur une couche meuble masquant un substratum résistant (concept de surimposition).

Deux types de méandres encaissés sont distingués selon la genèse des sinuosités. L'encaissement peut se faire :

- Par incision sur place de méandres existant antérieurement ;
- Par développement progressif de sinuosités pendant la durée d'incisions.

S'ils présentent aujourd'hui un tracé en plan figé, les méandres encaissés peuvent cependant être le siège d'un important transport solide.

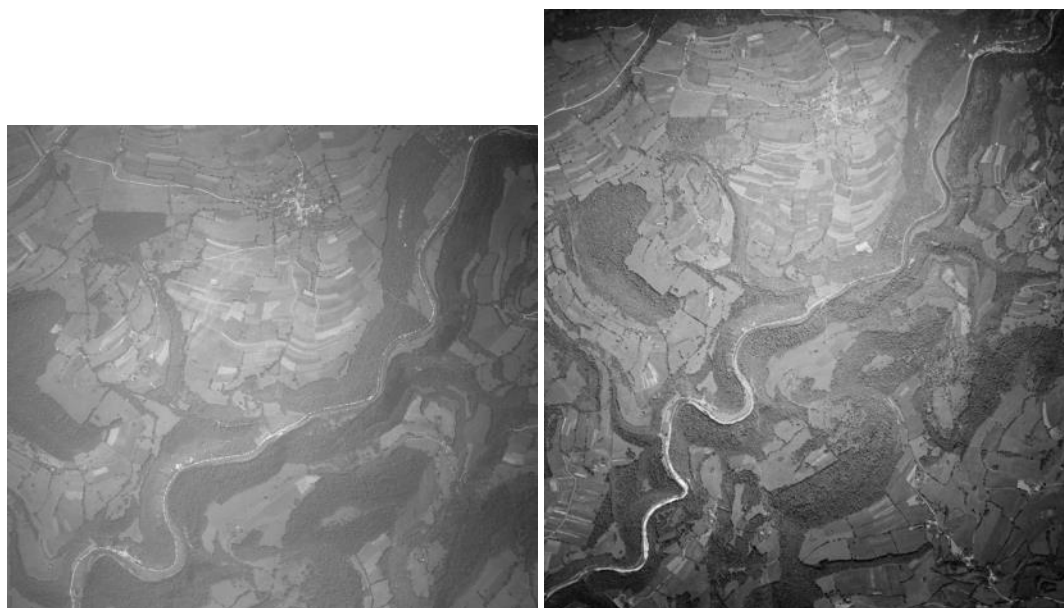


Fig. 10. Photographies aériennes de 1937 (à gauche) et de 1951 (à droite)

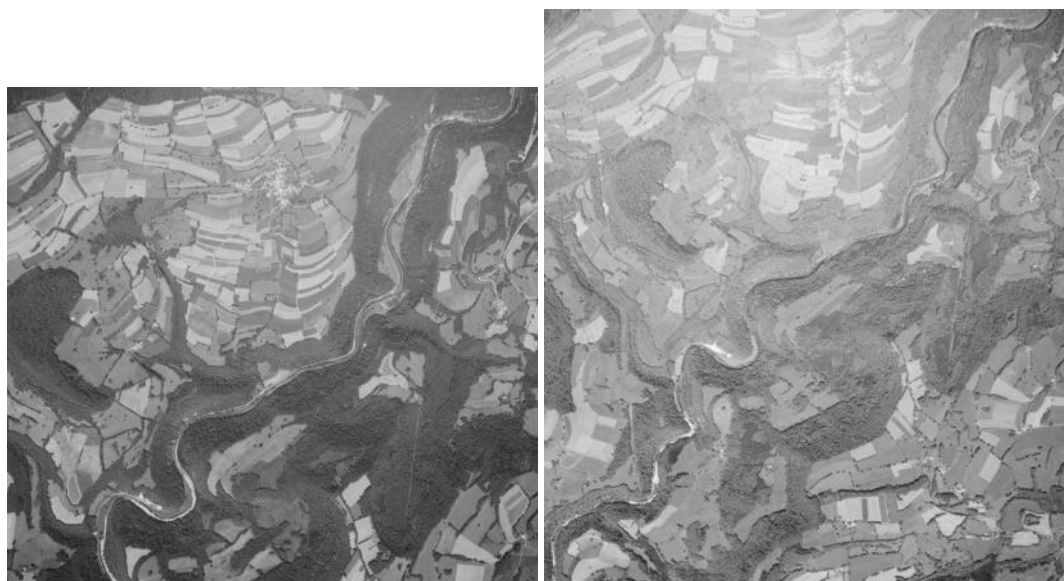


Fig. 11. Photographies aériennes de 1980 (à gauche) et de 1990 (à droite)

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Depuis les années 1950 et tenant compte des imprécisions de digitalisation induites par la qualité des photographies aériennes et surtout de la visibilité du lit mineur sous couvert boisé, les évolutions du lit restent peu importantes voire sont quasi-inexistantes et se cantonnent principalement au niveau de la confluence avec le Doubs.

Le lit du Dessoubre est aujourd'hui dans une vallée encaissée où les méandres ne peuvent progresser latéralement, contraints par un versant rocheux en rive droite et par une route départementale en rive gauche. Les méandres sont donc ancrés dans une vallée incisée. Enfin, le lit du Dessoubre présente un style fluvial de plat courant à alternance de radier et de mouille.

2.2.5. Synthèse

En conclusion, le tronçon du Dessoubre a connu d'importantes évolutions sur le dernier siècle menant à sa simplification et à l'altération de son fonctionnement géomorphologique.

Les grands travaux hydrauliques tels que les extractions des granulats et le retrait des gros blocs ont provoqué une incision de 0.5 m à 1.0m sur le secteur d'étude, qui semble aujourd'hui arrêtée. Cette incision a provoqué la déconnexion des berges, la mise à sac des encoissements et caches de bordure, l'étalement de la lame d'eau à l'étiage et l'homogénéisation de la granulométrie des substrats.

Les formations et contreforts rocheux au sein desquels la rivière s'engage limitent drastiquement les possibilités de mouvement, en effet, les taux d'érosion du Dessoubre dépassent rarement 40 cm/an (Horizon, 2001) et sont présents localement.

2.3. CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES

2.3.1. Méthode et protocole de terrain

Les prospections à pieds ont été effectuées le 20 et 21 juin 2018 à bas débit (Débit moyen journalier ou QJM du Dessoubre à Saint-Hippolyte de 3.77 m³/s et 3.28 m³/s) sur un tronçon de l'ordre de 11km de linéaire depuis 2km en amont du pont de la RD 273 (en amont) jusqu'à l'aval du barrage de Neuf-Gouffre (en aval).

Ces prospections ont permis de reconnaître les éléments suivants :

- Principales caractéristiques morphologiques : nature de fonds, style morphologique, géométrie, ... ;
- Etat d'aménagement du lit mineur : ouvrages transversaux, protections de berge, ... ;
- Indice d'activité morphodynamique : signes de transit sédimentaire, bancs alluviaux, radiers, érosions de berges, incision du fond du lit/pavage éventuel en aval, ... ;
- Enjeu relatif au transit sédimentaire : indices de charriage, granulométrie des matériaux transportés,

Egalement, des mesures granulométriques de surface ont été effectuées afin de caractériser la charge solide structurant le profil en long.

L'étude de la granulométrie apporte des informations à la fois morpho-dynamiques (rugosité du lit, transport solide) et biologiques (notion d'habitat, de refuge et d'abri hydraulique) (Malavoi et Souchon, 2002).

Au-delà des simples observations de terrain et en complément de la mesure de la granulométrie des matériaux charriés au niveau des bancs alluviaux, il est intéressant de décrire la granulométrie des radiers qui sont en théorie les portions du cours d'eau où se dépose la fraction la plus grossière de la charge de fond.

Cette mesure présente un double intérêt :

- Intérêt « typologique » : elle permet de ranger un cours d'eau ou un tronçon de cours d'eau dans un type « granulométrique ». Cours d'eau à radiers à blocs, radiers à cailloux, radiers à graviers, etc. ;
- Intérêt en termes de connaissance des processus de mobilisation du substrat alluvial. Couplée à la puissance spécifique, elle permet de connaître la fréquence minimale de mise en mouvement des matériaux du lit.

Nous avons mis en œuvre un protocole simple pour évaluer qualitativement les effets de l'ouvrage sur le transit sédimentaire et la morphologie du lit. Cette méthode a été appliquée sur :

- Secteur Voyèze : 4 radiers en amont et 3 en aval de l'ouvrage ;
- Secteur Fleurey : 4 radiers en amont et 3 en aval de l'ouvrage ;
- Secteur Neuf-Gouffre : 3 radiers en amont et 2 en aval de l'ouvrage.

Au droit de chaque radier, les éléments suivants ont été relevés :

- La largeur à plein bord ;
- La profondeur du lit à plein bord ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- La granulométrie de la charge de fond appréhendée par la méthode de Wolman.

Les caractéristiques morphologiques telles que la pente, la largeur ou la profondeur sont contrôlées par les débits absolus liquides (QL) et solides (QS) qui transitent dans l'hydrosystème, et le rapport entre ces deux débits.

L'objectif de ces mesures vise à caractériser la charge en surface du fond à l'amont et à l'aval des ouvrages hydrauliques et de les comparer ; l'objectif étant de mettre en évidence une quelconque influence des ouvrages sur le transit sédimentaire et la morphologie du lit du Dessoubre.

2.3.2. Analyse de la largeur et de la profondeur de plein bord

2.3.2.1. LARGEUR DE PLEIN BORD

La largeur à plein bord est l'une des variables géomorphologiques les plus intéressantes. Elle exprime souvent l'ampleur des actions d'aménagements entreprises par l'Homme (recalibrage, curage...) Elle peut en outre avoir une importante signification biologique puisqu'elle exprime de manière simplifiée la « capacité d'accueil » du milieu aquatique.

Lors des relevés de terrain, les largeurs de plein bord au niveau des radiers ont été mesurées. Ainsi sur l'ensemble de secteur élargi, ce sont 19 mesures de largeur de plein bord qui permettent de caractériser cette variable sur le Dessoubre.

La largeur de plein bord oscille entre 25 à 50 m sur tout le parcours du Dessoubre, avec une moyenne autour de 32.7m. Notons que la largeur de plein bord est plus réduite en amont de l'ouvrage de la Voyèze, avec une moyenne de l'ordre de 26m, puis qui tend à s'élargir pour atteindre 36m en amont de l'ouvrage de Fleurey, avec un maximum de 47 m (radier en amont de la zone de retenue de l'ouvrage de Fleurey). Dans le secteur de Neuf-Gouffre, la largeur de plein bord s'équilibre vers 32 m.

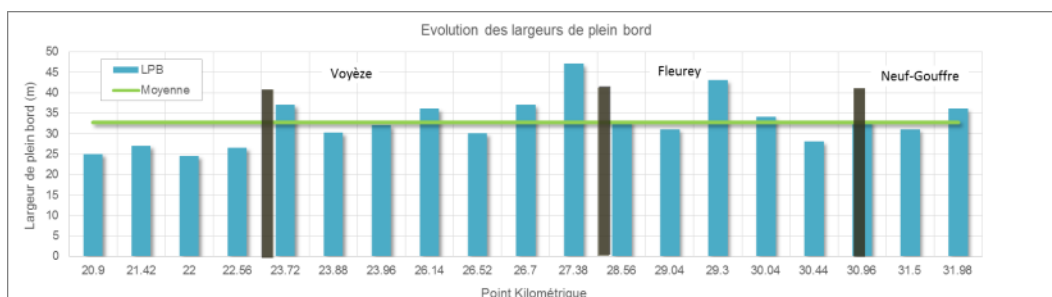


Fig. 12. Evolution de la largeur de plein bord

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des largeurs à plein bord et hauteurs de berge N°1

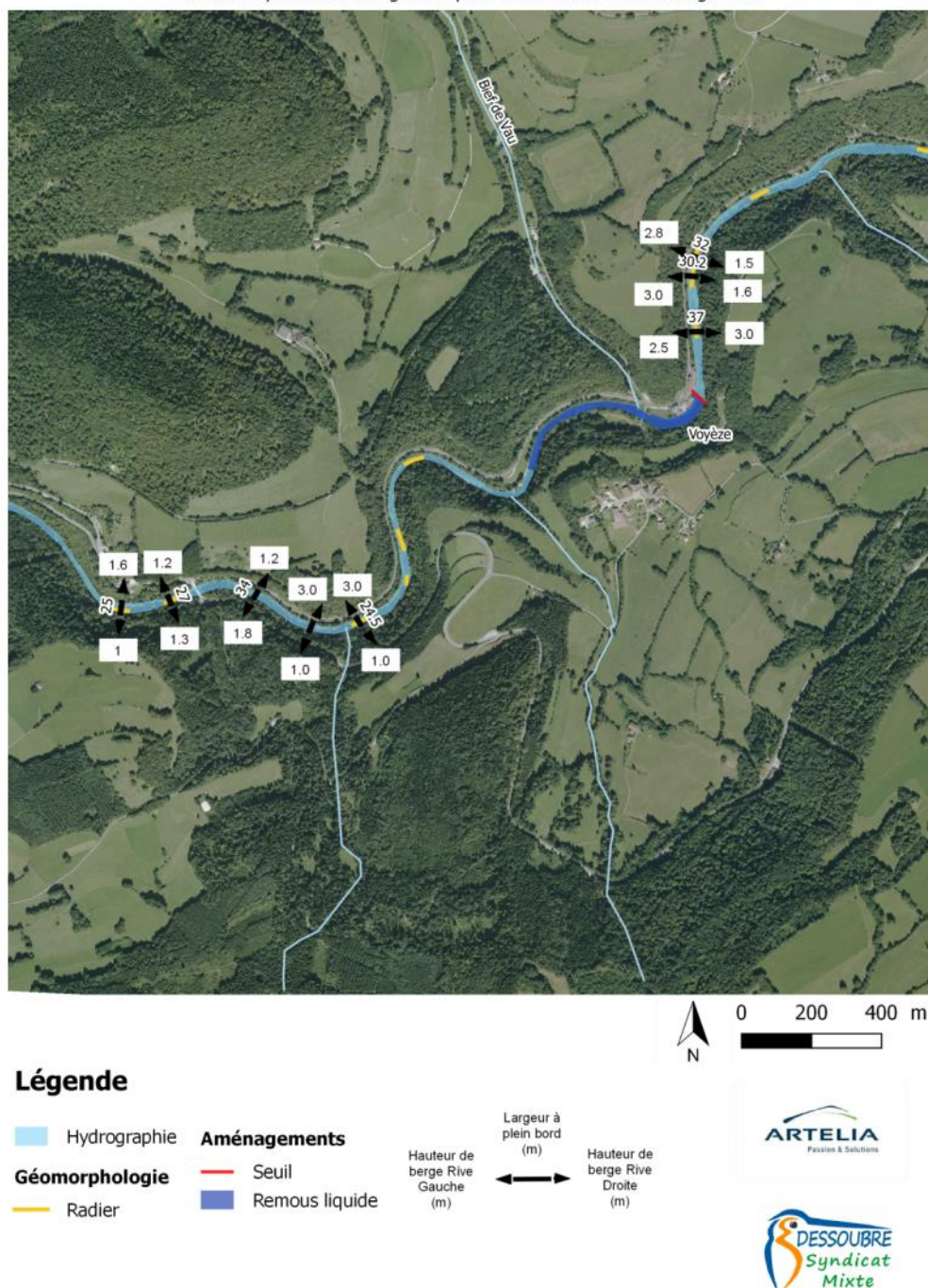


Fig. 13. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des largeurs à plein bord et hauteurs de berge N°2

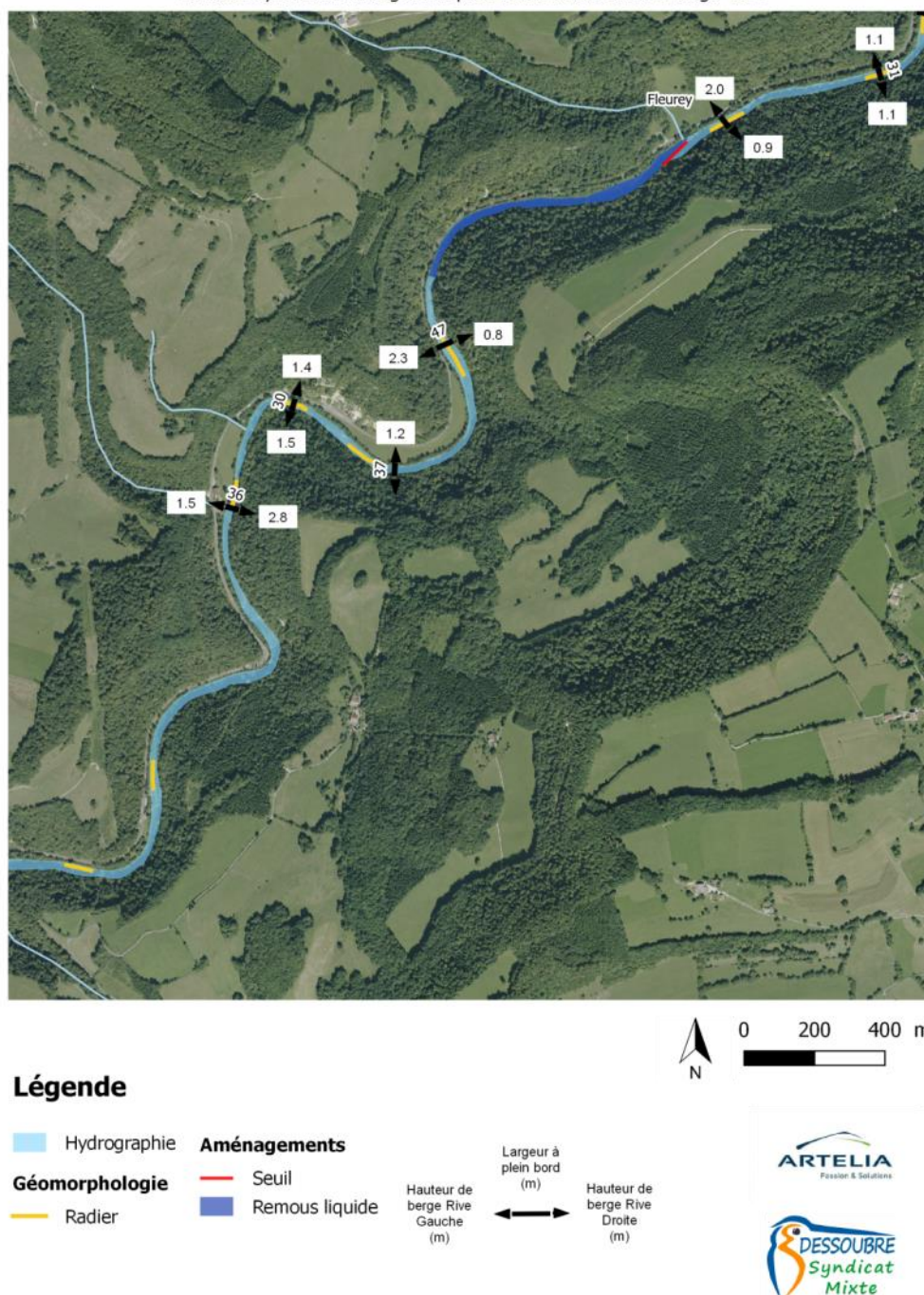


Fig. 14. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de Fleurey

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte de synthèse des relevés de terrain N°3

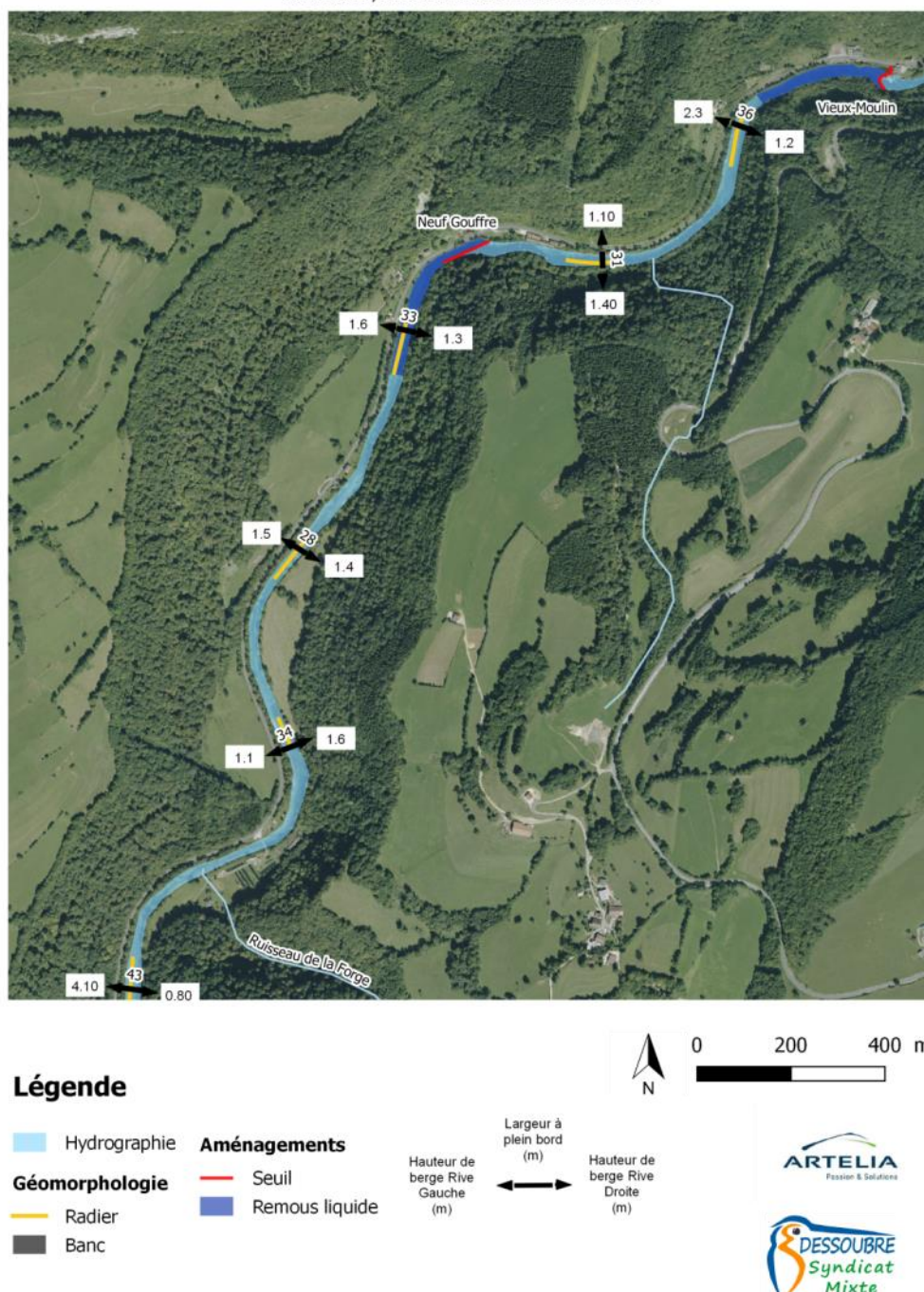


Fig. 15. Carte de localisation des largeurs de plein bord – Seuil de Neuf-Gouffre

2.3.2.2. PROFONDEUR DE PLEIN BORD

La profondeur ou hauteur à plein bord correspond à la différence verticale entre le niveau du point d'inflexion de la berge la plus basse, permettant de passer du lit mineur au lit majeur, et le niveau de l'eau.

De la même manière, sur chaque radier, la hauteur à plein bord a été mesurée, soit 19 mesures sur le périmètre élargi.

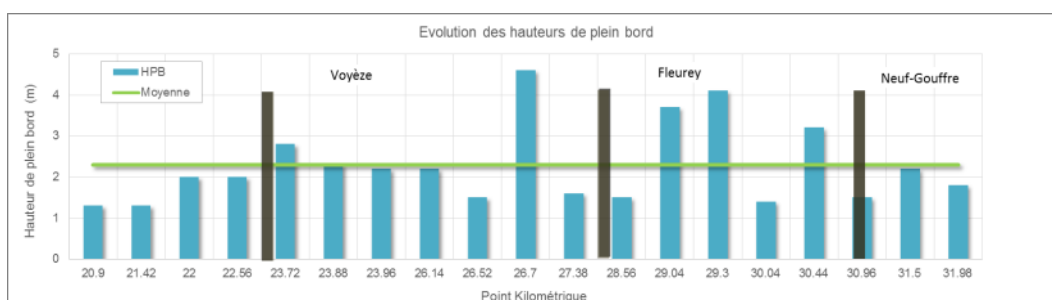


Fig. 16. Evolution de la hauteur de plein bord

La hauteur de plein bord oscille entre 1.3 et plus de 4 m. Les fortes hauteurs de berges sont dues à la présence constante du versant en rive droite, et plus ponctuellement en rive gauche, lorsque la route est relativement proche de la rivière. La hauteur moyenne est de 2.3 m.

2.3.2.3. RAPPORT LARGEUR/PROFONDEUR DE PLEIN BORD

Le rapport de la largeur (L) sur la profondeur (p) moyenne à pleins bords est une caractéristique géométrique intéressante à plusieurs titres.

D'un point de vue hydromorphologique, c'est un paramètre typologique indicateur de l'activité géodynamique d'un cours d'eau.

Ainsi, les cours d'eau à dynamique plutôt active, caractérisés par des processus érosifs latéraux importants et des apports solides assez élevés, ont des rapports L/p plutôt forts (vingt ou plus).

Les rivières en tresses ont souvent des rapports L/p proches de ou supérieurs à cent.

En moyenne, le rapport L/p est de 14, ce qui est caractéristique une dynamique du cours d'eau plutôt faible. Ponctuellement, le rapport atteint des valeurs supérieures à 20, ce qui traduit une dynamique localement plus intense.

2.3.3. Analyse du profil en long

Un profil en long du Dessoubre ciblé sur les ouvrages hydrauliques à l'étude et leurs retenues associées a été relevé courant juin 2018, soit :

- Un profil en long de l'ouvrage de la Voyèze : 900 m ;
- Un profil en long de l'ouvrage de Fleurey : 1370 m ;
- Un profil en long de l'ouvrage de Neuf-Gouffre : 875 m.

Au-delà, quatre profils en travers au niveau du ruisseau de Fleurey avec un profil en long. Les profils en travers du Dessoubre seront caractérisés par les relevés topographiques réalisés par le bureau d'étude TELEOS :

- Huit profils en travers pour l'ouvrage de la Voyèze ;

- Neuf profils en travers pour l'ouvrage de Fleurey ;
- Neuf profils en travers pour l'ouvrage de Neuf-Gouffre.

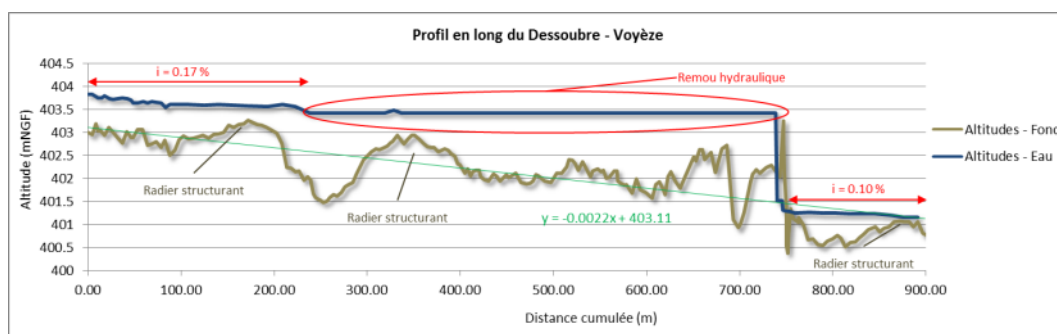


Fig. 17. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de la Voyèze

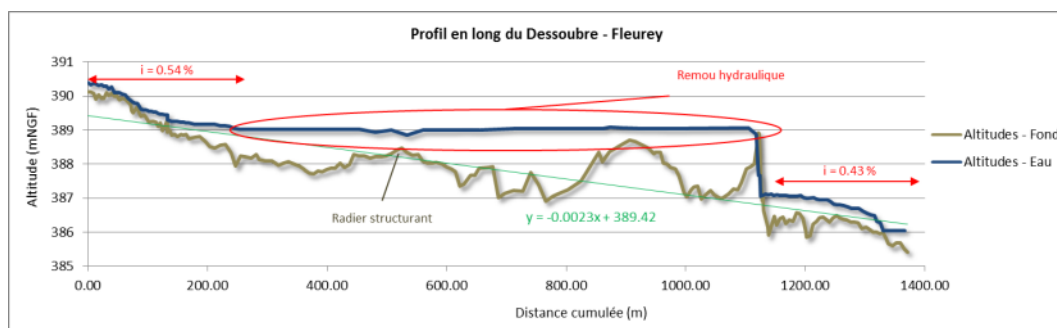


Fig. 18. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de Fleurey

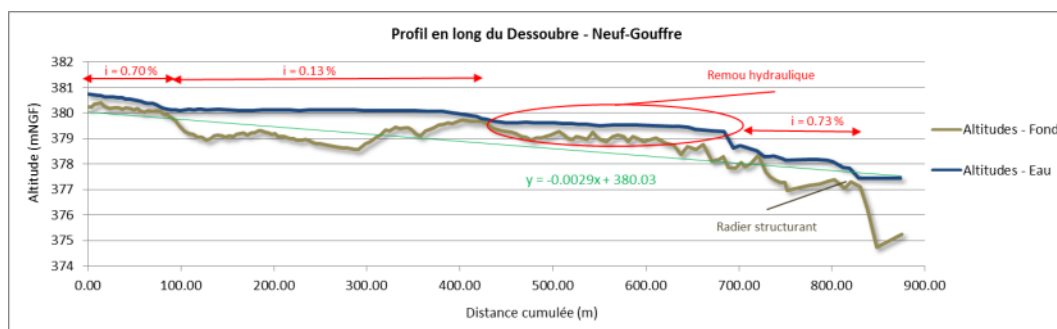


Fig. 19. Profil en long du fond du lit du Dessoubre – ouvrage de Neuf-Gouffre

A la lecture de ces profils, et en dehors de quelques aberrations topographiques constatées, la pente moyenne du fond de la rivière sur ce tronçon est voisine de 0.25%. De plus, ils confirment l'impact du remous liquide des ouvrages hydrauliques :

- Ouvrage de la Voyèze : 550 à 600 m ;
- Ouvrage de Fleurey : 880 à 900 m ;
- Ouvrage de Neuf-Gouffre : 250 à 300 m.

En l'absence de données comparatives anciennes, il est difficile de statuer quant à l'état d'équilibre morphodynamique.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En complément, une approche de la pente d'équilibre par le paramètre de Shields, menée à partir des données de terrain et de calculs hydrauliques, a été réalisée.

Le critère de Shields permet d'évaluer la capacité de mise en mouvement des sédiments présents. Il est déterminé par la formule suivante :

$$\tau^* = \frac{\tau}{g(\rho_s - \rho)D} \approx \frac{hJ}{1.65D}$$

Toute rivière possède un seuil de critère de Shields en-deçà duquel l'équilibre du fond du lit est assuré, il est appelé le critère de Shields critique. La valeur de référence pour une rivière naturelle à graviers, d'après Recking (2009), est 0.045 pour une granulométrie uniforme. D'après Parker (1982) sur les rivières à graviers à granulométrie étendue, le début de mise en mouvement est envisageable à partir de la valeur de 0.088, et la destruction de l'armurage à partir de 0.138.

Ainsi, lorsque le critère de Shields d'un tronçon de rivière dépasse le seuil critique, la mobilisation des sédiments est active, il y a donc transport par charriage, réajustement des éléments pour un retour à l'équilibre.

Dans le cas présent, les tests effectués sont présentés dans les tableaux suivants :

Tabl. 5 - Analyse du paramètre de Shields

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Débit connexion lit moyen	14	0.050	0.002	1.0	0.024	NON - Pas de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.050	0.0025	2.2	0.067	Pas ou peu de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.045	0.0025	1.0	0.034	NON - Pas de mobilisation
Débit connexion lit moyen	14	0.045	0.0025	2.2	0.074	Pas ou peu de mobilisation

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Crue biennale	130	0.050	0.0025	2.1	0.064	Pas ou peu de mobilisation
Crue biennale	130	0.050	0.0025	3.0	0.091	Mobilisation possible
Crue biennale	130	0.045	0.0025	2.1	0.071	Pas ou peu de mobilisation
Crue biennale	130	0.045	0.0025	3.0	0.101	Mobilisation possible

Débit	Valeur Débit (m3/s)	Diamètre médian matériaux (d50 en m)	Pente moyenne de la ligne d'énergie (m/m)	Hauteur d'eau (m)	Critère de Shields	Mise en mouvement théorique des matériaux du fond
Q50	200	0.050	0.0025	2.7	0.082	Pas ou peu de mobilisation
Q50	200	0.050	0.0025	3.9	0.118	Mobilisation possible
Q50	200	0.045	0.0025	2.7	0.091	Mobilisation possible
Q50	200	0.045	0.0025	3.9	0.131	Mobilisation possible

A la lecture de ces tableaux, et partant de l'hypothèse que le diamètre médian issu de nos mesures granulométriques caractérise la couche d'armurage de surface, la mise en mouvement de la couche de surface est envisageable au-delà de la crue biennale et plus particulièrement au droit des mouilles, qui constituent le faciès préférentiel pour la mobilisation des sédiments (Malavoi, 1989).

Sur la base de ces données, la pente moyenne de la rivière semble globalement en équilibre avec sa charge solide et ses capacités morphodynamiques. A noter que ces données chiffrées restent issues de formules théoriques qui, malgré de nombreux ajustements au cours des années, possèdent encore une certaine marge d'erreur liée à la difficulté de modéliser les phénomènes de transport solide sur les cours d'eau.

2.4. ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE

2.4.1. Activité morpho-sédimentaire

2.4.1.1. NOTION D'APPORTS SOLIDES

Au-delà de la seule capacité de transport solide d'une rivière, se pose la question des apports sédimentaires morphologiquement intéressants, c'est-à-dire la charge plus ou moins grossière susceptible d'être transportée par charriage (sables grossiers, graviers, galets), en opposition avec la charge fine plus ou moins organique transportée en suspension (limons, vases, sables).

En effet, pour un transit sédimentaire actif, l'hydrosystème doit disposer d'apports en matériaux et d'une capacité suffisante pour les transporter :

- Des apports externes :
 - Production primaire : il s'agit des apports en sédiments grossiers parvenant directement au cours d'eau (écoulement, reptation, glissement), comme par exemple des éboulis de pente, des glissements de terrain, ... ;
 - Production secondaire : il s'agit des apports des affluents.
- Des apports internes :
 - Stock en lit mineur comme le matelas alluvial en fond de lit mineur ;
 - Stock en lit majeur et terrasses : il s'agit d'apports externes se faisant par le biais d'érosions latérales.

Concernant notre secteur d'étude, des apports sont présents en lien avec la géologie du bassin versant et de la morphologie du Dessoubre, tout en demeurant peu conséquents :

- Des apports externes faibles avec une production primaire en éléments grossiers qui reste limitée et des affluents peu productifs. On retrouve néanmoins de très gros blocs dans le lit mineur du Dessoubre qui témoignent d'apports ponctuels liés à des éboulis rocheux ou mis à nus par l'écoulement des eaux ;
- Des apports internes potentiellement intéressants en lien avec un stock de matériaux alluvionnaires ancien : remplissage du fond de vallée par des alluvions anciennes constituées de cailloux et des matériaux plus récents, fins et cohésifs. Dans le lit mineur on retrouve notamment des éléments assez grossiers (galets) et beaucoup d'éléments fins (sables grossiers). Le fond de vallée est constitué d'alluvions alimentées annuellement par une charge solide estimée entre 1300m³ et 3900m³ (Malavoi 2006).



Fig. 20. Fond du lit du Dessoubre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Malgré cela, la dynamique alluviale de ce cours d'eau apparaît comme faible en lien avec une structure géomorphologique relativement contrainte (vallée encaissée, secteurs de gorges, protection de berge) et les principaux éléments transportés sont des sables grossiers (transport en partie en suspension) et des graviers par charriage. La charge très grossière de galets apparaît comme mobile en l'absence de pavage ou de colmatage mais selon une dynamique très lente et donc peu visible, à notre échelle.

Notons que des affleurements rocheux calcaires ont pu être observés le long de notre secteur d'étude.



Fig. 21. Affleurements rocheux

2.4.1.2. OBSERVATIONS DE TERRAIN ET IMPACT DES OUVRAGES

Le Dessoubre présente les caractéristiques d'un cours d'eau peu dynamique, ce qui transparaît sur plusieurs aspects :

- Le lit est stable et non chenalisé ;
- Le fond du lit est plat et les alluvions sont encore constituées de blocs moyens et de galets et de sables issus du calcaire ;
- Le matelas alluvial est de faible épaisseur. Les alluvions sont de natures calcaires. Le stock de matériaux alluvionnaire est limité, il y a peu de bancs de sédimentation ;
- On ne note pas d'annexe hydraulique, de chenaux de crue notables ou d'érosion significative (piles de ponts, berges, etc), néanmoins une incision de 0.5 à 1.00m est visible le long du secteur d'étude.

L'impact de l'ouvrage sur le transit sédimentaire a pu être appréhendé lors des visites de terrain par comparaison des caractéristiques sédimentaires des tronçons influencés par l'ouvrage et des tronçons non influencés. Les observations sont les suivantes :

- En dehors des zones d'influence des ouvrages :
 - Le Dessoubre présente des fonds grossiers, constitués d'une matrice de blocs et de cailloux/galets. La granulométrie du Dessoubre est complétée par du sable grossier issu des versants. Globalement, les fonds apparaissent très stables et même figés ;
 - Le transit par charriage apparaît limité et surtout très lent sur ce cours d'eau au regard de la granulométrie des matériaux constitutifs du fond. En revanche, des accumulations de sables grossiers sont ponctuellement visibles. Déposés lors des crues, ils témoignent du transit de ces matériaux fins dans le Dessoubre.

- Dans la zone d'influence de l'ouvrage :
 - Dans le remous de l'ouvrage, le fond du lit se compose principalement de sédiments grossiers sur l'amont qui apparaissent durs et stables. Malgré l'ancienneté de l'ouvrage, le degré de comblement de la retenue est faible. Ceci peut s'expliquer par des curages de la retenue, un transit sédimentaire faible et des apports réduits, un transit de sables en suspension et des ouvrages peu impactants car rapidement noyés ;
 - Au droit de la partie supérieure des déversoirs (Neuf-Gouffre et Fleurey), des accumulations de sédiments grossiers sont observées. Ces matériaux apparaissent comme mobilisables. A l'aval des déversoirs, des accumulations de ces mêmes éléments grossiers sont d'ailleurs retrouvées ainsi que des dépôts de sables grossiers. Ces observations témoignent de la transparence de l'ouvrage vis-à-vis du transit sédimentaire.



Fig. 22. Accumulations des graviers/sables en amont et en aval de Neuf-Gouffre



Fig. 23. Accumulations des graviers/sables en amont et en aval de Fleurey

Les mesures granulométriques de surface réalisées sur les radiers selon la méthode de Wolman (échantillon global de près de 790 mesures) ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Un diamètre moyen D50 compris entre environ 39 mm et environ 59 mm sur le secteur d'étude ;
- Sur l'ensemble du secteur étudié, la charge de fond se caractérise par des particules au diamètre moyennement variable (résultats du rapport D90/D30) : les valeurs obtenues sont respectivement comprises entre 2.88 et 5.99. On constate un tri granulométrique des

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

particules plus prononcé à l'amont de l'ouvrage de Fleurey, ce qui pourrait traduire un léger décapage du substrat ;

	Voyèze		Fleurey		Neuf-Gouffre	
Diamètre (mm)	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Dm	39.41	45.90	59.06	48.36	58.43	49.12
10	8.01	18.04	17.10	7.50	14.36	8.59
30	18.44	27.01	37.46	18.64	23.69	20.63
50	31.40	39.90	50.91	34.21	43.01	42.74
90	91.73	82.74	108.05	111.62	121.22	95.89
D90/D30	4.97	3.06	2.88	5.99	5.12	4.65
Dmax	155.00	154.40	203.00	195.00	195.00	132.11

Fig. 24. Synthèse des résultats de l'analyse granulométrique par la méthode de Wolman – Comparaison des tronçons amont/aval

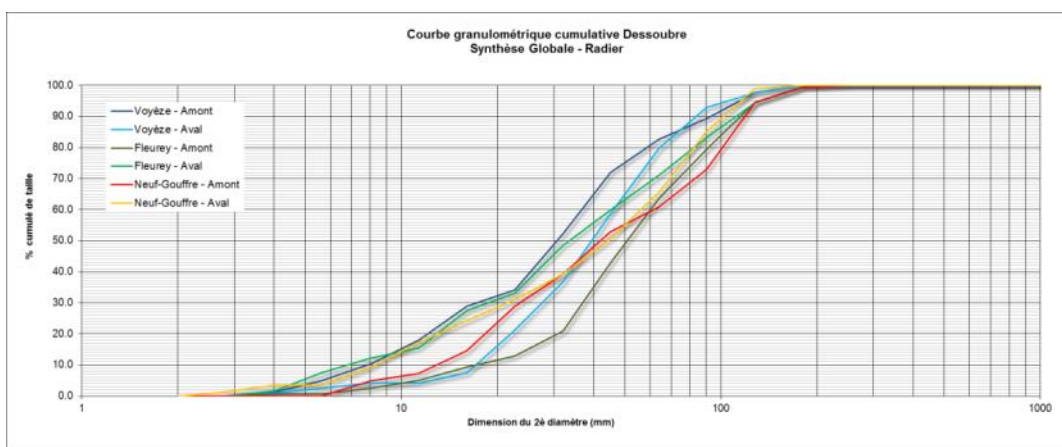


Fig. 25. Synthèse des courbes granulométriques cumulatives - radiers

En complément de cette analyse, nous nous sommes intéressés à l'évolution des diamètres médians, le D30, le D90 et la largeur de plein bord, ce qui nous permis d'aboutir à la courbe suivante :

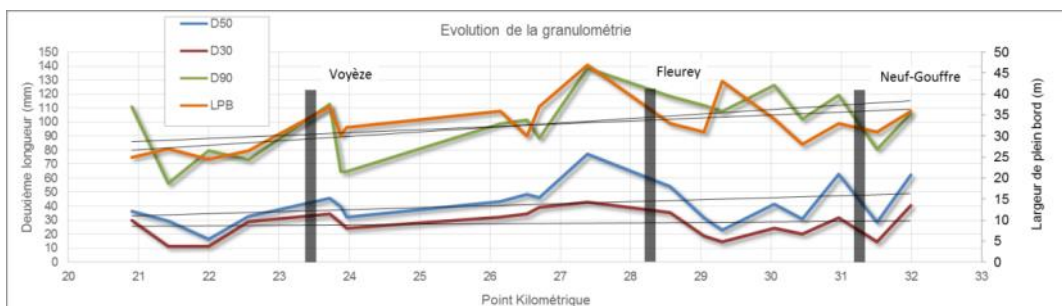


Fig. 26. Evolution de la granulométrie des radiers sur le profil en long du Dessoubre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

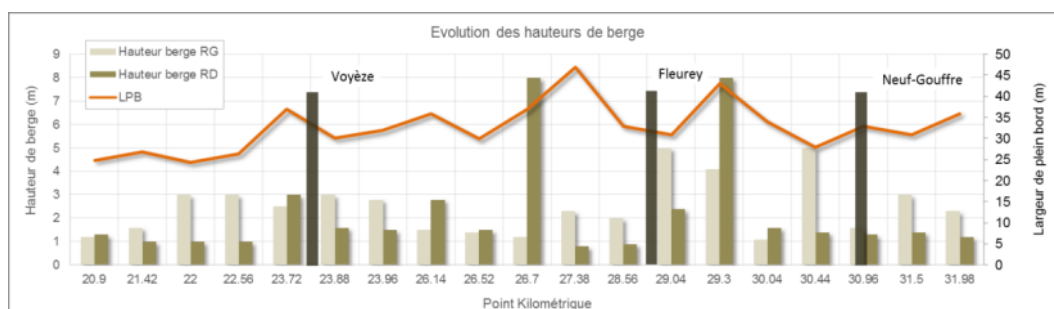


Fig. 27. Evolution des hauteurs de berges sur le profil en long du Dessoubre

Sur le graphique précédent, chaque couple (D30, D50, D90 et LPB) pour un PK donné correspond à une mesure réalisée sur un radier, soit 19 mesures. En termes d'évolution des fonds, peu d'ajustements semblent avoir eu lieu, les données relatives à la morphologie du lit apparaissent semblables entre les secteurs avec des largeurs de plein bord comprises entre 25 et 50 m.

Cette stabilité de la morphologie du lit mineur d'amont en aval s'explique logiquement par une relative stabilité du lit mineur et par un impact des ouvrages sur le transit sédimentaire très réduit, on notera tout de même un léger impact sur la granulométrie, qui tend à augmenter suivant la pente du profil en long.

En termes de reprise d'érosion et d'ajustements latéraux, le même constat est dressé. Le lit apparaît stable en plan, avec des berges cohésives et enrochées.

Les principales conclusions relatives au transit sédimentaire sont les suivantes :

- Le transit sédimentaire du Dessoubre par charriage est très limité en lien avec des apports réduits et des capacités de transport des matériaux constitutifs du lit fortement limités du fait d'une granulométrie importante. Les seuls éléments visiblement mobiles sont des sédiments fins (sables) transportés en partie en suspension.
- Les retenues des ouvrages apparaissent en conséquence peu remplies ;
- Les dépôts observés en aval des ouvrages sont composés des éléments retrouvés dans la retenue. Ils indiquent un transit sédimentaire actif malgré la présence des ouvrages ;
- La stabilité de la granulométrie des matériaux du lit en amont et en aval des ouvrages hydraulique traduit l'absence réelle de rupture granulométrique qu'aurait pu induire les ouvrages ;

Ainsi, il est possible de dire que les ouvrages hydrauliques ont un impact réduit sur le piégeage de sédiment et sont relativement transparents vis-à-vis du transit sédimentaire. En termes de morphologie du lit, les conséquences des ouvrages hydrauliques ressortent insignifiantes, en lien avec un transit sédimentaire réduit et avec un impact quasi-nul, une dynamique intrinsèque naturellement faible et une stabilité longitudinale et latérale du lit mineur.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de la Voyèze

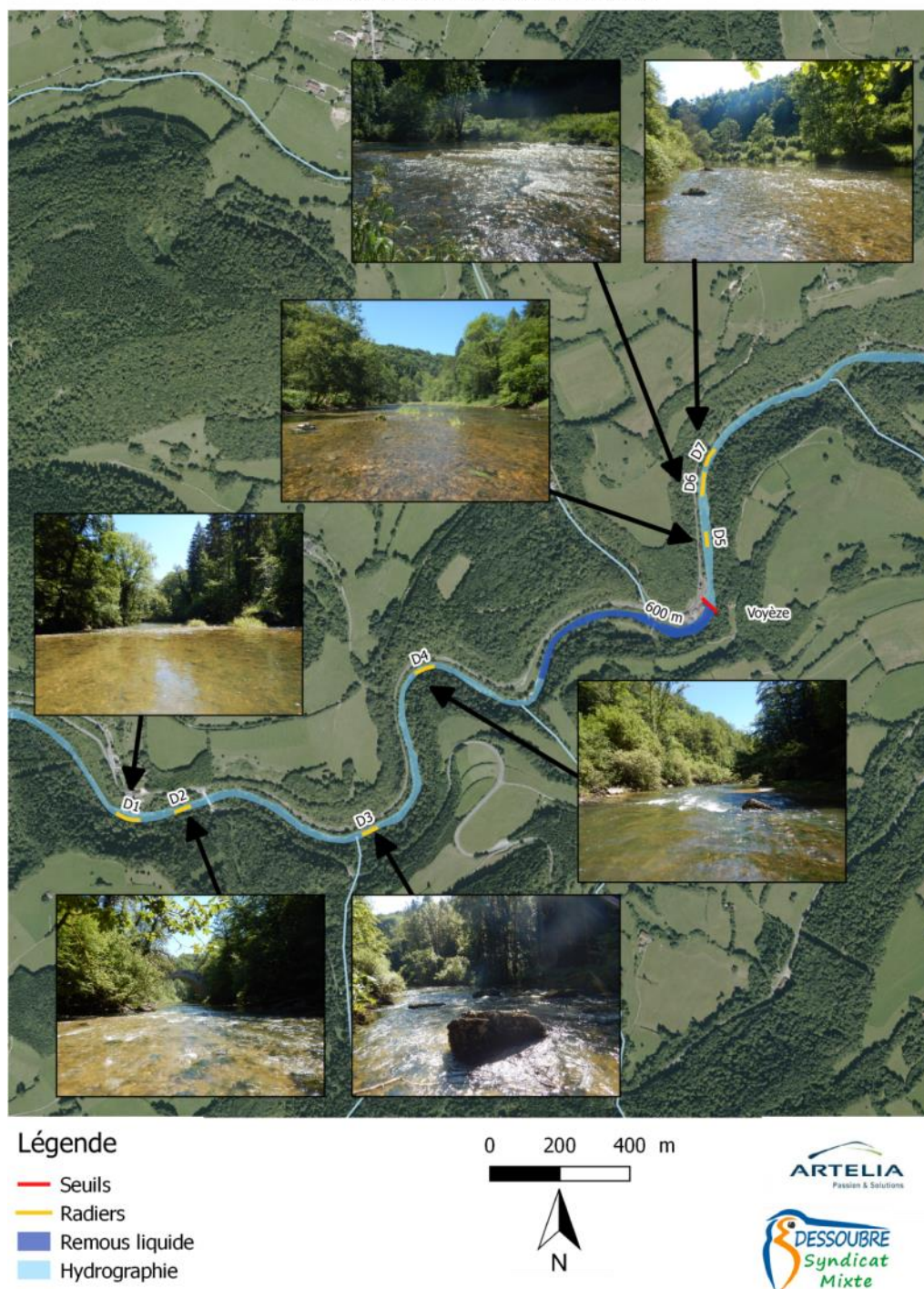


Fig. 28. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de Fleurey

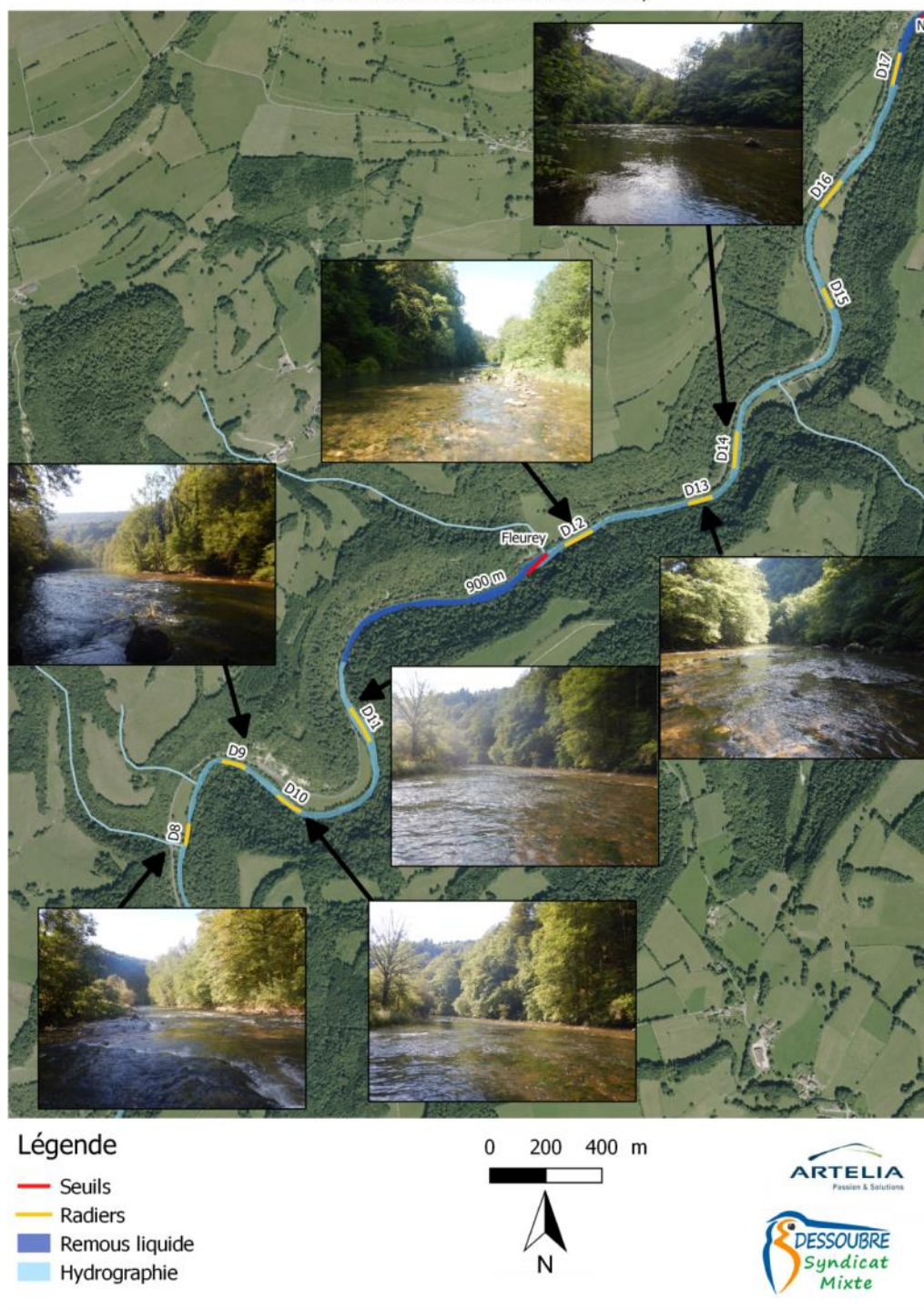


Fig. 29. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de Fleurey

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des radiers à l'étude : seuil de Neuf-Gouffre

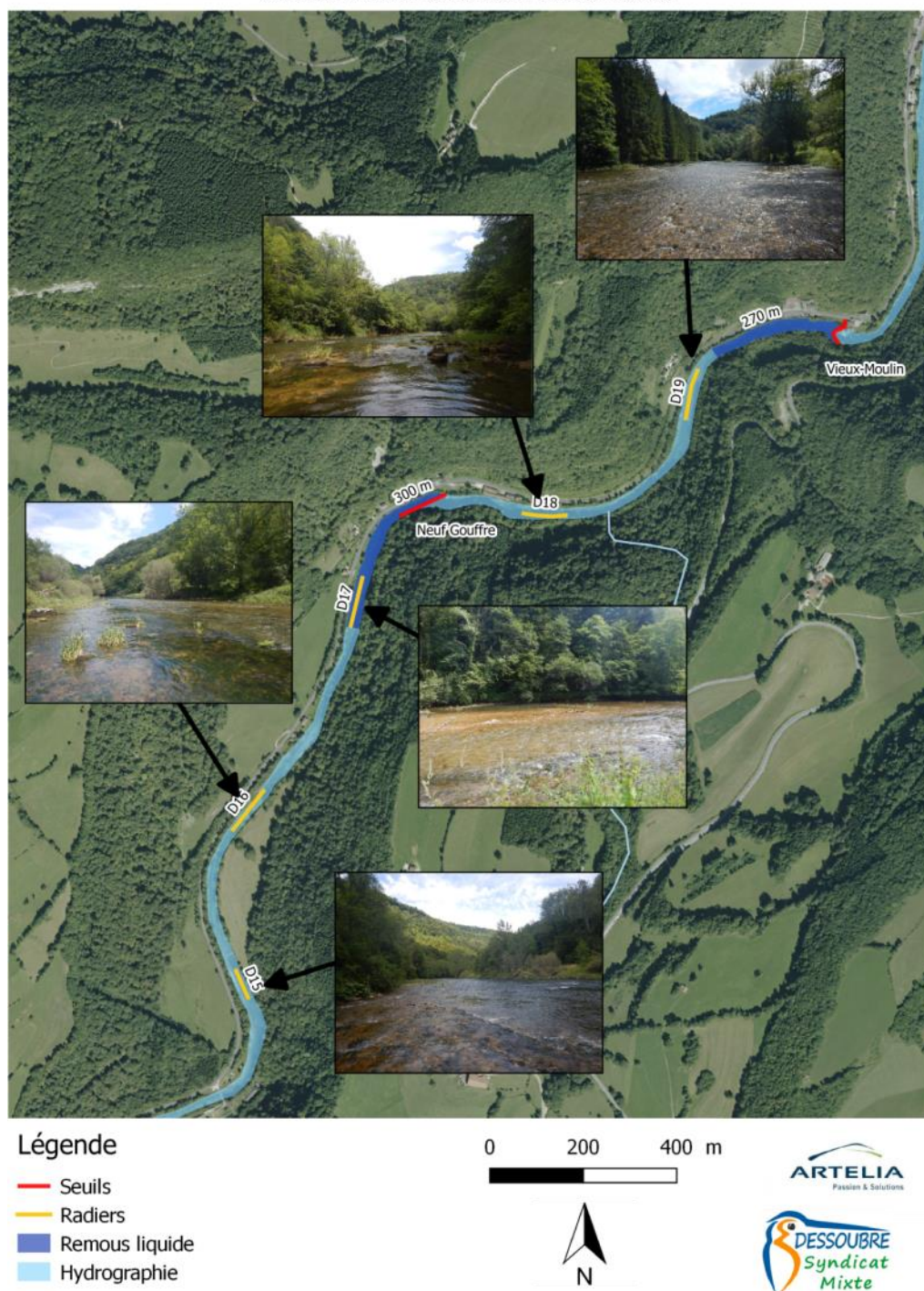


Fig. 30. Carte de localisation des mesures granulométriques – Seuil de Neuf-Gouffre

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

2.4.1.3. CAPACITES DE CHARRIAGE

Nous avons réalisé des mesures granulométriques de surface sur des accumulations sédimentaires. A noter que les mesures effectuées incluent l'armurage certain en surface. Même si la granulométrie dans la masse serait inférieure, ces mesures nous permettent d'appréhender la capacité de mobilisation effective de la charge, et donc de destruction de la couche d'armurage.

Les mesures ont été réalisées de façon aléatoire sur la base du protocole de Wolman. Le long d'un décamètre, nous avons mesuré la deuxième plus grande dimension de sédiments grossiers prélevés à pas fixe.



Fig. 31. Bacs alluviaux échantillonnés

A noter que les bacs échantillonnés présentaient des caractéristiques granulométriques comparables, avec des sédiments grossiers mesurés situés à proximité immédiate du lit mouillé et facilement mobilisables.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux suivants :

Tabl. 6 - Synthèse des mesures granulométriques (en mm)

Diamètre (mm)	PT 973	PT 961
Dm	15.50	33.87
10	7.53	5.83
30	11.49	17.58
50	14.15	29.06
84	24.45	58.77
90	26.15	69.58
Rapport D90/D30	2.28	3.96
Dmax	34.77	140.14

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

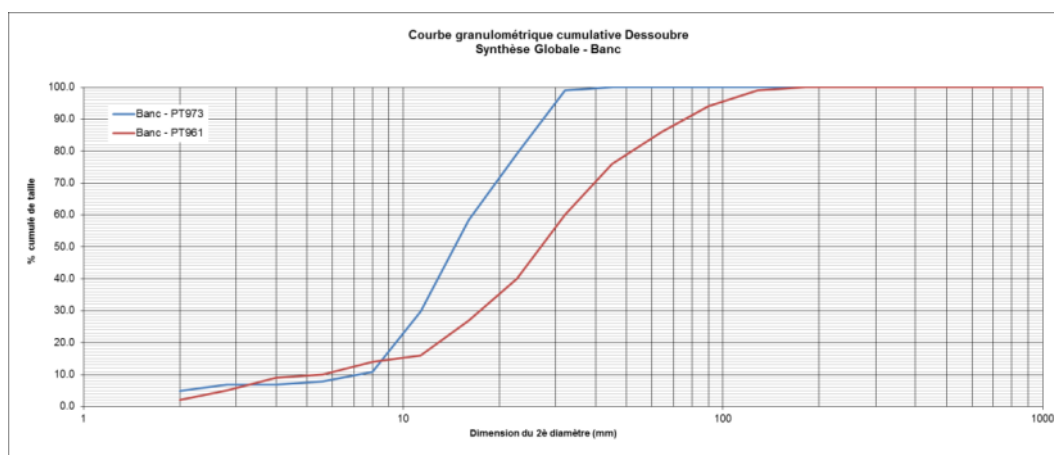


Fig. 32. Synthèse des courbes granulométriques cumulatives - banc

A partir de ces données, nous avons procédé à une estimation des capacités de transport solide par charriage à partir des formules de Lefort, 2015 et Recking, 2013. Les résultats obtenus varient entre les valeurs suivantes :

- Débit de mobilisation de la charge de fond (ou charriage total) de l'ordre de 70 à 100m³/s (crue biennale) ;
- Capacité transit sédimentaire par charriage de l'ordre de 500 à 1000 m³/an.

2.4.2. Capacités d'ajustement morphologique

2.4.2.1. PUISSANCE SPECIFIQUE

La puissance d'un cours d'eau est la quantité d'énergie que possède l'écoulement pour transporter sa charge sédimentaire et qui doit être absorbée par friction. Si l'énergie est non suffisante pour transporter la charge sédimentaire, les sédiments se déposeront au fond du cours d'eau. Si l'énergie ne peut être absorbée par friction, le fond du cours d'eau et/ou le talus seront érodés par l'écoulement.

La puissance peut être définie comme la puissance brute (Ω) : $\Omega = \rho \, g \, Q_b \, S$

Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹)

ρ = masse spécifique de l'eau (1000 kg m³)

g = accélération gravitationnelle (9,8 m s⁻²)

Q_b = débit plein bord (m³ s⁻¹)

S = pente du cours d'eau (m m⁻¹)

La puissance spécifique (ω) est calculée comme suit : $\omega = \Omega / l$

ω = puissance (watt/m²)

Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹)

l la largeur du lit pour le débit de plein bord (m)

En fonction des secteurs et des profils en travers, la puissance spécifique calculée pour le débit de plein bord varie entre 80 et 300 W/m², ce qui correspond à des niveaux de puissance élevées et synonymes de capacité théorique d'ajustement du fait du dépassement du seuil bibliographique de 35 W/m² (Brooke, 1988).

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Tabl. 7 - Calcul des puissances spécifiques du Dessoubre

Localisation	N° Profil	Puissance spécifique (W/m ²)
Voyèze	T8	105.9
	T5	131.9
	T3	88.9
	T1	165.8
Fleurey	T8	141.8
	T6	99.7
	T3	141.1
	T1	114.4
Neuf-Gouffre	T8	85.2
	T6	130.4
	T3	257.5
	T1	305.4

2.4.2.2. FORCES TRACTRICES

Pour chaque profil en travers, les forces tractrices ont été calculées. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tabl. 8 - Calcul des forces tractrices du Dessoubre sur le secteur d'étude

Localisation	N° Profil	Force tractrice (Pa)
Voyèze	T8	42.6
	T5	51.3
	T3	36.6
	T1	58.5
Fleurey	T8	50.0
	T6	49.3
	T3	50.4
	T1	45.4
Neuf-Gouffre	T8	39.6
	T6	46.4
	T3	70.2
	T1	81.3

A la lecture de ce tableau, les forces tractrices varient entre 30 et 80 N/m², ce qui constitue également un niveau modéré mais qui traduit néanmoins de réelles capacités d'érosion de berge. Néanmoins, ces forces tractrices restent insuffisantes pour altérer des protections de berges en enrochements mises en œuvre sur l'ensemble du secteur d'étude.



Fig. 33. Erosion de berges

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

2.4.2.3. SYNTHÈSE

Les paramètres précédemment calculés témoignent de réelles capacités d'ajustement morphologique du Dessoubre. Cette analyse théorique est ici pleinement cohérente avec les observations faites sur le terrain. Or le Dessoubre, sur le secteur d'étude, est une rivière qui est contrainte par les protections de berge en enrochement et par les versants.

2.5. CONSTAT D'EQUILIBRE ET TENDANCE EVOLUTIVE**2.5.1. Profil en long**

De façon générale, ne disposant que de peu d'élément de comparaison, seule la tendance d'incision du fond du lit du Dessoubre est constatée, par les observations de terrain. Dans le respect du fonctionnement hydraulique et morphodynamique actuel, cette tendance ne devrait logiquement pas s'aggraver. Le Dessoubre entretient un certain équilibre morphologique, garant du fonctionnement de l'hydrosystème.

2.5.2. Mobilité latérale

Nous avons pu constater que la mobilité latérale du lit du Dessoubre reste très limitée, voire même figée. En effet, le cours d'eau s'écoule dans un contexte de gorge avec des protections de berges assez importantes, ce qui limite la mobilité latérale. Après restauration de la continuité écologique du Dessoubre, il n'est pas attendu que la mobilité du Dessoubre soit active.

2.5.3. Zoom sur les risques induits par le dérasement des ouvrages

Rappelons que le projet prévoit le dérasement des ouvrages hydrauliques (Voyèze, Fleurey et Neuf-gouffre) pour restaurer la continuité écologique au droit des ouvrages mais aussi pour restaurer de la qualité physique du Dessoubre dans la zone de retenue d'eau actuelle.

Le retour à un point d'équilibre, en cas de dérasement, dépend d'une part de l'importance de l'impact et d'autre part également de la capacité du cours à s'ajuster.

Les différentes approches (théorique et terrain) mettent l'accent sur la relative stabilité du lit du Dessoubre. Le transit sédimentaire du Dessoubre par charriage est très limité en lien avec des apports réduits et des capacités de transport des matériaux constitutifs du lit fortement limités du fait d'une granulométrie importante. Les retenues des ouvrages apparaissent en conséquence peu remplies et la stabilité de la granulométrie des matériaux du lit d'amont en aval traduit l'absence d'impact significatif des ouvrages.

En l'absence d'incidence sur le transit sédimentaire, peu d'ajustements morphologiques sont à attendre suite aux effacements des trois ouvrages. Les pentes d'équilibres du Dessoubre, suivant les secteurs sont d'ores déjà atteintes.

Les ajustements possibles seront localisés au niveau des ouvrages hydrauliques et les matériaux pourront être mobilisés au gré des crues, sans incidence majeure sur le cours d'eau. Après effacement, quelques radiers structurant le profil en long pourront apparaître.

En revanche, les enjeux tels que les ponts, les routes et le bâti avec les murs de soutènement devront être pris en compte dans le dimensionnement des aménagements.

2.6. CONCLUSION SUR LA COMPOSANTE GEOMORPHOLOGIQUE

En fonction des principes précédemment avancés, il est aisément possible de convenir que l'ensemble du linéaire du Dessoubre est effectivement le siège de dysfonctionnements liés à plusieurs types d'altération.

Toutefois, il est primordial de préciser que ces altérations demeurent, dans le cas du Dessoubre, essentiellement attachées à des **conditions d'habitats et non à de réelles questions d'équilibre d'un point de vue morpho-dynamique, n'empêchant ainsi nullement la rivière de conserver une grande naturalité** (pour mémoire, la vallée du Dessoubre est inscrite dans le périmètre du site Natura 2000 « Les vallées du Doubs, du Dessoubre et de la Reverotte », témoignant du caractère exceptionnel du bassin).

Cette particularité du tronçon de cours d'eau considéré est, à priori, le fruit d'un ensemble de facteur dont les principaux sont :

- La physionomie même de la vallée où les formes du relief ont définitivement influencé le façonnement physique du lit. La morphologie et les caractéristiques globales de la vallée où un cours d'eau s'écoule conditionnent nécessairement les possibilités de mouvement d'un hydrosystème. Dans le cas du tronçon du Dessoubre à l'étude, les formations et contreforts rocheux au sein desquels la rivière s'engage, limitent drastiquement les possibilités de mouvement. Régulièrement, ces structures se confrontent aux écoulements du Dessoubre jusqu'à former des falaises ou talus d'éboulis, surplombant la rivière. Aussi, ces structures constituent de véritables points de fixation du profil en long à travers leur affleurement rocheux. Cette caractéristique de la vallée explique entre autres que le profil en long naturel de la rivière correspond à un profil en « marches d'escalier » ;
- Le caractère des boisements ripicoles et de versant. Les formations pionnières sont rapidement substituées à des boisements à bois durs (frênaie-aulnaie, saulaies, chênaies) aux marges du lit mineur.

Depuis plusieurs siècles et du point de vue du tracé du cours d'eau, les formes générales du lit sont stables, et ce malgré, une puissance spécifique souvent élevée dans l'emprise du secteur d'étude (comprise entre 80 et 300 W/m² selon les profils).

Ces différentes constatations sont d'ailleurs confirmées par :

- Le tracé en plan des principales sinuosités du Dessoubre ;
- L'absence de chenaux de crue ou annexe hydraulique ;
- Le processus d'érosion latérale ralentie par des protections en enrochements ;
- L'âge des végétaux rivulaires.

De façon schématique, les variations physiques du lit du Dessoubre semblent être avant tout produites dans une dimension altitudinale et non latérale, à travers :

- Le prélèvement de sédiments en lit mineur ;
- Le retrait de gros blocs permettant le flottage du bois ;
- Une incision ancienne de 0.5 à 1.0 m qui semble être arrêtée.

Les principales incidences induites par les dérasements des ouvrages justifient de notre point de vue une intervention sur la qualité des habitats futurs dans la zone de retenue et sur le respect des connexions avec les affluents.

3. CONTEXTE HYDRO-ÉCOLOGIQUE

3.1. DESCRIPTION DU PEUPLEMENT ET DES ENJEUX LOCAUX

3.1.1. Classement des cours d'eau

La Loi sur l'Eau et les milieux aquatiques (LEMA, 30 décembre 2006) se substitue aux lois précédentes en matière de classement de cours d'eau. Elle transpose en droit français la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE) qui fixe l'atteinte du bon état pour beaucoup de cours d'eau à l'horizon 2015 (ou 2021 et 2027 en cas de dérogation). La notion de continuité écologique y est particulièrement mise en évidence. Ainsi, elle remet au goût du jour le classement des cours d'eau en identifiant 2 listes (art. L.214-17 du Code de l'Environnement) :

- **Liste 1 : Les rivières à préserver**

Cette liste comporte des cours d'eau, des parties de cours d'eau ou des canaux parmi ceux :

- Qui sont en très bon état écologique ;
- Qui jouent le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ;
- Ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire (fort enjeu migrateur amphihalins reprenant en particulier les axes du PLAGEPOMI).

Sur ces cours d'eau, aucun nouvel ouvrage, s'il constitue un obstacle à la continuité écologique, ne pourra être établi.

Les ouvrages existants sont subordonnés à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique et assurer la protection des poissons migrateurs.

L'aménagement des ouvrages en place pour la restauration des continuités est ici subordonné aux obligations imposées lors du renouvellement d'autorisation/concession.

- **Liste 2 : Les rivières à restaurer**

Cette liste comporte les cours d'eau, les parties de cours d'eau ou les canaux dans lesquels il est nécessaire :

- D'assurer le transport suffisant des sédiments ;
- D'assurer la circulation des poissons migrateurs.

Sur ces cours d'eau, tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté du préfet coordonnateur de bassin.

D'après l'arrêté du 16 Juillet 2013 (mis en application en Septembre 2013) pris par le Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée, le Dessoubre est classé en liste 1 et liste 2.

3.1.2. Contexte piscicole

Les plans départementaux pour la protection du milieu aquatique et la gestion des ressources piscicoles (PDPG) ont instauré un découpage du réseau hydrographique national en **contextes piscicoles**. Un contexte piscicole est défini comme « **une unité spatiale dans laquelle une**

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

population de poissons fonctionne de façon autonome. Il est établi pour une population repère dont les caractéristiques sont la représentativité du domaine et l'éco sensibilité ».

Il en existe trois :

- **Contexte salmonicole** : sont classés en contexte salmonicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, la Truite fario, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte cyprinicole** : sont classés en contexte cyprinicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, le Brochet, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte intermédiaire** : sont classés en contexte intermédiaire les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles permettent de trouver conjointement les deux espèces des contextes cités précédemment. Les espèces repères de ce contexte sont l'Ombre commun et les cyprinidés d'eaux vives.

Le Dessoubre est classé en contexte Salmonicole.

3.1.3. Classement en catégories piscicoles

Le classement des cours d'eau en domaines piscicoles est un classement administratif départemental sur lequel s'appuie la **réglementation halieutique**. Basé principalement sur la typologie des cours d'eau et les peuplements piscicoles en place, il permet de classer les cours d'eau selon deux catégories distinctes :

- La 1ère catégorie piscicole : elle correspond à des cours d'eau où vivent principalement des espèces piscicoles d'eaux vives de type Salmonidés (ex : Truite) ;
- La 2ème catégorie piscicole : elle correspond à des eaux qui abritent majoritairement des populations de poissons de type Cyprinidés.

Ce classement permet avant tout la gestion et l'organisation de la pratique de la pêche de loisir sur le territoire. Il n'est pas représentatif de la qualité des milieux aquatiques et peut être discordant du contexte piscicole : un cours d'eau peut être classé en 2ème catégorie piscicole malgré une typologie caractéristique du contexte salmonicole ou inversement.

Le Dessoubre est une rivière de 1^{re} catégorie tout à fait typique puisqu'il possède un cheptel exceptionnel de truites, d'ombres et d'espèces accompagnatrices.

3.2. PEUPLEMENT PISCICOLE

Le Dessoubre, qui s'écoule au cœur d'une étroite vallée calcaire restée sauvage, possède un potentiel écologique exceptionnel, caractéristique des rivières salmonicoles du piémont Franc-Comtois. La réputation de sa valeur halieutique originelle, associée à un paysage naturel préservé, dépasse ainsi largement le cadre local. Cependant, le développement et la nature des activités anthropiques sur son bassin-versant karstifié, à dominante agricole et forestière, réduisent progressivement l'expression de ce potentiel depuis plusieurs décennies.

3.2.1. Nature du peuplement

Les données collectées sont issues de la Fédération Départementale de la Pêche du Doubs. Celles-ci proviennent d'un diagnostic de la qualité piscicole du Dessoubre et de ses affluents, réalisé en 2011.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

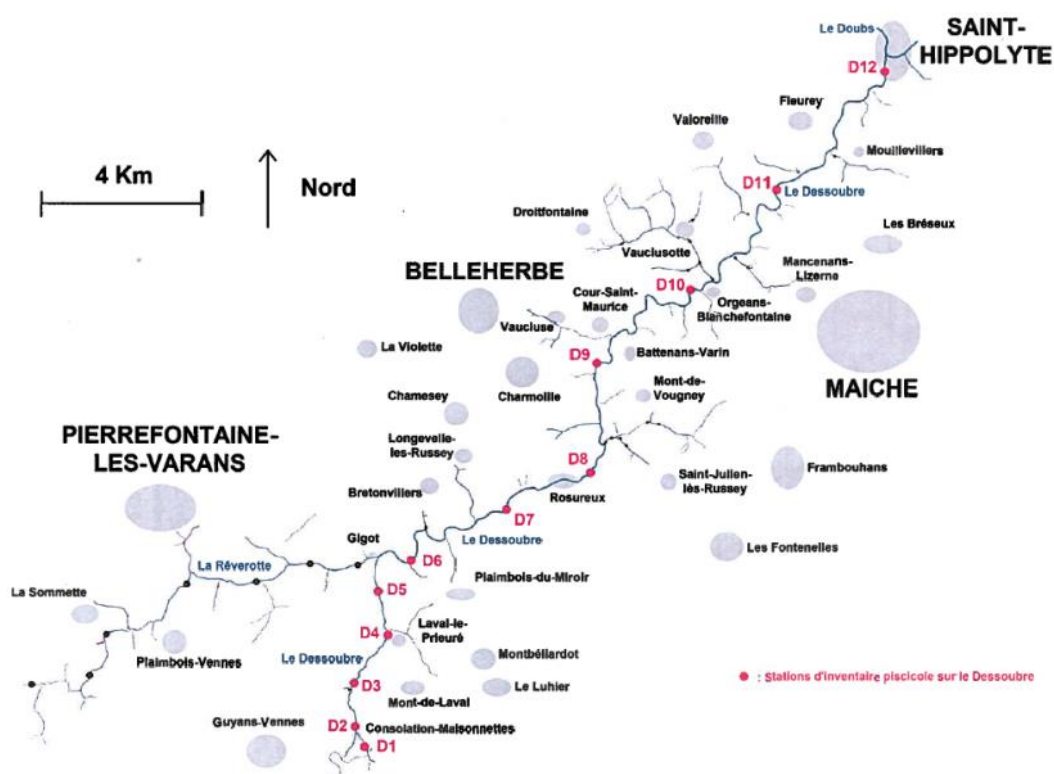


Fig. 34. Localisation des stations d'inventaire sur le Dessoubre

Un total de 10 espèces de poisson a pu être recensé tout au long du cours d'eau au cours de l'étude. Leur répartition suit un gradient amont/aval marqué, en relation avec les typologies stationnelles, allant de 2 espèces près des sources à 10 espèces au niveau de Saint-Hippolyte.

Tabl. 9 - Répartition des différentes espèces le long du Dessoubre

Stations			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
Biocénotype			B1+	B2+	B3	B3	B2+	B4-	B4	B4+	B5-	B5	B5+	B5+
Espèces	CHA	Chabot	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	TRF	Truite	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	VAI	Vairon					X	X	X	X	X	X	X	X
	OBR	Ombre					X	X	X	X	X	X	X	X
	LPP	Lamper de Planer	Colonisation par l'aval impossible					X	X		X	X	X	X
	LOF	Loche franche							X	X	X	X	X	X
	BLN	Blageon										X	X	X
	CHE	Chevesne											X	X
	GOU	Goujon												X
	SPI	Spirilin												X

Quelques sont artefacts sont observés :

- Présence de l'ombre et du vairon à l'aval du Moulin Girardot (station D5) en raison de la proximité de la confluence avec la Rêverotte à typologie plus basale et du glissement typologique avérée, mais absence plus en amont (stations D3 et D4) malgré une typologie désormais plus favorable en raison d'infranchissables artificiels ayant interdit une colonisation récente ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Absence anecdotique de la lamproie de Planer sur la station aval du Rosureux (D8) en raison de conditions d'habitat non respectées. Sa présence est en effet avérée sur la zone en présence de substrats favorables.

On notera ici une dernière fois que les peuplements observés sur les diverses stations ont tous une vocation typologique apicale marqué (absence systématique des éventuelles espèces présentant une affinité pour les niveaux inférieurs). Plusieurs axes d'explication de ces phénomènes :

- Peuplements actuels vestiges d'une typologie historique au caractère apical marqué (hausse de la thermie en été) ;
- Colonisation vers l'amont entravée par une multitude d'obstacles, les espèces concernées déployant pour la plupart des capacités de franchissement limitées ;
- Facteur morpho-dynamique global du cours d'eau demeurant à caractère torrentiel et défavorisant lesdites espèces (gardon, ablette, carpe, carassin...).

La typologie du Dessoubre au niveau du secteur d'étude est bien connue et correspond au biocénotype B5 sur la partie aval (Verneaux, 1973). C'est donc une rivière de pré-montagne dite salmonicole ou Rithron. Dans cette zone, les espèces typiques sont la truite et l'ombre. Elles sont accompagnées du vairon et du chabot. Théoriquement ce sont 8 espèces (chabot, truite, vairons, ombres, lamproie de Planer, loche franche, blageon, chevesne et goujon) qui sont susceptibles de coloniser la partie aval du Dessoubre.

3.2.2. Evolution au cours des dernières décennies

Sur les 10 espèces recensées, seules 5 furent signalées au cours des années 1970 (Verneaux, 1973) : chabot, truite, ombre, lamproie de Planer et loche franche. Néanmoins, la station la plus aval inventoriée à l'époque se situait au niveau de Fleurey et la comparaison doit être ramenée aux 8 espèces aujourd'hui présentes à ce niveau (station D11), blageon et chevesne manquant donc à l'appel 40 ans en arrière.

Hormis ces deux espèces, la composition qualitative globale du peuplement piscicole n'a pas évolué depuis les années 1970. Cependant, l'évolution de la répartition des espèces historiquement présentes illustre assez nettement le phénomène de glissement typologique :

- Diminution des abondances de truite fario sur la partie aval ;
- Augmentation des abondances de l'ombre sur la moitié amont du Dessoubre, malgré un blocage à la colonisation au niveau du Moulin Girardot ;
- Extension nette, mais dans des abondances demeurant faibles, de la loche franche en direction de la tête du bassin. Cette avancée est nette mais contraste avec des abondances faibles liées aux obstacles migratoires et aux inhibitions de développement à mettre en relation avec la présence de toxiques.

Le phénomène de glissement typologique apparaît donc indéniable sur le Dessoubre. Il se traduit, davantage par un déplacement quantitatif des espèces historiques vers l'amont que par l'apparition de nouveaux taxons à affinités potamiques.

3.2.3. Qualité de l'habitat piscicole

L'IAM (Indice d'Attractivité Morphodynamique), développée par la DR5 du CSP (199-1998) et finalisé par TELEOS (1999-2000), permet d'évaluer la qualité habitationnelle d'une station vis-à-vis de la faune pisciaire. L'approche est basée sur une logique des pôles d'attraction : les combinaisons dynamiques des vitesses de courant, des hauteurs d'eau et des substrats sur une

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

station sont d'autant d'habitats potentiels à attractivité variable pour les poissons (Degiori et Raymond, 2000).

Dans la pratique, des cartographies des trois composantes sont réalisées selon un protocole standardisé, en condition d'étiage. La note obtenue peut ensuite être comparée aux notes référentielles qui sont fonction de la largeur moyenne des stations (un grand cours d'eau intègre une plus grande variété des composantes). Le rapport note obtenue/note théorique permet de proposer une classe de qualité physique correspondante, d'excellent à nulle, par tranche de 20%.

Les données qui vont suivre sont issues du travail de Gesell & Œuvray, 2009).

Tabl. 10 - IAM obtenus sur les stations du Dessoubre

Stations	Largeur Moyenne (m)	IAM Référence	IAM Mesuré	Classe de qualité
D1	6.2	7800	5950	Bonne
D2	9.4	9000	3897	Moyenne
D3	9.5	9100	5765	Bonne
D4	15.2	10800	3118	Mauvaise
D5	16.9	11000	7077	Bonne
D6	14.3	10500	7598	Bonne
D7	16.1	10900	3515	Mauvaise
D8	15.7	10900	10000	Excellente
D9	15.1	10800	3986	Mauvaise
D10	19.0	11500	3270	Mauvaise
D11	21.1	11700	3500	Mauvaise
D12	23.2	12000	4809	Moyenne

Les conditions les plus limitantes sont localisées dans la moitié aval du cours d'eau.

D'une manière générale, l'attractivité morpho-dynamique vis-à-vis du poisson est, sur le Dessoubre, principalement sanctionnée par les facteurs suivants :

- Une variété de classes de vitesses de courant limitée notamment par la sévérité des étiages actuels ;
- Une diversité moyenne des substrats rencontrés, dominés par les substrats minéraux de taille moyenne à faible (galet, graviers) ;
- Un colmatage fréquent des substrats, par endroit par incrustation de tuf, mais surtout par le développement d'algues filamenteuses, qui induit une réduction drastique de l'attractivité initiale du support originel sous-jacent ;
- La sous-représentation voire l'absence des branchages et caches de berges, habitats les plus biogènes, notamment pour la truite qui sur le Dessoubre représente normalement l'essentiel de la biomasse.

La qualité globale de l'eau apparaît être le facteur limitant majeur à la production piscicole du Dessoubre, la nivelant à un seuil maximal largement en deçà des potentialités initiales du cours d'eau. La qualité physique des stations concourt à ajuster les biomasses à un niveau plus ou moins élevé mais demeurant inférieur à un seuil d'inhibition.

3.2.4. Statuts de protection des espèces piscicoles

Le tableau ci-dessous présente les espèces piscicoles recensées sur le secteur et qui fait l'objet de statuts et de mesures de protection :

Tabl. 11 - Statuts et mesures de protection des espèces piscicoles recensées

Espèce		Directive européenne "Habitats-Faune-Flore" ¹		Arrêté du 8 déc ² 1988	Convention de Berne ³
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Annexe II	Annexe V		Annexe III
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	X			X
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	X			
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i>			X	
Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i>	X		X	X
Loche franche	<i>Cobitis taenia</i>			X	X
Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i>			X	
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>				X

¹ **Directive européenne du 21 mai 1992** qui concerne la conservation des habitats naturels ainsi que les espèces de faune et de flore sauvages. Elle se compose de six annexes. **L'Annexe II** liste les types d'habitats et les espèces dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). **L'Annexe V** concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont les prélèvements dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

² **L'arrêté du 8 décembre 1988** fixe la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national.

³ Les espèces inscrites à **l'annexe III de la Convention de Berne de 1979** doivent faire l'objet d'une réglementation, afin de maintenir l'existence de ces populations hors de danger.

4. LA VALLEE DU DESSOUBRE ET SA RICHESSE ECOLOGIQUE

4.1. LA VALLEE DU DESSOUBRE, DE LA REVEROTTE ET DU DOUBS

4.1.1. Présentation de la zone Natura 2000

Situé à l'est du département, la zone Natura 2000 – Directive Habitats et Directive Oiseaux couvre une superficie de 16 271ha. Les vallées du Doubs, du Dessoubre et de la Reverotte incisent profondément les plateaux calcaires du Jurassique selon un axe globalement orienté nord-est sud-ouest. La disposition tabulaire des roches conditionne des versants abrupts mais cependant réguliers. Les parties hautes sont constituées de corniches calcaires tandis que les parties basses sont ennoyées de cailloux et d'argiles. Les fonds de vallée restent étroits.

Dans cet ensemble, la forêt est dominante, les peuplements feuillus, résineux ou mixtes couvrant les versants abrupts. Cependant, les falaises et amphithéâtre rocheux, les prairies de pente, les réseaux de haies et bosquets, les fonds de vallée s'évasant régulièrement à la faveur d'afférences latérales confèrent à l'ensemble un attrait paysager remarquable et relativement diversifié

4.1.2. Principaux habitats naturels et espèces patrimoniales

Le site montre une grande diversité d'habitats et d'espèces, due en partie à l'hétérogénéité des types de milieux et des conditions (altitude, exposition, etc...) que l'on y rencontre. La surface couverte par des habitats d'intérêt communautaire représente plus de la moitié de la surface totale du site (les massifs forestiers contribuent en grande partie à cette proportion) et leur nombre est considérable, compte tenu de la surface considérée. Le nombre d'espèces animales d'intérêt communautaire est lui aussi conséquent, à la fois pour les deux directives.

L'intérêt floristique du site est majeur, en raison du nombre d'espèces classées à des statuts de protection divers et listes rouges. Certaines espèces végétales associées à des milieux extrêmes (pelouses sèches, éboulis, habitats rocheux, tourbières...) sont localisées dans quelques-unes des rares stations connues à l'échelle régionale ou se trouvent en limite d'aire de distribution dans le cas de plantes liées à des microclimats à tendances méditerranéennes.

Le site présente également de forts enjeux de conservation pour différentes espèces animales, ces dernières étant protégées au niveau national et/ou inscrites dans les Orientations Régionales de Gestion et de conservation de la Faune sauvage et de ses Habitats (ORGFH).

Ce territoire constitue un axe important, de par sa situation géographique à l'extrême nord du massif jurassien et la présence d'habitats à forte valeur, mais morcelés. Des espèces en limite d'aire de distribution ou disséminées sur des habitats ponctuels et isolés (populations de lépidoptères des zones humides par exemple) sont d'autant plus fragiles que leur habitat se trouve fragmenté.

4.2. AUTRES ZONES REGLEMENTAIRES

Au-delà de la zone Natura 2000 qui correspond à la Vallée du Dessoubre, plusieurs zones réglementaires sont présentes sur le secteur d'étude :

Tabl. 12 - Listes des zones d'intérêt écologique

Zone d'intérêt écologique	Intitulé
ZNIEFF de type 2	Vallée du Dessoubre et ses falaises attenantes 430007813
ZNIEFF de type 1	Croix Beneton 430007815
ZNIEFF de type 1	Falaises de l'Essart de Saussaye 430007858
ZNIEFF de type 1	Falaises des bois de la combe du Falot 430007860
ZNIEFF de type 1	Côte de Liéprand et éboulis de Moricemaison 430020455
ZNIEFF de type 1	Falaise de la Voyèze 430020075
ZNIEFF de type 1	À Rochien 430007862
ZNIEFF de type 1	Cul de Vau et Vauclusotte 430007861
Arrêté de protection de biotope	Corniches calcaires du département du Doubs FR3800749
Arrêté de protection de biotope	Ecrevisse à pattes blanches et faune patrimoniale associée FR3800743

4.3. CARTE DE SYNTHÈSE

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Carte des enjeux naturels sur le secteur d'étude

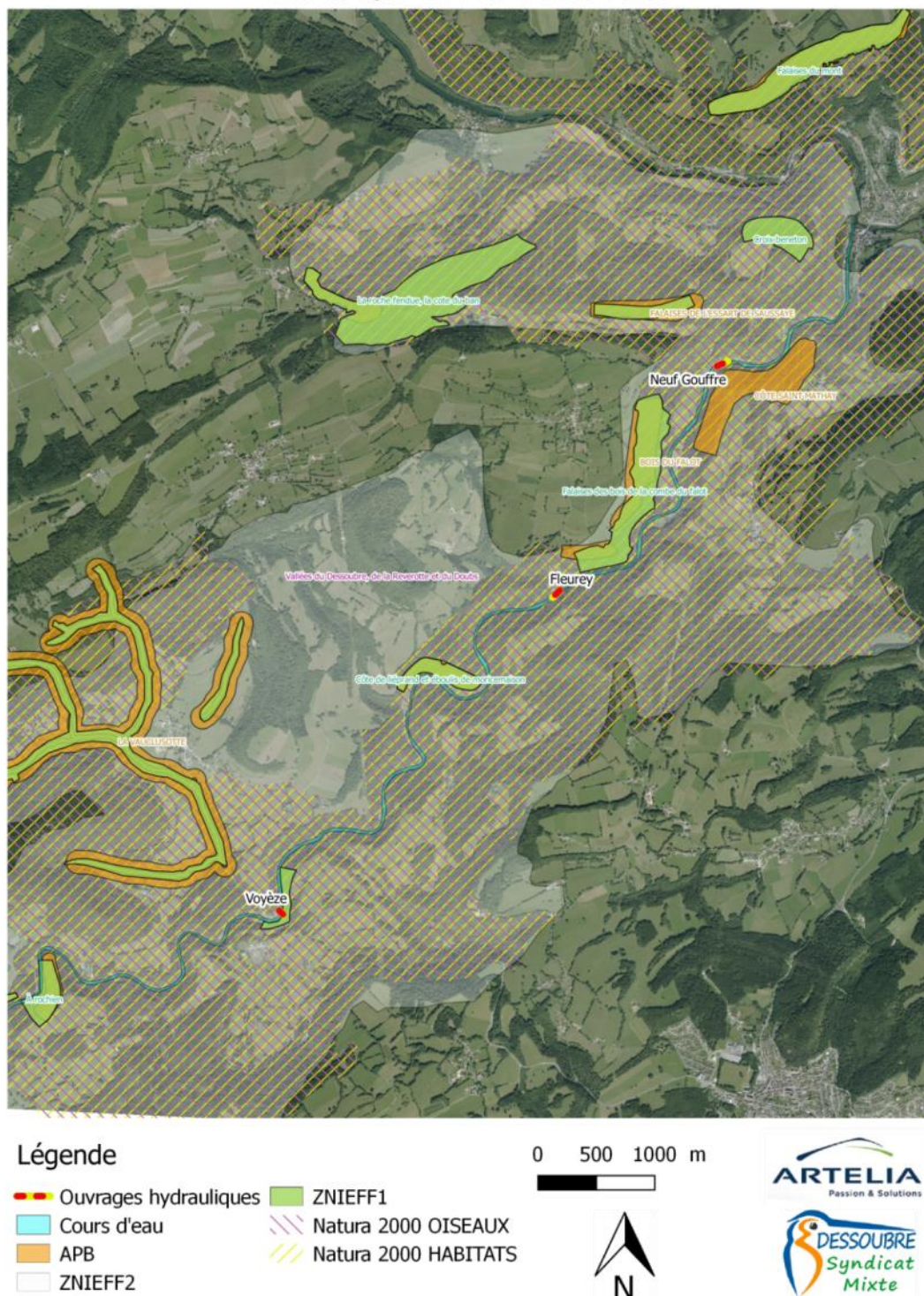


Fig. 35. Carte de synthèse des enjeux naturels sur le secteur d'étude



SECTION 3 AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE

1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE DE LA VOYEZE

1.1. NATURE ET FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE

Le site de la Voyèze témoigne de ses activités passées à travers la présence du bâtiment enjambant l'ancien bief, puis le seuil transversal qui permet encore aujourd'hui l'alimentation de ce dernier. Désormais transformé en atelier de fabrication de meubles en bois, le moulin arbore un complexe hydraulique composé d'un bief en rive gauche, puis d'une vanne décharge de type « métallique sur glissières » qui s'intègre dans le seuil maçonné d'une quarantenaire de mètres.

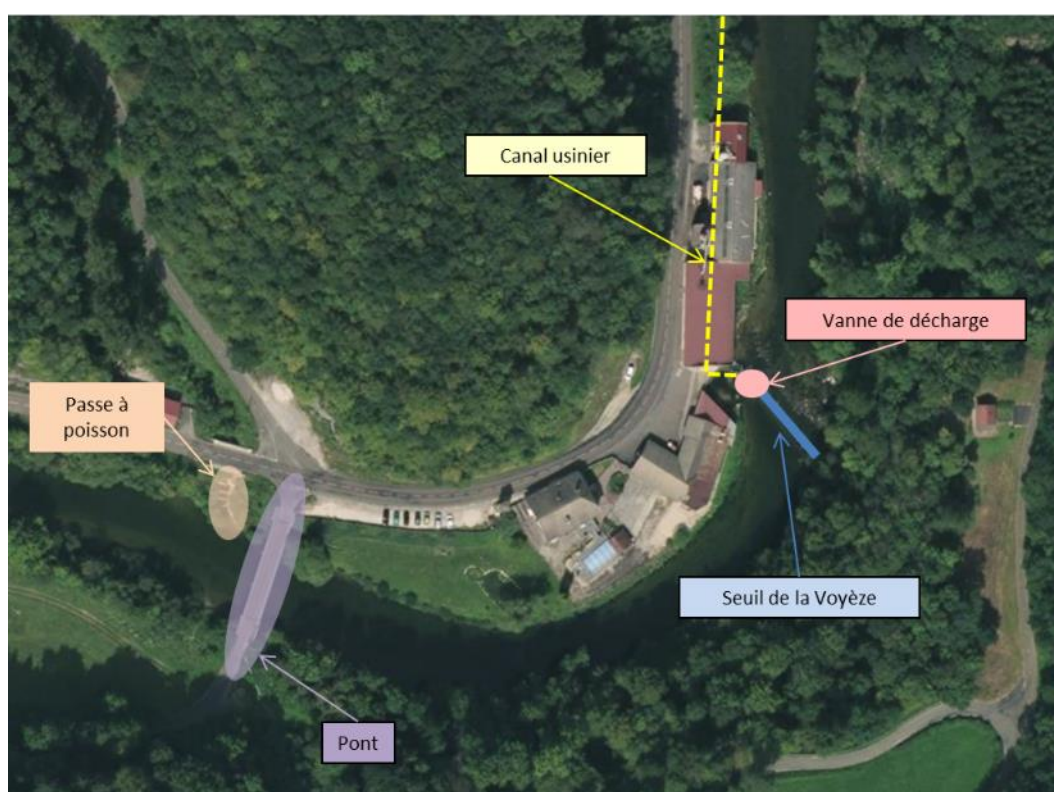


Fig. 36. Localisation du seuil de la Voyèze

1.1.1. Déversoir de la Voyèze

Cet ouvrage dispose d'une longueur déversante de l'ordre de 43 m. Il est constitué de parements amont et val en moellons (blocs de calcaire) soigneusement maçonnés en surface. L'état général de l'ouvrage est bon. Sa crête est arasée à une cote comprise entre 403.23 et 403.31 mNGF.

La longueur totale de l'ouvrage dans le sens de l'écoulement est d'environ 5 à 7 m.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 37. Seuil de la Voyèze et vue aval

1.1.2. Vanne de décharge

Il s'agit d'une vanne levante à crémaillère et vantellerie en bois. Elle se situe en rive gauche du Dessoubre, à côté du déversoir latéral. Elle dispose d'une largeur de 3.23m et d'une hauteur de 2.38 m. La cote d'arase est de 404.04 mNGF.

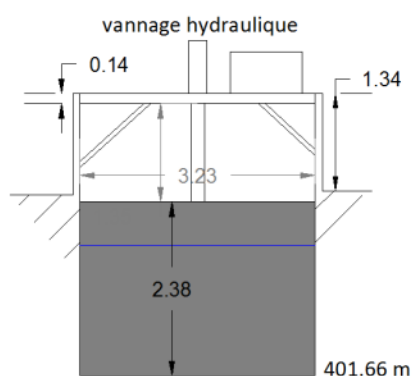


Fig. 38. Vanne de décharge du seuil de la Voyèze

1.1.3. Canal usinier

En rive gauche, l'ancien canal usinier pour acheminer l'eau afin d'utiliser sa force motrice est toujours présent. A l'entrée, une grille fine a été mise en place pour limiter la venue d'embâcle, celui-ci est en mauvais état. Aujourd'hui, un comblement de sédiment fin est visible en amont du dégrilleur ce qui limite fortement les entrées d'eaux dans le canal usinier.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 39. Canal usinier du site de la Voyèze

Aujourd'hui, la force motrice de l'eau n'est plus utilisée, et le propriétaire M. Bernardot, reconnaît l'abandon et la fin d'usage de l'ouvrage de la Voyèze. Il renonce à utiliser la force motrice de l'eau au droit du moulin et accepte le principe d'un effacement de l'ouvrage et la remise en état du cours d'eau.

1.2. CONTEXTE PHYSIQUE ET ECOLOGIQUE

L'ouvrage de la Voyèze est le premier ouvrage rencontré sur notre secteur d'étude. Il est implanté en sortie d'une sinuosité du Dessoubre, elle-même adossée à un coteau forestier abrupt en rive droite. Un banc d'alluvions se dessine en aval de l'ouvrage par accumulation des matériaux transportés par la rivière (zone de perte de charge).

La ripisylve constituée de saules, ormes, et frênes, se fonde progressivement aux espèces plus mésophiles (hêtre, charme, chênes) sur les coteaux aux affleurements rocheux réguliers.

En amont de l'ouvrage, et dans l'emprise de l'importante retenue imposée par la présence du seuil, les berges présentent généralement une ripisylve caractéristique composée d'un cordon, d'aulnes et frênes, interrompues par des enrochements et des murs en rive gauche. L'ouvrage se situe après l'affluence du bief de Vau (commune Vauclusotte), dont la continuité écologique est assurée par une passe à bassin à échancrures.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

1.3. PRINCIPAUX EFFETS DU SEUIL

De par son existence, l'infrastructure transversale construite est nécessairement la source de différents types d'altération susceptibles d'être résumés comme suit :

- Altération des flux solides et conditions d'écoulement

Le seuil de la Voyèze perturbe profondément les flux de matériaux alluvionnaires et altère l'équilibre sédimentaire de la rivière en modifiant les processus naturels de redistribution de ces éléments.

La présence de l'ouvrage impose l'adoption par la rivière d'un lit profondément homogène en amont (colmatage par les sables et limons des substrats graveleux, hauteurs d'eau importante). En outre, si les crues permettent à une part des éléments les moins grossiers de transiter vers l'aval, ces apports demeurent très modestes et loin d'être associés au transport des fractions granulométriques plus importantes.

Du point de vue des faciès d'écoulement, l'ouvrage impose le développement d'un plat lentique sur près de 600 mètres (effet « retenue ») limitant drastiquement l'attractivité du lit pour les salmonidés (absence de vitesses, importantes hauteurs d'eau, etc.).

- Altération de l'accès aux habitats

Du fait, avant tout, de sa hauteur de chute de 1.90m, mais aussi de la pente, l'ouvrage actuel doit être considéré comme difficilement franchissable. Il représente une rupture de la continuité de transit pour les biocénoses aquatiques et limite l'accès aux zones de reproduction (rôle de cloisonnement de la rivière). La retenue, en outre, participe nécessairement au réchauffement des eaux du fait non seulement du caractère lentique des écoulements, mais aussi et surtout en raison de l'absence de ripisylve en rive gauche.

- Un effet de « point dur »

En réduisant les processus naturels d'érosion latérale (absence de puissance de la rivière dans la zone de remous liquide (zone de la retenue), l'ouvrage peut être assimilé à un point de blocage de la dynamique fluviale et perturbe donc les processus de rééquilibrage morpho-dynamique (processus/jeu de l'érosion et des dépôts – travail naturel de la rivière à renouveler sa forme).

1.4. PRINCIPAUX ENJEUX DU COMPLEXE

1.4.1. Bâti riverain

Le complexe hydraulique a été réaménagé en une usine de fabrication de meubles. De plus, les propriétaires du complexe se sont installés en amont de l'ancien moulin, le long du Dessoubre. L'état structurel ainsi que les fondations ne sont pas connus. Néanmoins, lors du diagnostic visuel, le substratum a été observé au niveau de l'usine et des bâtiments techniques. A noter également, que l'ancien canal usinier n'est plus alimenté et est comblé sur une bonne partie du linéaire.

1.4.2. Pont de la Voyèze

Le pont de la Voyèze est localisé sur les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et la Vaclusotte, à 200 m environ en amont du barrage de la Voyèze.

Le pont de la Voyèze est constitué de pierres maçonnées et de béton projeté mis en œuvre lors du confortement des piles. Ne connaissant pas la date de construction de l'édifice, le pont est visible sur les cartes d'Etat-major (années 1820 – 1866). Long de près de 45m, le pont possède les caractéristiques géométriques suivantes :

- Section utile pour les écoulements : 28.53 m ;
- 3 passes dont 2 piles maçonnées de 1.31 m de long :
 - Rive gauche : 8.35 m de long ;
 - Milieu : 8.87 m de long ;
 - Rive droite : 8.67 m de long ;
- Tablier inférieur allant de 406.83 mNGF à 408.15 mNGF ;
- Présence du canal d'alimentation du bassin de M. Bernardot, en rive gauche.



Fig. 40. Photo de la face amont (gauche) et aval (droite) du pont de la Voyèze

Après échanges avec les communes d'Orgeans-Blanchefontaine et de la Vauclusotte, gestionnaires de l'ouvrage, aucun document n'a été transmis. En revanche, le bureau d'études ARTEIS ingénierie et l'entreprise de travaux CLIVO ont transmis les plans de renforcement des piles, réalisés en 2009. La recherche n'a pas permis de connaître la structure et les fondations du pont avec précision.

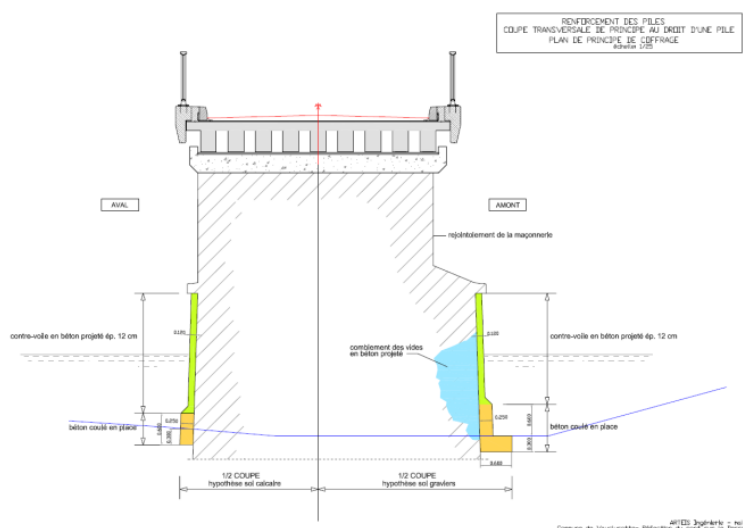


Fig. 41. Principe de coffrage des interventions de confortement du pont

Aussi, une élévation du pont a été réalisée par VEODIS 3D lors des relevés topographiques en 2018. Sur cette coupe, quelques signes d'affouillement sont perceptibles, allant de 60 cm à 1,00 m

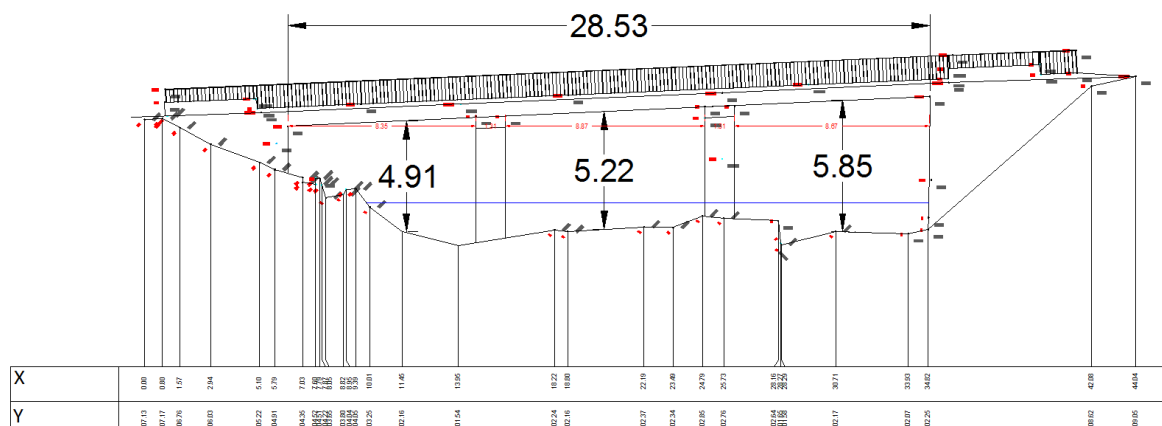


Fig. 42. Elévation du pont de la Voyèze

Le confortement des maçonneries des piles en 2009 est visible sur le terrain. Egalement, une reconnaissance visuelle a aussi mis en évidence un risque de basculement du muret du canal d'alimentation du bassin chez M. Bernardot.



Fig. 43. Désordres du pont de la Voyèze

1.4.3. Passe à poissons de la Vauclusotte

Permettant la restauration de la continuité écologique du ruisseau de la Vauclusotte, une passe à poissons, type pré-barrage a été réalisée.

Cette passe à poissons a été dimensionnée par le bureau d'études Naldéo, en 2013.

Les données d'entrée de dimensionnement de la passe à poissons actuelle proviennent du rapport d'étude du bureau d'études Naldéo et s'appuient sur le relevé topographique de 2018 par VEODIS 3D.

Les caractéristiques de la passe à poissons sont les suivantes :

- 3 bassins de 2 m de longueur et de 3.2 m de largeur ;
- Echancrure de 50 cm pour chaque pré-barrage ;
- Espèce cible : Truite fario.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

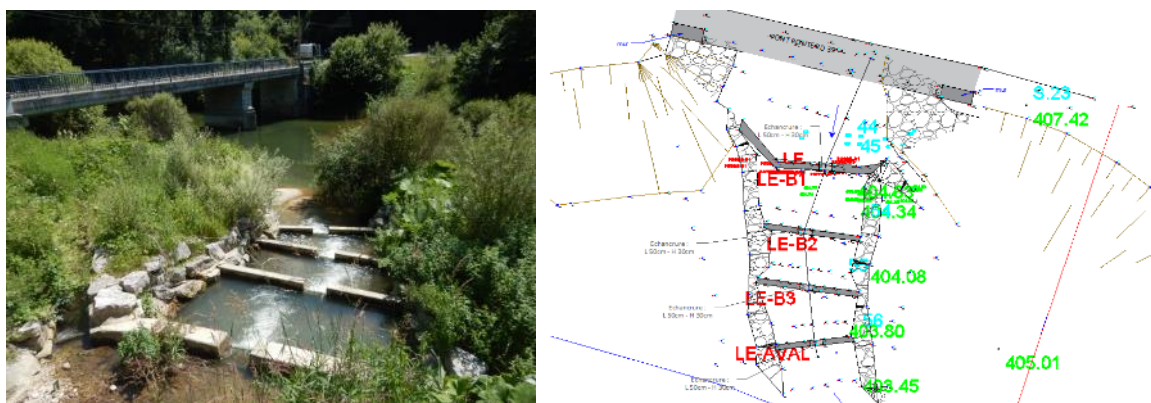


Fig. 44. Passe à pré-barrage de la Vaclusotte

2. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

2.1. PREMIERS ELEMENTS HYDRAULIQUE

La vallée du Dessoubre dans le Doubs n'est pas couverte par un Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRi).

Le site Géorisques recense sept évènements historiques sur le secteur d'étude.

Tabl. 13 - Historiques des inondations sur la commune de la Vaclusotte (Géorisques)

Date de l'évènement	Type d'inondation
07/04/1983 - 12/04/1983	Rupture d'ouvrage de défense, Nappe affleurante, Crue nivale, Barrage, Crue pluviale (temps montée indéterminé), Ruissellement rural
13/02/1957 - 23/02/1957	Crue nivale, Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Lave torrentielle, Coulée de boue, Lahar
08/06/1953 - 10/06/1953	Rupture d'ouvrage de défense, Lave torrentielle, Coulée de boue, Lahar, Crue pluviale rapide (2 heures $< t_m < 6$ heures), Courant souterrain
31/12/1909 - 27/01/1910	Ruissellement rural, Nappe affleurante, Rupture d'ouvrage de défense, Mer/Marée, Crue nivale, Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures)
07/03/1896 - 11/03/1896	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Crue nivale
30/11/1882 - 27/01/1883	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures), Crue nivale, Drainage des eaux pluviales
27/10/1840 - 04/11/1840	Crue pluviale lente (temps montée $t_m > 6$ heures)

2.2. METHODOLOGIE

Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique du Dessoubre au droit des trois ouvrages (Moulin de la Voyèze, Moulin de Fleurey et Moulin de Neuf-Gouffre), une étude

hydraulique a été réalisée afin 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 après effacement des seuils et des aménagements (c'est-à-dire sur les écoulements de surface principalement en crue) de la modification du lit et des berges.

Nous avons suivi la méthodologie suivante :

- Reconnaissances de terrain ;
- Traitement des relevés topographiques (TELEOS et VEODIS 3D) ;
- Analyse hydrologique à partir de la station hydrologique de Saint-Hippolyte ;
- 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.

2.3. MODELISATION HYDRAULIQUE

L'outil de modélisation employé est le logiciel HEC-RAS (version 4.1.0). Ce logiciel intégré pour l'analyse hydraulique, conçu par le Hydrologic Engineering Center de l'U.S Army Corps of Engineers, permet de simuler les écoulements à surface libre.

Le modèle réalisé représente la configuration du Dessoubre au droit des ouvrages hydrauliques, sur la base des différents relevés topographiques de TELEOS et VEODIS 3D. Le lit mineur du Dessoubre est représenté par ces différents profils en travers, en respectant la côte du fond relevé par VEODIS 3D lors du relevé du profil en long.

2.3.1. Hypothèse 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 avec un coefficient de 0.385 ;
- Rugosité du lit mineur : Ks de 30.

2.3.2. Calage du modèle

Le modèle a été calé par plusieurs mesures de niveaux :

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Tabl. 14 - Données de calage du modèle hydraulique

	Débits (m3/s)	Amont ouvrage	Aval ouvrage	Source
30/05/2018	15.60	403.59	401.63	ARTELIA
06/06/2018	22.20	403.71	401.81	ARTELIA
20/06/2018	3.74	403.44	401.26	VEODIS 3D
14/11/2018	0.87	403.40	401.16	ARTELIA

2.3.3. Sensibilité du modèle

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 granulométrie élevée des matériaux constitutifs du lit mineur (notamment en aval du déversoir) induit de fortes variations des faciès d'écoulement (radier, seuils, mouilles, ...) qui sont susceptibles d'influencer significativement les niveaux d'eau estimés (notamment au pied du déversoir).

2.3.4. Résultats

2.3.4.1. HAUTEUR DE CHUTE

La hauteur de chute varie entre 2.15 et 1.5 m, selon les débits.

Tabl. 15 - Hauteur de chute – Voyèze

	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.30	403.35	401.17	2.18
Q50%	6.18	403.46	401.42	2.04
Module	13.70	403.59	401.64	1.95
3*Module	41.10	403.90	402.12	1.78
Q2	130.00	404.35	403.07	1.28

2.3.4.2. REMOUS LIQUIDE

Le remous liquide induit par l'ouvrage de la Voyèze est compris entre 550 à 380 m, selon les débits.

Tabl. 16 - Remous hydraulique – Voyèze

	Débit total (m3/s)	Niveau amont (mNGF)	Remous hydraulique (m)
QMNA5	1.30	403.35	550.00
Q50%	6.18	403.46	450.00
Module	13.70	403.59	380.00
3*Module	41.10	403.90	380.00

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

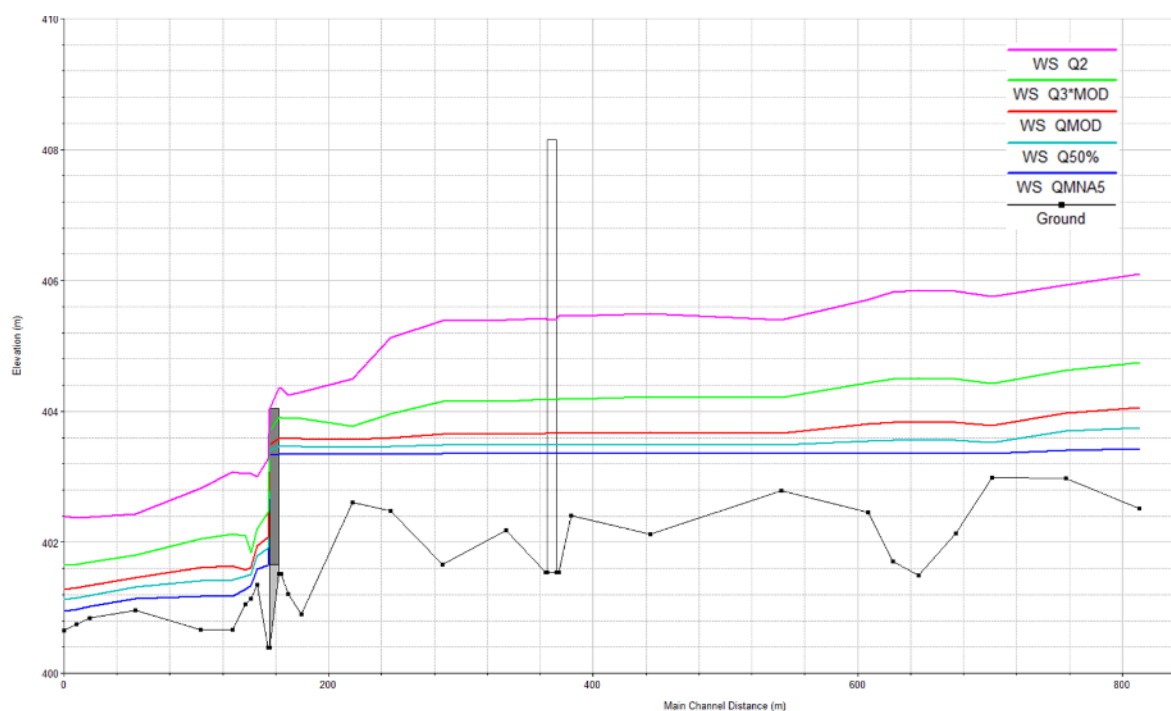


Fig. 45. Remous hydraulique induit par l'ouvrage de la Voyèze

2.3.4.3. VITESSES AU DROIT DU COMPLEXE HYDRAULIQUE

Les vitesses ont été analysées à l'échelle du secteur d'étude. Les vitesses sont très variables selon les débits variant en moyenne de 0.30 m/s à l'étiage, jusqu'à 2.00 en crue biennale, avec un maximum évalué à 3.85 m/s.

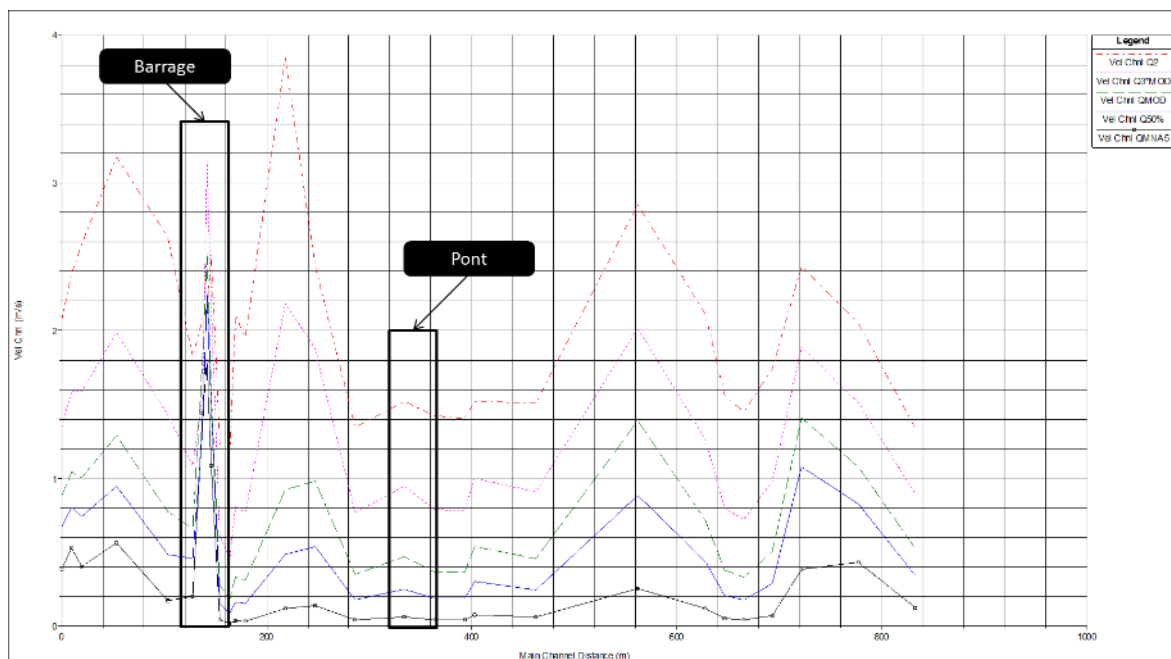


Fig. 46. Evolution des vitesses d'écoulement au droit du complexe hydraulique

2.3.4.4. EVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT AU DROIT DU PONT DE LA VOYEZE A L'ETAT INITIAL

Des signes d'affouillement sont perceptibles au droit du pont de la Voyèze. L'affouillement est « l'action de creusement par un courant de fosses locales en pied de berge, le long des mouilles ou ponctuelles à la base des ouvrages d'art, seuils artificiels, barrages et appuis en rivière (piles et culées) » (Lefort, 2018). Ce phénomène est donc directement lié au transport de sédiments localisé autour des piles de pont ou autres obstacles à l'écoulement.

Il existe plusieurs types d'affouillement, parmi lesquels on peut citer l'érosion due à la contraction, l'érosion due aux abords des culées et l'érosion due à la présence de piles de pont. C'est cette dernière forme d'érosion qui nous intéresse ici.

Afin d'évaluer ce risque, nous avons utilisé trois formules théoriques issues de la méthode HEC18, la méthode FDOT et la méthode LEFORT :

- La méthode HEC 18 a été élaborée à partir des études de l'Université du Colorado (CSU) ;
- La méthode FDOT a été élaborée à l'Université de Floride à partir de l'étude de Sheppard et Miller (2006) ;
- La méthode LEFORT, qui se base sur l'analyse de la méthode FDOT.

Les paramètres de l'affouillement local autour des piles sont les paramètres de l'écoulement, les spécifications du matériau affouillable et les dimensions et formes de l'appui.

- **Les paramètres de l'écoulement :**
 - La hauteur d'eau h est mesurée au nez de l'appui en dehors de l'affouillement crée ;
 - La vitesse V est la vitesse moyenne d'approche sous la hauteur h ;
 - Le matériau affouillable du lit est défini par le diamètre d_{50} et par la gradation S_g qui caractérise l'étendue de la courbe granulométrique ;
- **Dimensions et formes de l'appui :**
 - La largeur b est le diamètre d'une pile circulaire ou la largeur d'une pile plate ;
 - La longueur L caractérise l'allongement d'une pile plate ;
 - L'angle d'incidence ou angle d'attaque α mesure la différence entre la direction du courant et l'axe de symétrie de la pile plate ;
 - La forme de la pile concerne principalement la forme du nez ;
- **Variables adimensionnelles :**
 - La profondeur de l'affouillement est égale à la différence ds entre la cote moyenne du fond à l'approche de l'appui et la cote du fond la plus basse au contact de la pile. On utilise le rapport ds/b ;
 - $V^*=V/V_c$ est le rapport de la vitesse moyenne d'approche à la vitesse de début d'entraînement du matériau.

Pour rappel, nous considérons la valeur du débit de crue biennale comme la plus intéressante. En effet, cette crue de récurrence fréquente joue un rôle prépondérant dans la dynamique sédimentaire du Dessoubre (crue morphogène). Ainsi, l'affouillement a été calculé avec la hauteur d'eau en crue biennale ainsi que les vitesses.

Tabl. 17 - Evaluation de l'affouillement théorique (Q2) – Voyèze

Méthode	Affouillement moyen (m)	Erreur totale (%) pour des diamètre > 0.7 mm	Affouillement minimal (m)	Affouillement maximal (m)
HEC 18	2.00	47	1.06	2.94
SHEPPARD ET MELVILLE	2.43	13	2.11	2.75
LEFORT	2.04	11	1.82	2.26

Selon l'élévation du pont, les signes d'affouillement se situent autour des piles. L'affouillement observé est compris entre 0.6 à 1. 0m par rapport au fond actuel du lit du Dessoubre.

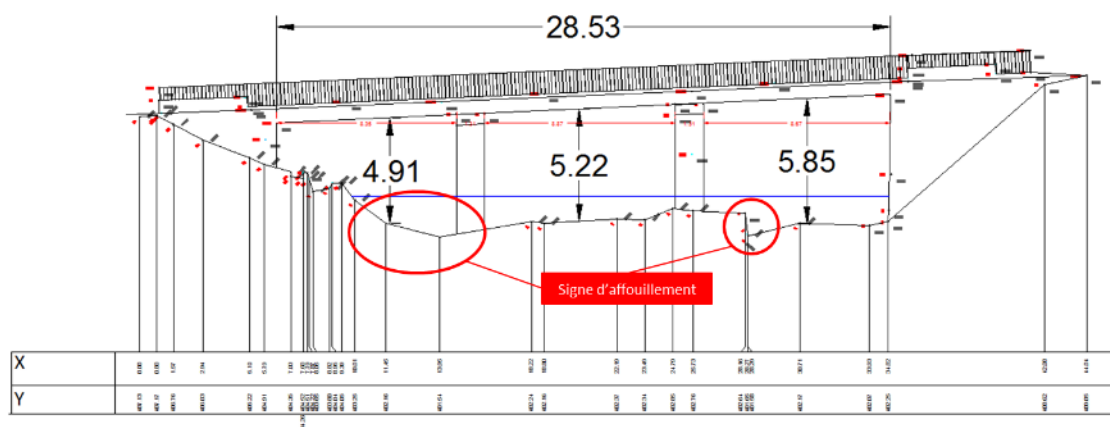


Fig. 47. Localisation des signes d'affouillement au droit des piles du pont de la Voyèze

Un facteur de 2 à 4 est observé entre les formules théoriques et les observations de terrain. En effet, les formules théoriques surévaluent l'affouillement au droit de piles, ce qui peut être dû à l'imbrication des matériaux alluvionnaires dans la rivière, celles-ci n'étant pas prises en compte dans les formules.

3. CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE

Le détail de ce chapitre dédié au contexte géotechnique au droit du site de la Voyèze est présenté en annexe du présent mémoire.

3.1. OBJECTIFS

Dans le cadre du projet de restauration de la continuité écologique du Dessoubre au droit de l'ouvrage de la Voyèze, le cabinet ICSEO a réalisé une mission géotechnique de diagnostic G5 et de conception G2 AVP, visant à définir les répercussions éventuelles d'un point de vue géotechnique sur l'ensemble des constructions amont et aval, notamment au niveau du pont reliant

la commune de la Vaclusotte à Orgeans-Blanchefontaine et au niveau des bâtiments de l'actuel atelier de confection des meubles Bernardot.

Les investigations suivantes ont été menées :

- Caractérisation de la nature des terrains rencontrés ;
- Définition et reconnaissance du contexte géologique du site via un diagnostic visuel et via la mise en œuvre de deux sondages géologiques profonds ;
- Prescription géotechnique.

3.2. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.2.1. Diagnostic visuel

La reconnaissance visuelle du site en basses eaux permet de définir les répercussions éventuelles sur les constructions avoisinantes de l'ouvrage de la Voyèze après effacement. A noter que ce diagnostic n'a pas pu être réalisé vanne ouverte.

La reconnaissance fait état de :

- Reconnaissance géologique :
 - La rive droite du cours d'eau est constituée par des affleurements calcaires surmontés localement par des éboulis et quelques loupes de glissement ;
 - Le lit du Dessoubre est recouvert essentiellement de dépôts grossiers constitués de blocs, galets et sables. La fraction fine est très faible, elle se concentre en bordure de rives ;
 - L'ensemble est recouvert au niveau des constructions par des remblais plus ou moins grossiers voire des enrochements de blocs calcaires et de béton.
- Reconnaissance des aménagements
 - Le pont a été restauré en mai 2009. Les fondations ont été reprises par la réalisation d'un béton coulé en place. Les reconnaissances visuelles permettent de confirmer ces travaux en surface.
 - Le canal alimentant le bassin situé dans la propriété de M. Bernardot présente des signes d'érosion. Celle-ci n'est pas directement liée à la dynamique du Dessoubre mais provient essentiellement des écoulements de la Vaclusotte ;
 - Les talus enherbés entre le pont et la maison présentent des signes d'instabilités mineures mais l'abaissement du niveau d'eau ne devrait pas engendrer de grande modification ;
 - Le mur et les enrochements au niveau de l'habitation principale ne devraient pas subir d'impact de l'abaissement du cours d'eau ;
 - Le premier bâtiment de l'usine présente des signes importants d'instabilité ainsi que le mur de soutènement qui sont localement cisailés. Ces mouvements proviendraient probablement des différentes phases de travaux et aménagements réalisés dans ces bâtiments ayant pu engendrer des tassements différentiels ;
 - Les fondations du canal usinier n'ont pas pu être observées en raison de l'ensablement de la zone. L'abaissement du niveau d'eau, dans ce secteur, n'aura pas de répercussions sur les fondations déjà quasi totalement hors d'eau. En

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

outre, ces fondations sont ancrées que ce soit dans les graviers ou dans les calcaires, sols insensibles à l'eau. Aucun cheminement évolutif n'aura lieu dans ce secteur définitivement abandonné ;

- En aval de l'ouvrage, les bâtiments présentent une fondation en pierre avec un léger débord semblant reposer sur de très blocs calcaires ou directement sur le substratum calcaire.

3.2.2. Mission d'études d'avant-projet

Suite au diagnostic visuel, un avis sur la stabilisation des fondations du pont de la Voyèze a été demandé au cabinet ISCEO. Pour se faire et compte tenu du contexte géologique local et de la nature du projet, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- Deux sondages géologiques profonds, notés SP1 et SD1 ;
- Des essais pressiométriques répartis dans le forage SP1.

Ils ont permis :

- De reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
- De prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
- Mesurer les paramètres suivants :
 - Pression limite ;
 - Pression de fluage ;
 - Module pressiométrique.



Fig. 48. Localisation des sondages SD1 et SP1

Les sondages ont mis en évidence les couches suivantes :

- Terre végétale : environ 15 cm ;
- Remblais : rencontré jusqu'à 3.60 et 3.90 m au droit du sondage SP1 ;
- Limon argileux : rencontré jusqu'à 7.90 au droit du sondage SP1 ;
- Argile à cailloutis et blocs : rencontré jusqu'à 9.80 de profondeur au droit de SP1 ;
- Substratum calcaire : cette couche est rencontrée entre 10 à 10.50 m de profondeur.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En rive gauche :

Le sondage SD1 a mis en évidence le toit du calcaire à 3.90 m de profondeur, soit à la cote 402.85 mNGF. Le lit de la rivière a été mesuré à la cote 401.94 mNGF. Les fondations de la culée nord du pont, sont donc vraisemblablement ancrées dans le calcaire.

Dans ce contexte, la stabilité des fondations pour la partie nord du pont de la Voyèze serait assurée.

En rive droite :

Le sondage SP1 a mis en évidence une couche de limon argileux vasard jusqu'à 400.75 mNGF. L'horizon limoneux à caractéristiques très moyennes, ne constituerait pas un horizon d'ancrage pérenne pour les piles et culées du pont.

En revanche, un niveau d'argile sableuse et graveleuse de compacité moyenne à élever a été mis en évidence avant le niveau calcaire. Cet horizon a pu servir d'assise aux fondations.

Le calcaire se situerait dans cette zone environ 3 m sous le lit de la rivière. Il pourrait s'agir d'un surcreusement lié à un ancien chenal.

Compte tenu de l'absence d'information précise concernant la cote et la nature d'assise des fondations, la reconnaissance de sols au droit de SP1 ne permet pas statuer sur la tenue de l'assise des piles du pont, pour la partie sud (argile sablo-graveleuse ou calcaire).

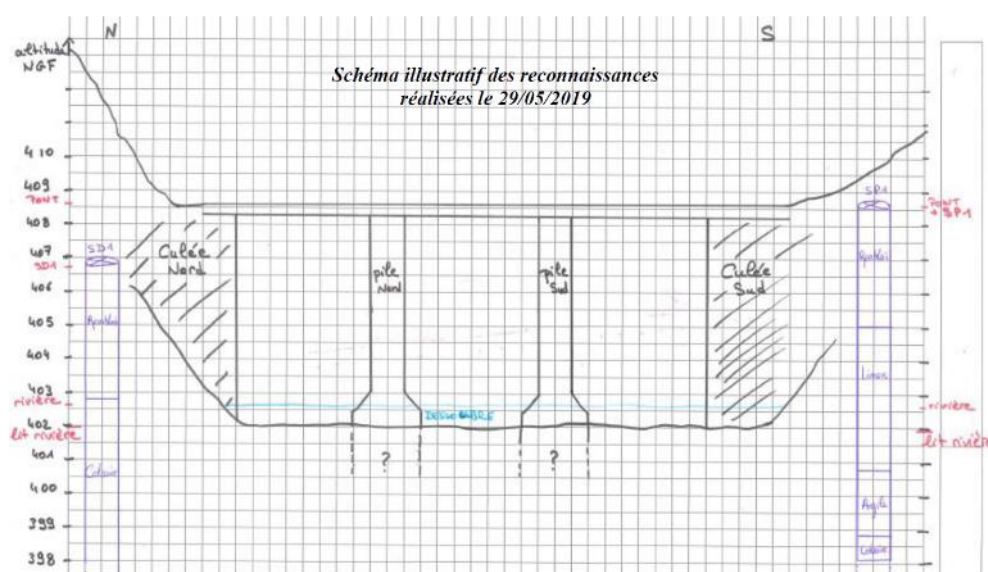


Fig. 49. Coupe schématique des couches rencontrées aux différents sondages

4. PHILOSOPHIE GENERALE D'INTERVENTION

4.1. ATTENTES DU MAITRE D'OUVRAGE

Les attentes et objectifs du Syndicat Mixte d'Aménagement du Dessoubre et de Valorisation du Bassin Versant, maître d'ouvrage de la présente étude, sont clairement retranscrits dans le CCTP.

Tenant compte de l'absence d'intérêt économique, seule des solutions de dérasement de l'ouvrage sont retenues. De plus, dans l'obligation de se conformer à la réglementation, le propriétaire de l'ouvrage de la Voyèze envisage des solutions d'effacement des ouvrages au regard des usages (plus d'usages économique et aucun projet hydroélectricité n'est envisagé).

Lors de la consultation du maître d'œuvre, le coût prévisionnel des travaux du dérasement du seuil de la Voyèze a été estimé à 300 000 €HT.

4.2. ETUDES ANTERIEURES

En 2015, le bureau d'études TELEOS a réalisé une note de synthèse visant à la détermination de solutions techniques pour la restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre.

Aussi, à ce stade, le bureau d'études envisageait deux variantes pour restaurer la continuité écologique, à savoir :

- Le dérasement du seuil ;
- La mise en place d'une échelle à poisson.

Concernant la solution la plus optimale, le dérasement, qui résoudrait non seulement la problématique de la continuité biologique et sédimentaire mais également la qualité physique du Dessoubre, le bureau d'études préconisait de mener des études complémentaires (géotechniques et morphologiques) pour « peaufiner le dimensionnement des ouvrages et du passage sous le pont de la Voyèze ».

Au-delà, le bureau d'études envisageait la mise en place d'une passe à bassins successifs en cas du maintien de l'ouvrage (droit d'eau, incidences sur le pont...). Afin d'assurer le calage fonctionnel du dispositif du franchissement piscicole, un dimensionnement hydraulique et une étude géotechniques devront être réalisées.

4.3. LOGIQUE D'INTERVENTION PROPOSEE

La logique d'intervention proposée s'attache à répondre à l'ensemble des attentes, reposant sur une opération globale à l'échelle du tronçon à l'étude.

Nos expertises théorique et de terrain ont mis en évidence que le Dessoubre présente peu de dysfonctionnements morphologiques, aujourd'hui actifs :

- Altération mineure de la largeur du cours d'eau ;
- Stabilité avérée du profil en long.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En revanche, le Dessoubre connaît des altérations hydromorphologiques : le lit mineur souffre de l'incision provoquée lors des grands travaux hydrauliques, qui a conduit à une déconnexion de la ripisylve avec la ligne d'eau. Par conséquent, le Dessoubre est dépourvu d'habitats en berges (caches piscicoles) qui sont pourtant primordiales pour les populations salmonidés.

Le niveau d'ambition pour la restauration hydromorphologique suggérée de par le diagnostic général du Dessoubre serait donc la suppression de la retenue d'eau amont via l'effacement total des ouvrages accompagnée d'une restauration de la qualité habitationnelle (connexion en berge, recharge sédimentaire, diversité des substrats), sur l'ensemble du secteur.

Afin d'atteindre les objectifs fixés et tenant compte de l'analyse des enjeux locaux, le présent rapport présentera les esquisses d'aménagements. Les principes généraux d'aménagement de l'ouvrage hydraulique dans un objectif de restauration des habitats aquatiques, sont rappelés dans le tableau suivant :

Scenarii	Objectif	Dans quel cas ?
Non-intervention	Laisser évoluer l'ouvrage	- Impacts négligeables et/ou gain limité - Etat de dégradation avancé
Dérasement	Effacement complet	Aucun risque ni impact négatif
Arasement	Maintien d'un point dur de fond	Risque d'évolution morphologique non souhaité
Arasement partiel	Abaissement de l'ouvrage ou de parties d'ouvrage	- Contraintes / risques forts - Amélioration franchissabilité piscicole
Gestion adaptée des organes mobiles	Ajustement de la manœuvre des ouvrages <i>Avec éventuellement modification des ouvrages</i>	- Ouvrage de faible chute avec organes mobiles - Usage permettant une modulation de débit et de position des ouvrages mobiles
Equipement de l'ouvrage	Création d'un dispositif de franchissement piscicole (et éventuellement de gestion sédimentaire)	- Ouvrage conséquent ou particulier (pas ou peu d'organes mobiles) - Usage permanent ne laissant que peu de marge de manœuvre

Fig. 50. Rappel des principes d'aménagement d'ouvrages hydrauliques

Aussi, cette opération sera structurée par deux composantes d'intervention fortes à savoir la continuité piscicole et la restauration éco-morphologique de la rivière, qui traiteront à leur niveau les autres problématiques.

Tout en respectant les enjeux locaux et l'impérative nécessité de non-aggravation du risque d'inondation, la faisabilité de l'effacement de l'ouvrage est étudiée dans la suite du rapport.

5. FAISABILITE TECHNIQUE DU DERASEMENT DE L'OUVRAGE

5.1. CONTRAINTES LOCALES ET INCERTITUDES

Le diagnostic a permis d'analyser l'ensemble des contraintes et enjeux locaux à savoir prioritairement :

- Le bâti ;
- L'ouvrage d'art ;
- Le risque de déconnexion du ruisseau de la Vauclusotte.

Dans la suite de cette partie, chaque contrainte est traitée afin de conclure sur la compatibilité de l'enjeu avec les différents principes techniques disponibles pour l'aménagement de l'ouvrage hydraulique de la Voyèze, en identifiant des seuils et niveaux de calage topographiques à ne pas dépasser au risque de menacer sérieusement les enjeux.

5.1.1. Bâti riverain

Dans le cas d'un effacement, des incidences sur la stabilité du bâti peuvent être induites. Ces incidences peuvent porter théoriquement sur la déstabilisation du bâti par des phénomènes suivants :

- Erosion externe et affouillement des soubassements ;
- Dégradation des maçonneries au gré des agressions du temps (gel/dégel, ...) ;
- Modification des caractéristiques géotechniques des sols d'assises du bâti (portance des sols en place) ...

L'érosion externe des maçonneries peut se gérer par des aménagements simples de stabilisation et de protection de berge.

L'effet du temps peut être maîtrisé par la protection des maçonneries en soubassement mais dans tous les cas, un entretien des maçonneries vétustes sera indispensable.

La portance des sols en place peut être préservée par le maintien en place des matériaux et leur degré de saturation en eau.

Sur le site de la Voyèze, il a été observé :

- Des signes d'instabilités des talus plus ou moins végétalisés entre le pont et la maison des propriétaires de l'ouvrage ;
- Au niveau de la maison de la piscine et de la maison d'habitation, un mur et un enrochement en place ne devraient pas subir l'abaissement du cours d'eau ;
- Des signes importants d'instabilités au niveau du premier bâtiment de l'usine, créant de nombreuses fissures. Ces mouvements proviendraient probablement des différentes phases de travaux et aménagements réalisés dans ces bâtiments (construction de mur) ayant pu engendrer des tassements différentiels ;
- Un important ensablement au niveau de l'entrée de l'ancien canal usinier ne permettant pas d'observer les fondations ;

- Les bâtiments en aval de l'ouvrage hydraulique présentent une fondation en pierre avec un léger débord semblant reposer sur de très gros blocs calcaires ou directement sur le substratum calcaire.



Fig. 51. Signe d'instabilité de talus



Fig. 52. Mur et enrochement le long de l'habitation et jardin



Fig. 53. Signe d'instabilité du premier bâtiment et signe de fissures en berge

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 54. Ensablement important et colmatage à l'entrée du canal usinier



Fig. 55. Canal usinier alimenté par l'aval



Fig. 56. Bâtiments situés à l'aval de l'ouvrage

Partant de cette réflexion, deux approches méthodologiques sont disponibles dans le cadre d'un dérasement de l'ouvrage de la Voyèze :

- **Mise en œuvre d'études complémentaires afin d'apprécier les sensibilités et marges de manœuvre au droit du bâti au plus juste :**

Cette approche implique la réalisation d'investigations complémentaires de reconnaissance des fondations et d'expertise de structure (nature, état sanitaire et vétusté). Ces prospections sont conséquentes puisqu'elles impliquent des fouilles au droit

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

des constructions, nécessitant un isolement hydraulique de la zone de travail ainsi qu'un blindage des fouilles et l'usage de moyens mécaniques pour descendre dans la rivière.

Notons que ces investigations peuvent supporter quelques incertitudes résiduelles en fonction des conditions d'exécution, et surtout elles peuvent induire elles-mêmes des risques de déstabilisation du bâti en place (décompactage des sols en place par terrassement, erreur humaine, ...).

- **Mise en œuvre de mesures de sauvegarde du bâti riverain intégrées au projet**

Ces mesures techniques peuvent être les suivantes :

- Simple talus enherbé : stabilité non garantie et nécessite une intervention sur les berges avec un fruit de talus plus doux ;
- Soutènement des matériaux en place par une structure adaptée (merlon en enrochements appareillés/liaisonnés, gabions boîtes, ...) et remplissage par des matériaux insensibles à l'eau.

5.1.2. Ouvrage d'art

Le pont présent dans la zone d'influence amont de l'ouvrage hydraulique de la Voyèze demande notre attention.

Le pont de la Voyèze situé à 200 m en amont du déversoir est de type « tablier sur culée avec deux piles dans le lit de la rivière ». De ce fait, il présente un niveau de sensibilité aux évolutions morphologiques du lit mineur assez conséquent, d'autant plus que les sondages réalisés ont mis en évidence des horizons sensibles à l'eau, tels que les limons argileux et l'argile à cailloutis et blocs jusqu'à la cote 398.85 mNGF, que les piles du pont ont été confortées en 2009 par un béton projeté et qu'un affouillement est visible au niveau des piles variant de 0.6 à 1.0m.

Nous ne disposons pas du dossier d'ouvrage détaillé et il n'a pas été possible de procéder à la reconnaissance des fondations des piles du pont. Aussi, prenant comme hypothèses :

- Les caractéristiques de la couche de limon argileux vasard sont très moyennes, et que celle-ci ne constituerait pas un horizon d'ancrage pérenne pour les piles et culées du pont ;
- La couche d'argile sableuse et graveleuse de compacité moyenne à élever aurait pu servir d'assise aux fondations.

Il en ressort que les fondations seraient potentiellement ancrées dans la couche d'argile sableuse à partir de la cote 400.75 mNGF.

Les recommandations géotechniques sont les suivantes :

- Des mesures d'accompagnement sont recommandées afin de limiter le risque d'érosion du bâti au grès des ajustements de la rivière ainsi que le risque de déstabilisation des maçonneries du fait de l'abaissement du niveau d'eau moyen.
- Au-delà, seules des investigations complémentaires avec mise en place de moyens spécifiques adaptés au contexte de reconnaissance de fondation dans un cours d'eau, pourraient permettre de préciser l'ancrage des piles du pont :
 - 4 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
 - 1 dans chaque culée du pont ;
 - 1 dans chaque pile ;
 - 1 diagnostic préalable d'un bureau d'études structure dans le cas où le tablier n'était pas en béton précontraint.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Ces investigations complémentaires sont indispensables pour lever les incertitudes qui persistent sur la structure du pont.

5.1.3. Continuité écologique du ruisseau de la Vaclusotte

Le dérasement demeure la solution la plus efficace pour restaurer la continuité écologique au droit de l'ouvrage de la Voyèze mais également semble être la seule solution pérenne pour rétablir des habitats aquatiques à la rivière.

Malheureusement, cette solution entrainerait, malgré elle, une déconnection totale du ruisseau de la Vaclusotte, soit une inaccessibilité aux refuges et aux habitats potentiellement intéressants sur près de 500 m.

La chute induite en cas de dérasement serait de plus de 1.70 m, ce qui induirait la reprise de la passe à poissons et l'aménagement de 5 nouveaux bassins sur une longueur de 15 m minimum, pour fragmenter la chute résiduelle.

5.2. ANALYSE HYDRAULIQUE DE L'EFFACEMENT

La suppression totale du barrage a été testée hydrauliquement. Les lignes d'eau calculées après effacement sont présentées sur le profil en long suivant :

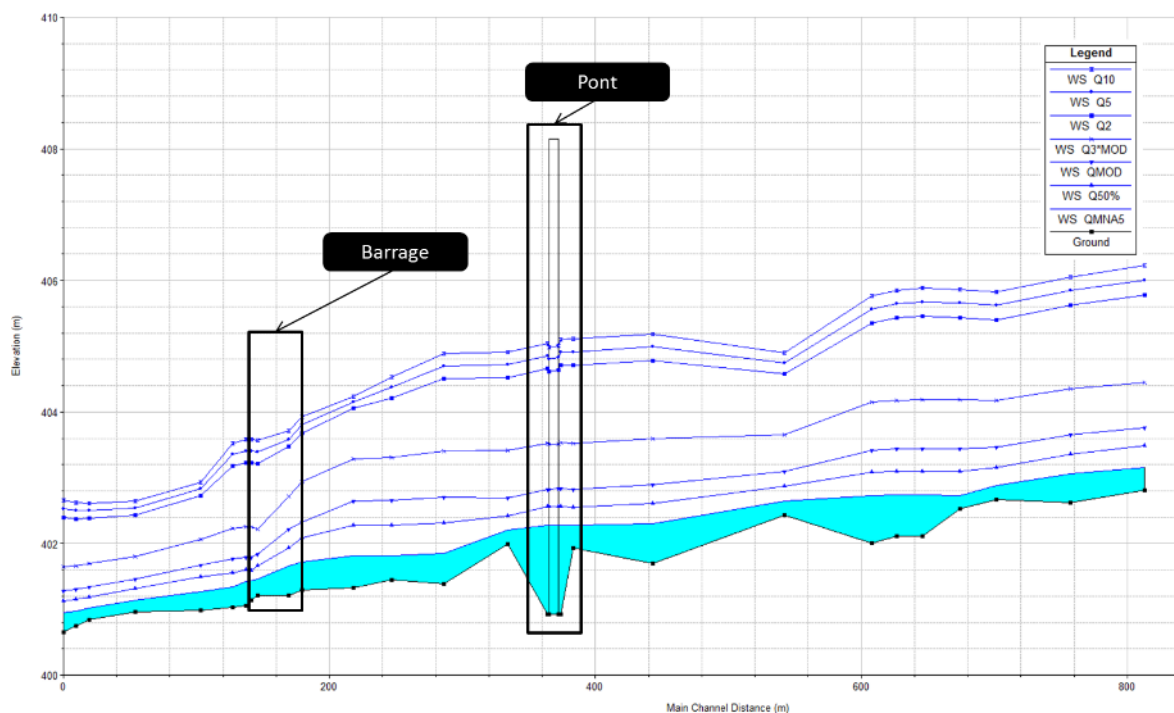


Fig. 57. Profils de ligne d'eau après effacement total

Cette configuration induit logiquement un abaissement généralisé des niveaux d'eau en amont du barrage de la Voyèze, pour les débits courants mais aussi en crue car l'ouvrage n'est pas ennoyé pour les crues plus importantes.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

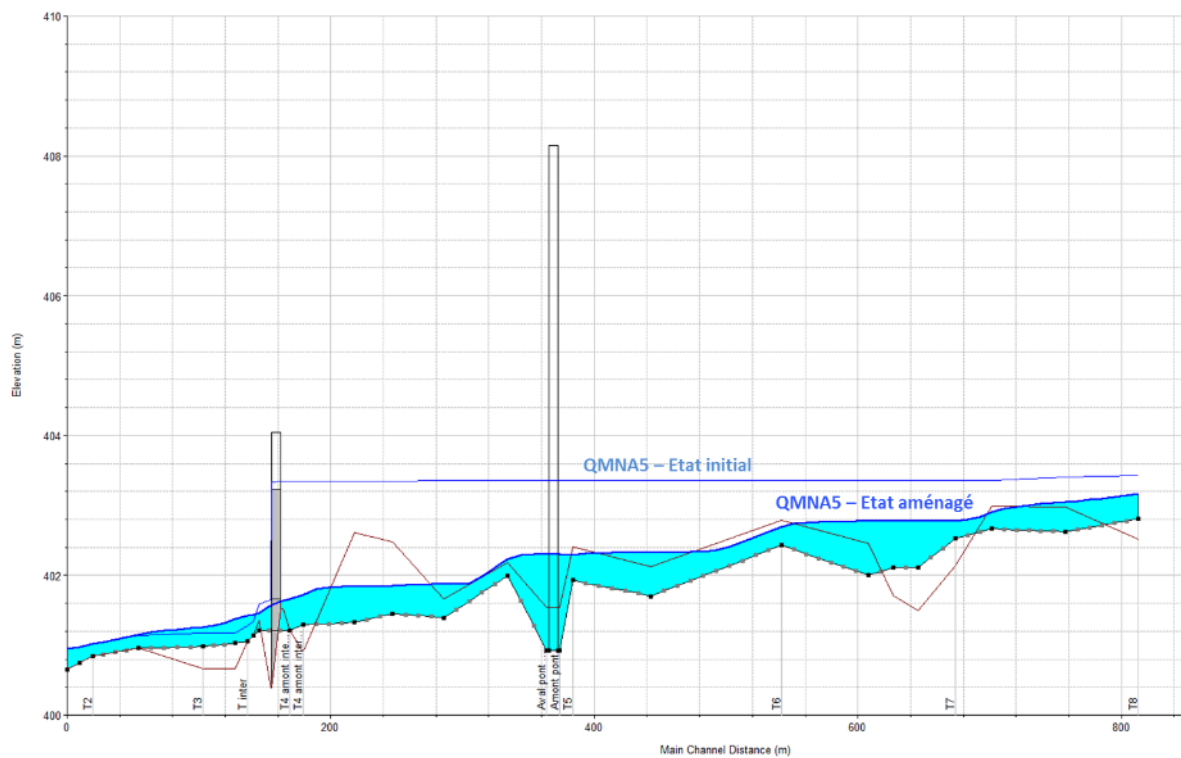


Fig. 58. Comparaison - Profils de ligne d'eau au QMNA5

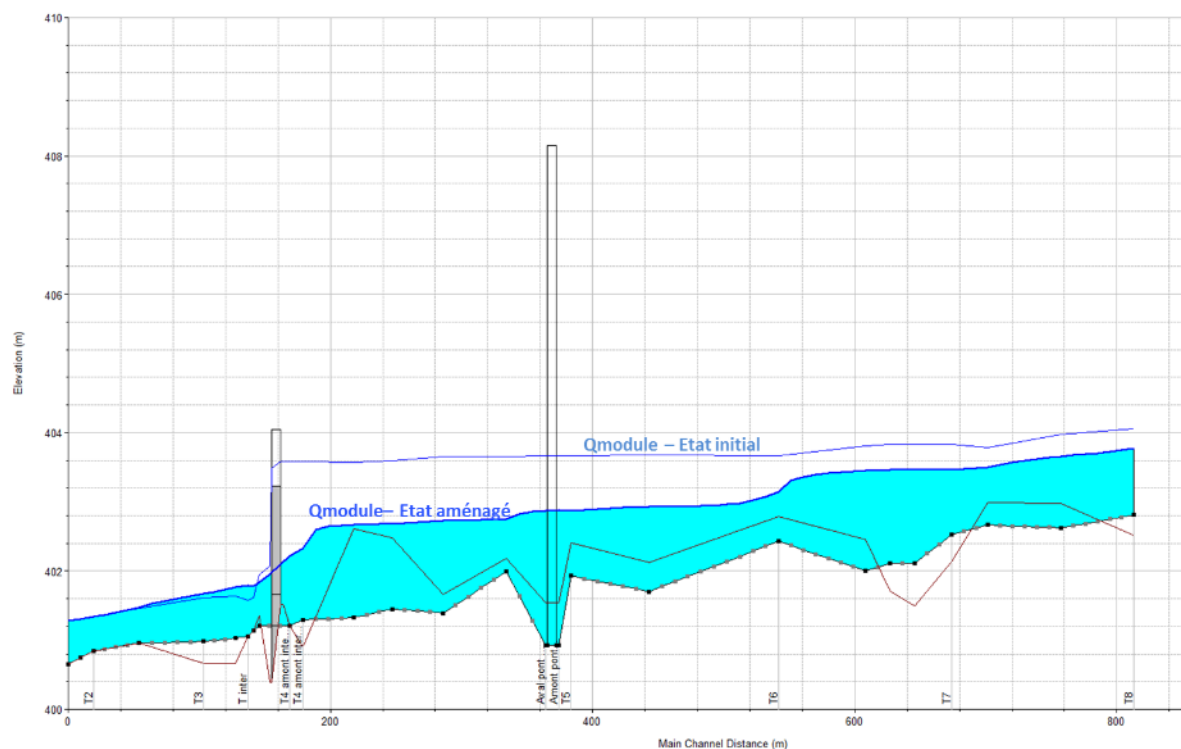


Fig. 59. Comparaison - Profils de ligne d'eau au module

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

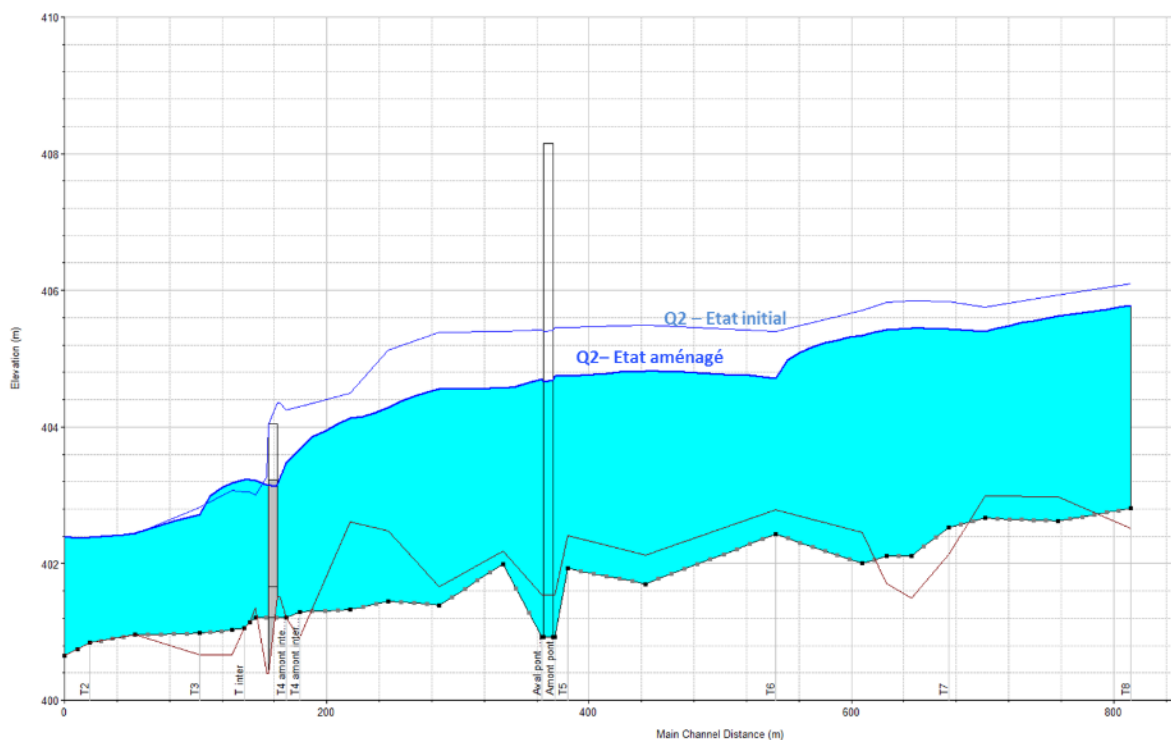


Fig. 60. Comparaison - Profils de ligne d'eau en crue biennale

Tabl. 18 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les niveaux d'eau

Débit		Barrage de la Voyèze			Pont de la Voyèze		
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)
QMNA5	1.3	403.35	401.66	1.69	403.35	402.28	1.07
Q50%	6.2	403.46	401.94	1.52	403.49	402.56	0.93
Module	13.7	403.59	402.17	1.42	403.67	402.84	0.83
3*Module	41.1	403.90	402.57	1.33	404.19	403.53	0.66
Q2	130.0	404.35	403.26	1.09	405.46	404.71	0.75
Q5	150.0	404.70	403.37	1.33	405.66	404.91	0.75
Q10	170.0	404.81	403.48	1.33	405.85	405.10	0.75
Q20	180.0	404.87	403.54	1.33	405.93	405.20	0.73
Q50	200.0	404.97	403.64	1.33	406.10	405.38	0.72

En termes de vitesses, les impacts sont globalement comparables, avec une accélération après dérasement.

Tabl. 19 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les vitesses d'écoulement

Débit		Barrage de la Voyèze				Pont de la Voyèze			
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur d'augmentation	Ecart (%)
QMNA5	1.3	0.02	1.00	50.0	4900	0.04	0.11	2.8	175
Q50%	6.2	0.09	1.94	21.6	2056	0.19	0.35	1.8	84
Module	13.7	0.18	2.43	13.5	1250	0.37	0.58	1.6	57
3*Module	41.1	0.45	3.25	7.2	622	0.79	1.00	1.3	27
Q2	130.0	1.16	4.18	3.6	260	1.41	1.74	1.2	23
Q5	150.0	1.17	4.35	3.7	272	1.51	1.85	1.2	23
Q10	170.0	1.27	4.48	3.5	253	1.61	1.95	1.2	21
Q20	180.0	1.32	4.55	3.4	245	1.65	1.99	1.2	21
Q50	200.0	1.41	4.67	3.3	231	1.74	2.08	1.2	20

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En termes de forces tractrices, les impacts sont globalement comparables. Le dérasement engendre une augmentation des forces tractrices, conditionnées par l'abaissement de la ligne d'eau et l'accélération des vitesses.

Tabl. 20 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les forces tractrices en crue biennale

Secteur	Etat initial				Etat aménagé			
	Rh (m)	i (pente d'énergie)	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)	Rh (m)	i (pente d'énergie)	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)
Pont de la Voyèze ↓	2.69	0.0019	49.3	1.4	2.40	0.002	47.1	1.7
	2.39	0.0019	43.8	1.5	1.86	0.002	36.5	2.2
	2.84	0.0019	52.1	1.4	2.18	0.002	42.8	1.8
	1.74	0.0019	31.9	2.4	2.04	0.020	400.2	2.6
	1.50	0.010	147.2	3.9	2.23	0.020	437.5	2.8
	1.94	0.010	190.3	2.0	1.21	0.020	237.4	3.5
	1.99	0.010	195.2	2.1	1.23	0.020	241.3	3.5
Barrage de la Voyèze	2.33	0.010	228.6	1.2	1.51	0.020	296.3	2.0

Au droit du pont, cette approche hydraulique nous permet d'appréhender le risque d'atteinte à la pérennité de l'ouvrage. En effet, les différents paramètres (niveau d'eau, vitesses, forces tractrices) ont tendance à converger vers une accélération des processus morphologiques qu'à l'état actuel. Sans mesures compensatoires, les principaux processus susceptibles d'impacter le pont seraient de deux ordres :

- Un processus d'érosion des berges, susceptibles de menacer l'intégrité des culées ;
- Un processus d'érosion du fond, à savoir l'affouillement, susceptible de menacer l'intégrité des piles.

Pour rappel, des signes d'affouillement sont perceptibles actuellement au niveau des piles du pont, allant de 0.6 à 1.0 m. La comparaison avec l'approche théorique semble surévaluer les résultats, en indiquant un affouillement compris entre 1 et 3 m pour les crues morphogènes.

En état aménagé, les premières estimations hydrauliques mettent en évidence un impact certain de l'effacement de la Voyèze sur les niveaux d'eau (et donc les hauteurs d'eau) ainsi que les vitesses au droit de l'ouvrage et du pont pour les débits de crues morphogènes. On constate que les effets de l'effacement sont réels et pour toute la plage de débits, avec un abaissement de l'ordre de 75 cm au droit du pont et une vitesse augmentée par 3.6 au droit de l'ouvrage pour une crue biennale et de 1.2 au droit du pont.

Afin d'apprécier l'affouillement théorique en état aménagé, nous avons utilisé les formules de HEC 18, FDOT et LEFORT. Attention, pour rappel, ces formules ont tendance à surévaluer les résultats car celles-ci ne tiennent pas compte de l'agencement des matériaux du lit, mais elles permettaient toutefois d'estimer sommairement l'affouillement.

L'affouillement après effacement viendrait à s'intensifier au droit du pont de la Voyèze, en lien avec l'augmentation de la capacité du Dessoubre :

- Mise en place d'érosion régressive ;
- Augmentation des vitesses ;
- Augmentation des forces tractrices.

Tabl. 21 - Affouillement au droit du pont de la Voyèze après effacement

Méthode	Affouillement moyen (m)	Erreur totale (%) pour des diamètre > 0.7 mm	Affouillement minimal (m)	Affouillement maximal (m)
HEC 18	2.19	47	1.16	3.22
SHEPPARD ET MELVILLE	3.96	13	3.45	4.47
LEFORT	2.37	11	2.11	2.63

Selon les formules utilisées, l'affouillement théorique après effacement de l'ouvrage serait compris entre 1.16 m à 4.50 m. La coupe ci-dessous illustre l'affouillement minimal et maximal potentiel.

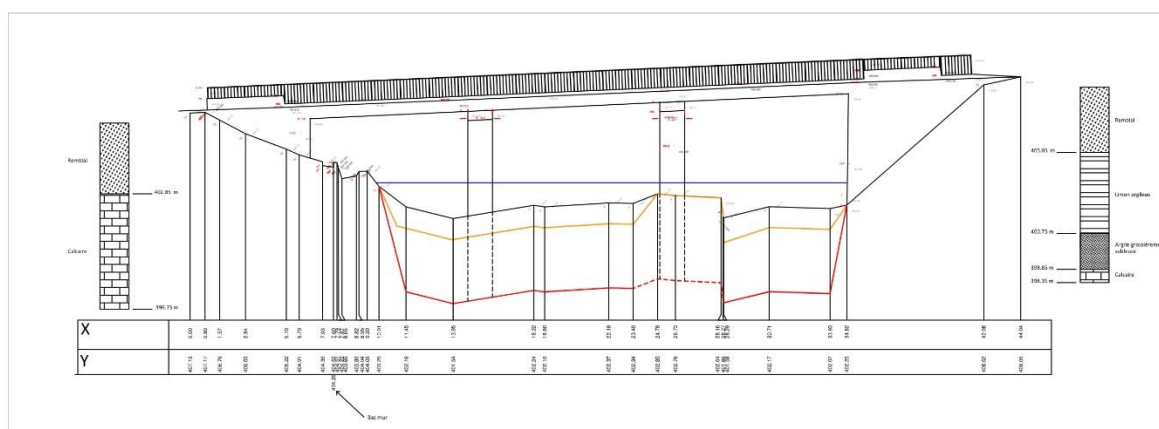


Fig. 61. Comparaison du fond actuel et affouillement minimal (orange) et maximal (rouge)

5.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

La faisabilité technique du dérasement de l'ouvrage met en évidence une intensification des processus morphologiques en lien avec l'ajustement de la pente de fond jusqu'à l'équilibre du profil en long et la diminution des hauteurs des niveaux d'eau entraînant une augmentation des vitesses et des forces tractrices.

Tous les paramètres hydrauliques et morphologiques sont réunis pour tendre vers un affouillement au droit du pont plus important, affouillement déjà perceptible dans la configuration actuelle, et vers une capacité érosive du Dessoubre plus importante.

D'après les résultats géotechniques, des horizons aux caractéristiques mécaniques faibles ont été observés en rive droite. Les limons et les argiles sont des couches dont la résistance est particulièrement faible pour accueillir des fondations et qui sont extrêmement sensibles aux variations hydriques.

Par ailleurs, ne connaissant ni le type de fondations de l'ouvrage (fondation sur caisson, fondation sur pieux ou fondation sur semelle), ni l'ancrage de celles-ci, l'effacement total de l'ouvrage semble incompatible avec la préservation du pont sans la mise en œuvre d'investigations complémentaires : sondages au droit de l'ouvrage, étude structure ...

6. SCENARIOS ALTERNATIFS

Afin de préserver la pérennité du pont, plusieurs scénarios alternatifs ont été étudiés, à savoir :

- Scénario 1 : Arasement de l'ouvrage et aménagements franchissables de conception et aménagements connexes et besoin complémentaires ;
- Scénario 2 : Abaissement partiel de l'ouvrage et aménagements connexes ;
- Scénario 3 : Maintien de l'ouvrage et création d'un dispositif de franchissement piscicole.

Aussi, dans la suite du document, chaque scénario alternatif est décrit comme suit :

- Principe d'intervention et implantation ;
- Principales incidences et mesures d'accompagnement proposées ;
- Estimation du coût des aménagements ;
- Bilan avantages/inconvénients.

6.1. SCENARIO 1 : ARASEMENT DE L'OUVRAGE

6.1.1. Principes d'intervention

La philosophie d'aménagement de l'ouvrage est dictée par la recherche de compromis entre l'effacement maximal des effets de l'ouvrage sur l'hydrosystème et la préservation des enjeux locaux. Ce scénario s'inscrit bien évidemment dans une optique de non valorisation hydroélectrique de l'ouvrage et d'abandon du droit d'eau associé.

Au-delà de l'atteinte des objectifs globaux, les principales motivations de ce scénario sont :

- La simplification de la gestion de l'ouvrage (manœuvre de la vanne en cas de crue) ;
- La suppression de l'entretien de l'ouvrage.

Les principales questions qu'il soulève sont :

- L'impact sur les enjeux riverains ;
- L'impact paysager.

6.1.2. Implantation

L'intervention se déroulera au droit du seuil de la Voyèze, sur les berges attenantes et sur le Dessoubre en amont et aval de l'ouvrage.

Le lit réaménagé seulement au droit de l'ouvrage. Les phases de travaux s'étendront de la manière suivante :

- Démantèlement de la passerelle ;

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

- Arasement de l'ouvrage et création d'une rampe de fond de 160 m franchissable par conception ;
- Epaulement et confortement de la berge rive gauche sur environ 50 m ;
- Retalutage de la berge rive gauche au niveau du jardin de la propriété de M. Bernardot sur 70 m.

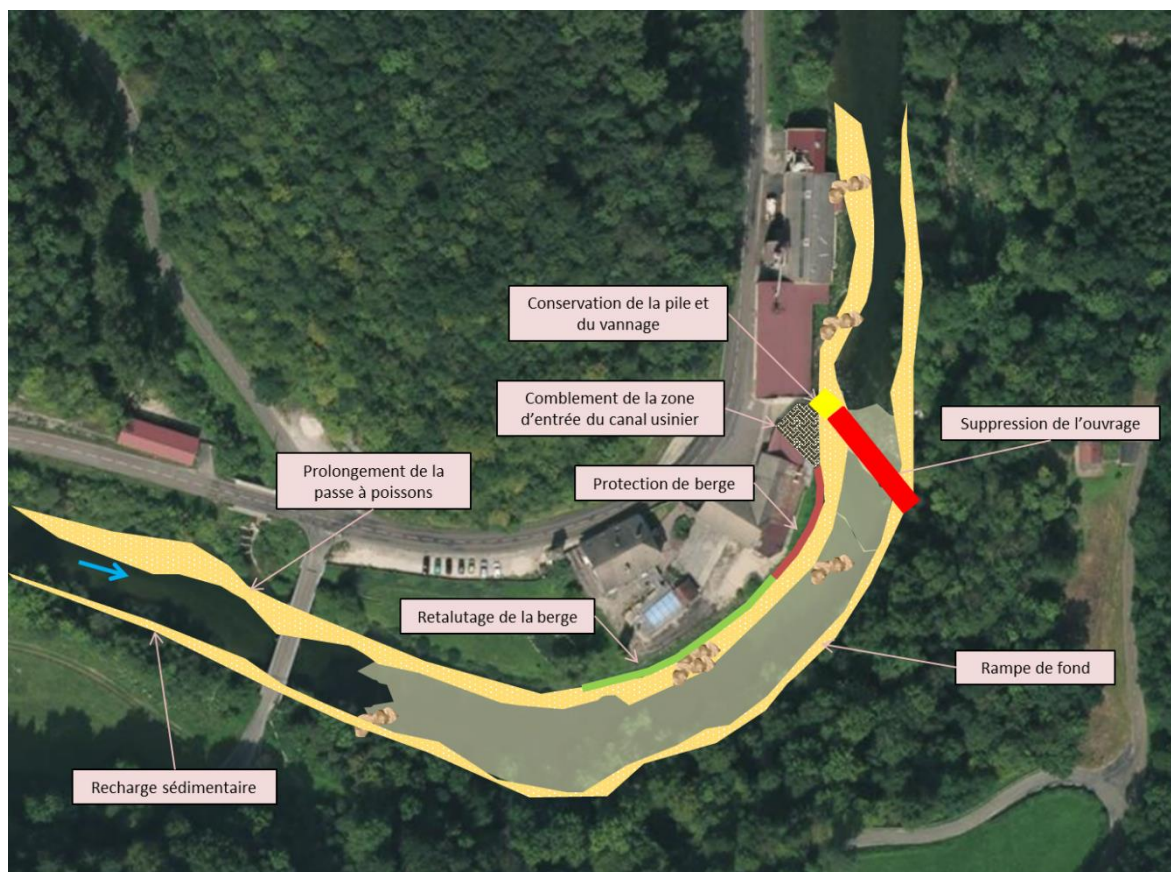


Fig. 62. Schéma de synthèse des aménagements proposés pour l'arasement de l'ouvrage

6.1.3. Arasement de l'ouvrage franchissable de conception

Le compromis technique entre la restauration écologique et les habitats aquatiques du Dessoubre tout en préservant la pérennité du pont et du bâti est d'araser l'ouvrage hydraulique en gardant un fond dur et de créer une rampe de fond franchissable de conception de 160 m de long pour conserver les conditions hydrauliques au droit du pont de la Voyèze.

La rampe de fond sera constituée des matériaux type graviers / blocs / gros blocs pour favoriser au maximum une diversité des écoulements entre des zones de repos (après blocs...) et une hétérogénéité dans le profil en travers. Par ailleurs, un chenal d'écoulement pour concentrer les débits à l'étiage sera créé au sein de la rampe de fond.

6.1.4. Recharge sédimentaire

La mise en place de banquettes en double épaisseur sera constituée de matériaux graveleux et de petits blocs. La recharge de fond sera composée d'éléments grossiers compris entre 10/100 mm et la recharge secondaire sous forme de bancs sera comprise entre 5/50 mm. La disposition des

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

matériaux granulométriques sera réalisée de manière régulière et diversifiée sur la largeur totale du lit mouillé et sur une épaisseur de 30-40 cm en moyenne. Les crues à venir seront chargées de disposer / remanier naturellement les sédiments injectés.

6.1.5. Accompagnement du bâti

L'arasement entrainera l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont immédiat. Cet abaissement pouvant avoir une incidence sur les berges en place, notamment, celle en rive gauche où la route départementale et le bâti constituent un fort enjeu à préserver, il sera prévu de conforter la berge en pied.

Aussi, pour éviter de favoriser la recirculation de l'eau au niveau de l'entrée du canal, cette zone sera comblée.

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthodologie suivante :

- Berge à redessiner avec des enrochements appareillés sur la partie inférieure et des apports de terre végétale sur la partie supérieure ;
- Mise en place d'un treillis coco et ensemencement ;
- Mise en œuvre de boutures de saules ;
- Végétalisation de la berge.

Cette protection de berge rive gauche sera consolidée par un enrochement de protection en base de 100/400 kg et d'un treillis coco H2M5 740 g/m² et fera l'objet de plantations. La longueur de la protection de berge sera de 50 ml. Puis un retalutage de la berge rive gauche par simple technique déblais / remblais sera réalisé sur 70 m en amont de la protection de berge.

6.1.6. Reprise de la passe à poissons

Au droit de la passe à poisson de la Vauclusotte, l'arasement de l'ouvrage de la Voyèze entrainera un abaissement de la ligne d'eau du Dessoubre sur la plage de fonctionnement de la passe à poissons, soit une incidence sur la condition aval.

Partant du dimensionnement de Naldéo, l'arasement de la Voyèze induirait la mise en place de 2 pré-barrages pour que le dispositif de franchissement reste franchissable pour les espèces cibles.

Ainsi, l'extension nécessiterait une longueur disponible de 5 m et le prolongement des protections en berge

6.1.7. Principales incidences

Les principales incidences identifiées sont les suivantes :

- Incidences hydrauliques :
 - Etiage et débit moyen : abaissement généralisé des niveaux d'eau et augmentation des vitesses d'écoulement ;
 - Crue : pas d'effet significatif ;

Tabl. 22 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les niveaux d'eau (rampe de fond)

Débit		Barrage de la Voyèze			Pont de la Voyèze		
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)	Etat initial (mNGF)	Etat aménagé (mNGF)	Ecart (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.11	1.24	403.35	402.89	0.46
Q50%	6.2	403.46	402.44	1.02	403.49	403.24	0.25
Module	13.7	403.59	402.72	0.87	403.67	403.56	0.11
3*Module	41.1	403.90	403.23	0.67	404.19	404.23	-0.04
Q2	130.0	404.35	403.90	0.45	405.46	405.39	0.07
Q5	150.0	404.70	404.02	0.68	405.66	405.59	0.07
Q10	170.0	404.81	404.14	0.67	405.85	405.76	0.09
Q20	180.0	404.87	404.19	0.68	405.93	405.84	0.09
Q50	200.0	404.97	404.30	0.67	406.10	406.01	0.09

Tabl. 23 - Synthèse de l'impact de l'effacement sur les vitesses (rampe de fond)

Débit		Barrage de la Voyèze				Pont de la Voyèze			
Fréquence	Valeur (m/s)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur	Ecart (%)	Etat initial (m/s)	Etat aménagé (m/s)	Facteur	Ecart (%)
QMNA5	1.3	0.02	1.27	63.5	6250	0.04	0.05	1.3	25
Q50%	6.2	0.09	1.92	21.3	2033	0.19	0.18	0.9	-5
Module	13.7	0.18	2.17	12.1	1106	0.37	0.33	0.9	-11
3*Module	41.1	0.45	2.39	5.3	431	0.79	0.68	0.9	-14
Q2	130.0	1.16	3.44	3.0	197	1.41	1.34	1.0	-5
Q5	150.0	1.17	3.60	3.1	208	1.51	1.45	1.0	-4
Q10	170.0	1.27	3.75	3.0	195	1.61	1.55	1.0	-4
Q20	180.0	1.32	3.83	2.9	190	1.65	1.60	1.0	-3
Q50	200.0	1.41	3.95	2.8	180	1.74	1.69	1.0	-3

- Incidences morphologiques : Effet modéré étant donné que le linéaire est peu actif (contexte de gorge ...) :
 - La restauration du transit sédimentaire sur un tronçon peu dynamique ;
 - Le risque de déstockage de sédiments est présent même si la retenue induite par l'ouvrage ne semble peu remplie (le linéaire de remous hydraulique est important) ;
 - Avec la mise en place de seuil de fond, le risque d'incision par érosion régressive semble peu important eu égard aux incidences évaluées pour les crues morphogènes.

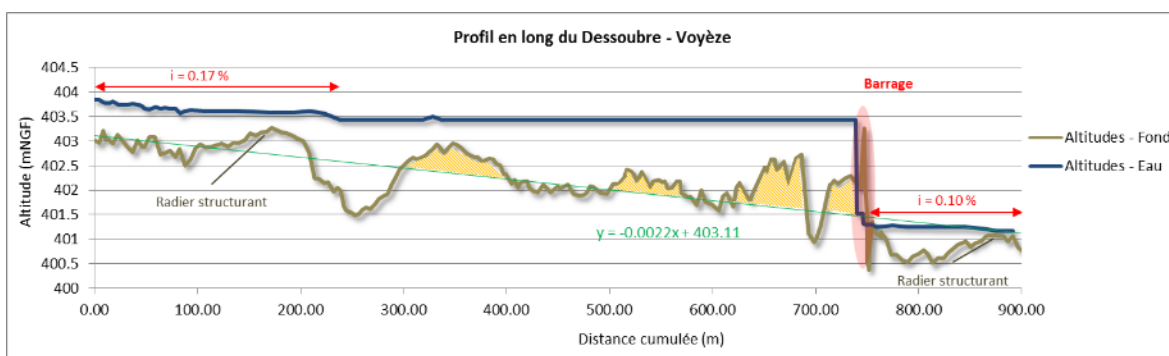


Fig. 63. Profil en long (état final en vert) du Dessoubre au droit de l'ouvrage

- Incidences écologiques :
 - Restauration de la continuité piscicole ;
 - Restauration d'écoulements favorables aux espèces rhéophiles ;
 - Impact sur les habitats aquatiques positif ;
- Incidences sur les ouvrages et le bâti :
 - Incidences sur le pont de la Voyèze à préciser ;

- Incidences sur l'ancien moulin à apprécier ;
- Incidences paysagères : Restauration d'écoulements naturels sur une portion de la rivière aménagée.

6.1.8. Contraintes réglementaires

Ce scénario implique le respect d'une procédure dite « autorisation environnementale » incluant a minima le volet Loi sur l'Eau.

Le seuil d'autorisation est justifié par la modification induite du profil en long et /ou du profil en travers sur un linéaire supérieur à 100m (rubrique 3.1.2.0 de la nomenclature Loi sur l'eau).

En parallèle, cette opération implique l'abrogation du droit d'eau fondé en titre qui pourra être effectuée soit à l'initiation du titulaire du droit d'eau (abandon de droit d'eau) soit, a posteriori, à l'initiative de la DDT du Doubs.

Dans le cas d'une demande volontaire d'abandon de droit d'eau, ce projet pourra être analysé comme une remise en état après exploitation d'un ouvrage, au titre de la loi de 1919.

6.1.9. Estimation financière

A ce jour, le coût de l'aménagement sur l'ouvrage de la Voyèze s'élève environ à 570 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 100 000 €HT ;
- Démantèlement du seuil : 30 000 €HT ;
- Remodelage du lit mineur : 310 000 €HT ;
- Reprise de la passe à poissons : 80 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 50 000 €HT.

6.2. SCENARIO 2 : ABAISSEMENT DE L'OUVRAGE

6.2.1. Principe d'intervention

La philosophie d'aménagement de l'ouvrage est dictée par la recherche de compromis entre l'effacement maximal des effets de l'ouvrage sur l'hydrosystème et la préservation des enjeux locaux. Ce scénario s'inscrit bien évidemment dans une optique de non valorisation hydroélectrique de l'ouvrage et d'abandon du droit d'eau associé.

Au-delà de l'atteinte des objectifs globaux, les principales motivations de ce scénario sont :

- La simplification de la gestion de l'ouvrage (manœuvre de la vanne en cas de crue) ;
- La suppression de l'entretien de l'ouvrage.

Les principales questions qu'il soulève sont :

- L'impact sur les enjeux riverains ;
- L'impact paysager.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.2. Implantation

L'intervention se déroulera au droit du seuil de la Voyèze, sur les berges attenantes et sur le Dessoubre en amont et aval de l'ouvrage.

Le lit réaménagé seulement au droit de l'ouvrage. Les phases de travaux s'étendront de la manière suivante :

- Démantèlement de la passerelle ;
- Abaissement de l'ouvrage ;
- Création d'un dispositif de franchissement pour la montaison ;
- Epaulement et confortement de la berge rive gauche sur environ 50 m ;
- Retalutage de la berge rive gauche au niveau du jardin de la propriété de M. Bernardot sur 70 m ;
- Création d'un point dur.

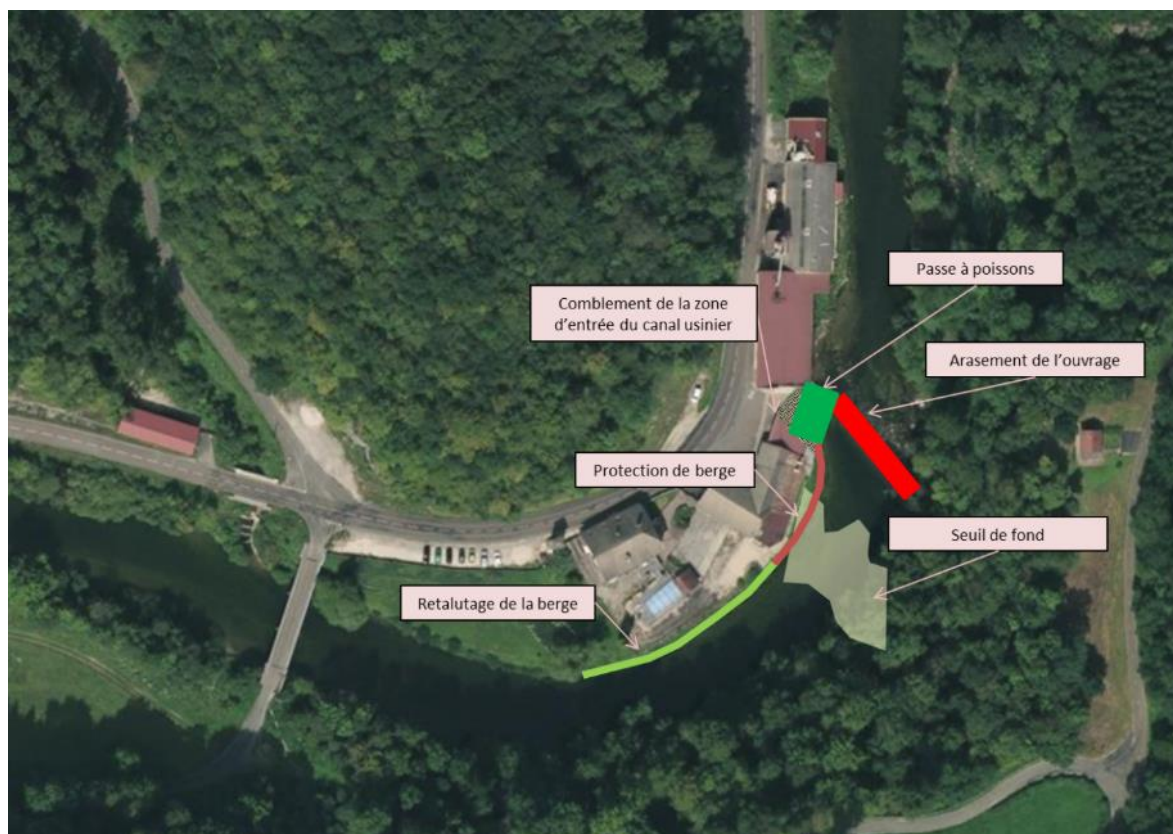


Fig. 64. Localisation des aménagements prévus

6.2.3. Abaissement de l'ouvrage

Afin de réduire les impacts de l'ouvrage hydrauliques tout en conservant les enjeux locaux, le compromis technique proposé est un arasement de l'ouvrage tout en gardant un radier de fond (point dur) dans l'objectif de conserver la saturation en eau des argiles susceptibles d'accueillir les fondations du bâti riverain et du pont.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Au-delà, tenant compte des incertitudes présentes au droit du radier du pont en amont et de notre recommandation de ne pas approfondir le fond du lit sous le pont, nous recommandons d'araser le barrage de la Voyèze à la cote 402.85 mNGF, soit seulement 45 cm en dessous de la crête actuelle.

Un radier de fond (point dur) sera maintenu dans l'objectif de conserver les mêmes conditions hydrauliques en crue sous le pont. Ce point se situerait à 50 m en amont de l'ouvrage, la cote minimale fixée est de 402.60 mNGF.

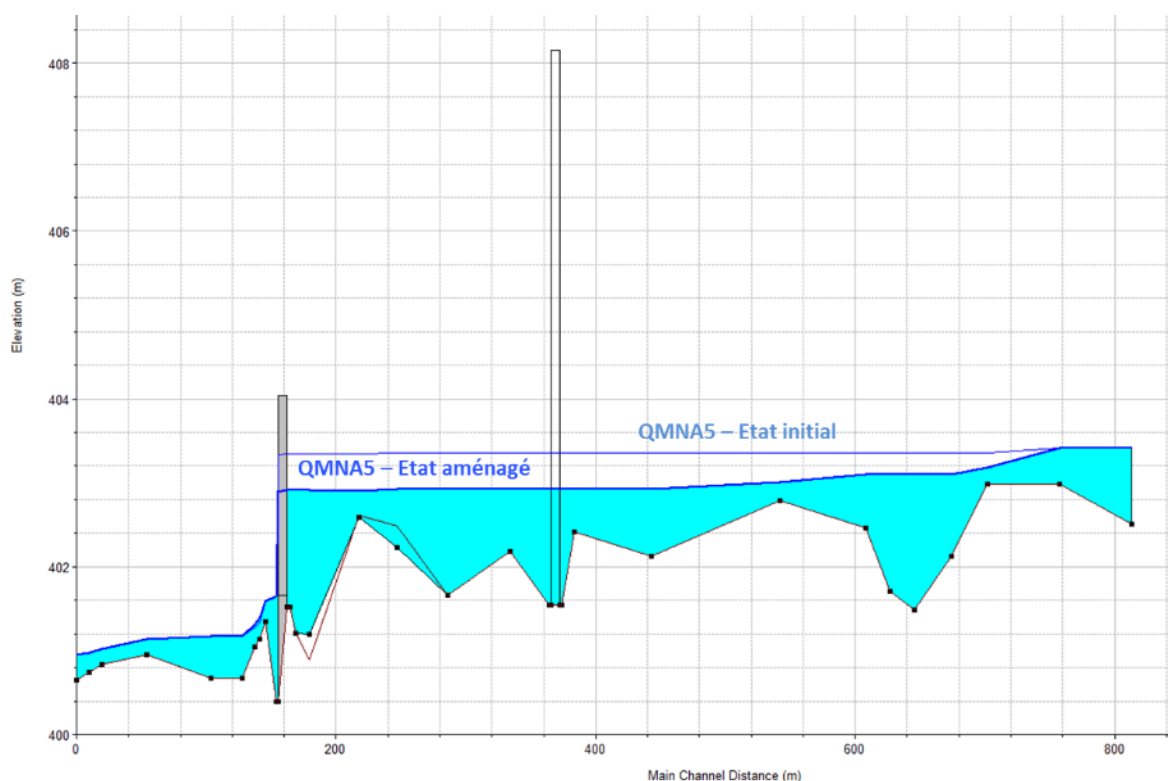


Fig. 65. Comparaison - Profils de ligne d'eau au QMNA5

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

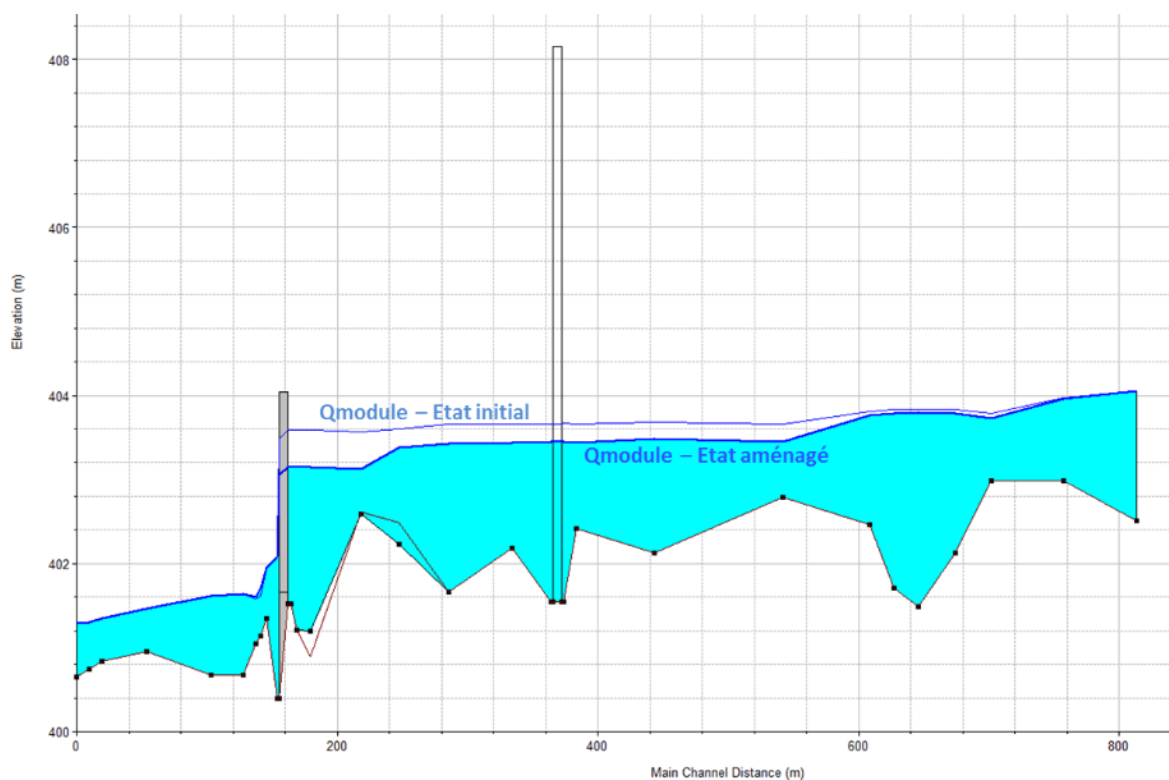


Fig. 66. Comparaison - Profils de ligne d'eau au module

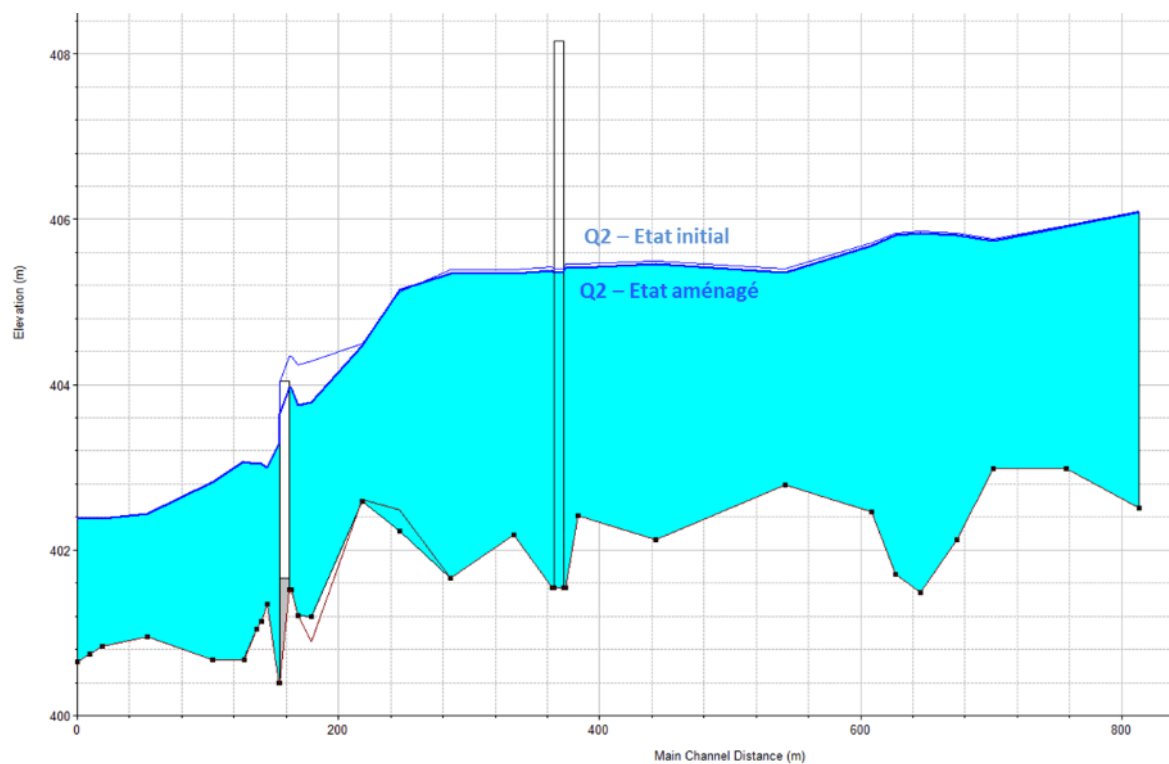


Fig. 67. Comparaison - Profils de ligne d'eau en crue biennale

6.2.4. Restauration de la continuité écologique

L'arasement partiel de l'ouvrage ne permettra pas de restaurer seul la continuité piscicole à la montaison. En effet, malgré l'abaissement de la cote de la retenue en amont, la hauteur de chute restante, variant en fonction du débit est présentée dans le tableau suivant :

Tabl. 24 - Arasement partiel du barrage Voyèze – Chute résiduelle à aménager

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	402.91	401.17	1.74
Module	13.7	403.15	401.61	1.54
3*Module	41.1	403.46	402.12	1.34
Q2	130.0	403.96	403.00	0.96

Par conséquent, la restauration efficace de la continuité écologique impose de coupler l'arasement partiel de l'ouvrage à un dispositif dédié à la montaison piscicole.

6.2.4.1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

- Spectre écologique : Le peuplement piscicole du Dessoubre sur le secteur d'étude a été présenté dans la première partie du document.

Les principales données biologiques d'entrée pour le dimensionnement du dispositif de franchissement piscicole sont rappelées ci-dessous :

- Espèces cibles : Espèces d'intérêt patrimonial telles sur la Truite fario, Lamproie de Planer, Ombre.

A noter que, malgré son statut patrimonial, le Chabot revêt un enjeu de restauration moindre si l'on considère ses besoins de déplacement réduits et ses faibles capacités de franchissement. Aussi, dans un souci de maîtrise des coûts d'aménagement et d'optimisation du rapport coût/gain écologique, cette espèce ne sera pas retenue comme « cible » pour la suite du dimensionnement. Néanmoins, la franchissabilité de cette espèce sera regardée pour les solutions techniques étudiées, notamment via un travail sur la rugosité en fond du dispositif.

Eu égard à ces espèces et à la taille des individus, le fonctionnement du dispositif devra être compatible avec un franchissement « **toutes espèces** ».

- Plage de fonctionnement : La période à enjeu pour la Truite s'étend globalement de novembre à février. La période pour la Lamproie de Planer et l'Ombre s'étend d'avril à juin.

En première approche, nous avons pris comme hypothèse de dimensionnement une plage de fonctionnement maximale du QMNA5 à 3 le module (soit statistiquement un peu plus de 90 % de l'année).

Ce fonctionnement pourra être optimisé par la suite si nécessaire.

- Données hydrauliques : Sur la plage de fonctionnement ciblée, les variations de niveaux d'eau et de hauteur de chute à franchir, issues des simulations hydrauliques, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 25 - Variation des niveaux d'eau et de la hauteur de chute

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	402.91	401.17	1.74
Module	13.7	403.15	401.61	1.54
3*Module	41.1	403.46	402.12	1.34

6.2.4.2. IMPLANTATION

De manière générale, le poisson a tendance à remonter le cours d'eau le plus en amont possible, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par une chute d'une hauteur infranchissable ou par des courants ou des turbulences trop violentes. Il convient donc d'installer l'entrée piscicole de la passe à poissons le plus près possible de l'ouvrage, qui correspond au point de plus haute remontée du poisson.

Dans notre cas, le barrage de la Voyèze étant oblique, l'implantation privilégiée se situe en rive droite, représentant le point de plus haute remontée. Cette partie de l'ouvrage est techniquement plus difficile d'accès (aucun chemin d'accès, versant abrupt) or un des premiers dysfonctionnements de la passe à poissons est le manque d'entretien. **Ainsi, dans la configuration actuelle, nous préconisons d'implanter la passe à poissons en rive gauche.**

6.2.4.3. TYPES DE DISPOSITIF

Plusieurs types de dispositifs de franchissement piscicole à la montaison. Tenant compte des contraintes locales, et notamment de l'absence d'emprise disponible en berge, et des espèces piscicoles en présence, le choix d'une **passe à bassins successifs** semble plus approprié qu'une rampe à macro-rugosité qui demanderait une emprise beaucoup plus importante (ici, de l'ordre de 40m linéaire).

6.2.4.4. PRE-DIMENSIONNEMENT : PASSE A BASSINS SUCCESIFS

6.2.4.4.1. Principe de fonctionnement

Le passage de l'eau d'un bassin à l'autre peut s'effectuer par une ou plusieurs fentes ou échancrures, par un ou divers orifices, par déversement de surface, ou par diverses combinaisons des solutions précédentes.

Les principaux paramètres d'une passe à bassins sont :

- Les dimensions des bassins ;
- Les caractéristiques géométriques des dispositifs assurant le passage de l'eau au niveau des cloisons (dimensions et altitudes des fentes, échancrures, orifices ou déversoirs).

Ces caractéristiques géométriques déterminent, en fonction des cotes des niveaux d'eau à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, le comportement hydraulique de la passe, c'est-à-dire son débit, la différence de niveau d'un bassin à l'autre ainsi que la configuration de l'écoulement dans les bassins.

Les passes pouvant permettre le franchissement « toutes espèces » sont obligatoirement à jet de surface, c'est-à-dire où le poisson passe d'un bassin à l'autre en nageant. Ce type de jet est déterminé par le rapport des charges aval et amont qui doit être supérieur à 0,60.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze



Fig. 68. Exemple d'une passe à bassins successifs à fentes verticales

6.2.4.4.2. Critères de dimensionnement

Le fonctionnement d'une passe à bassins successifs dépend de plusieurs critères qui permettent d'évaluer la fonctionnalité piscicole de l'ouvrage en fonction de la période hydrologique considérée. Il s'agit :

- De la charge dans les fentes ou échancrures, qui doit être suffisante afin de permettre le passage du poisson ;
- De la hauteur de chute entre les bassins, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du type de jet, plongeant ou de surface, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du tirant d'eau dans les bassins, qui doit être supérieur à 2 fois la hauteur de chute entre bassins ;
- De la puissance volumique dissipée dans les bassins, généralement comprise entre 100-150 W/m³ pour les petites espèces, et 200-250 W/m³ pour les espèces de plus grandes tailles (Ombre, Truite fario).

Les différentes espèces de poissons ne disposant pas des mêmes capacités de nage, la valeur retenue pour chacun de ces critères dépendra par conséquent de l'espèce (ou groupe d'espèces) mais également de la taille (stade du cycle de croissance) des individus concernés.

Les critères hydrauliques à respecter pour les espèces cibles considérées au droit du barrage sont présentés dans le tableau suivant :

Tabl. 26 - Passe à bassins successifs - Critères hydrauliques pour les espèces cibles

Espèces	Type de jet	Hauteur de chute maximale (m)	Largeur minimale des fentes (m)	Puissance dissipée maximale (W/m ³)
Truite / Ombre	Surface	0.25 à 0.30	0.3	< 250
Petites espèces	Surface	0.15 à 0.20	0.2	< 150

6.2.4.4.3. Pré-dimensionnement

Le type de passe sera défini plus précisément au stade PRO mais un ouvrage à fentes verticales semble bien approprié. Les fentes verticales profondes (jusqu'au radier) apportent une certaine souplesse de fonctionnement car elles permettent de garantir une certaine robustesse face aux variations de niveau amont et aval, et sont adaptées aux espèces benthiques (déplacement à proximité du fond) et pélagiques (déplacement en pleine eau) sans capacité de saut étant donné la formation d'un jet de surface avec la formation de à jet de surface.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Les passes à fentes verticales sont fréquemment mises en œuvre comme passes « toutes espèces ». Etant donné que les variations de niveau sont plus marquées à l'aval du barrage, le choix de la largeur de fente sera important afin d'apporter les meilleures conditions hydrodynamiques pour le passage des poissons, tout en permettant de limiter l'enneigement de la passe.

Le débit d'alimentation dépendra du dimensionnement des fentes (profondeur et largeur) et sera défini à un stade ultérieur de l'étude (PRO). De manière générale, on constatera que plus les fentes sont larges, moins elles sont soumises au colmatage, mais plus elles nécessitent des bassins de dimensions importantes afin de permettre une dissipation d'énergie suffisante.

A ce stade, nous avons pris comme hypothèse un débit d'alimentation de 0.6 m³/s. De plus, le débit pris comme débit de projet (ou débit de dimensionnement) sera le module (13.7 m³/s).

Compte tenu des espèces cibles sur secteur, il est proposé de fixer **la hauteur de chute à 20 cm** entre chaque bassin (soit 8 bassins et 9 chutes pour une hauteur de chute de l'ordre de 1.54 m au module) et de respecter une **puissance maximale dissipée de 150 W/m³**.

En première approche, le dispositif pourrait disposer des caractéristiques suivantes :

- 9 cloisons munies d'une fente verticale profonde de 35 cm de largeur (compatible avec un débit de 0.6 m³/s au débit médian) ;
- 8 bassins de 3.5 m de longueur et de 2.5 m de largeur, avec un tirant d'eau de 1 à 1.3 m.

Tabl. 27 - Caractéristique de la passe à bassins

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N°Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.7	402.00	402.00				
					1	401.90	3.50	2.50
2	0.30	0.7	401.80	401.80				
					2	401.70	3.50	2.50
3	0.30	0.7	401.60	401.60				
					3	401.50	3.50	2.50
4	0.30	0.7	401.40	401.40				
					4	401.30	3.50	2.50
5	0.30	0.7	401.20	401.20				
					5	401.10	3.50	2.50
6	0.30	0.7	401.00	401.00				
					6	400.80	3.50	2.50
7	0.30	0.7	400.80	400.80				
					7	400.60	3.50	2.50
8	0.30	0.7	400.60	400.60				
					8	400.40	3.50	2.50
9	0.30	0.7	400.40	400.40				

Le dispositif aurait alors une longueur développée voisine de 30 m. Un repli de la passe sera nécessaire afin de positionner l'entrée piscicole au plus près de l'obstacle. Dans ce cas, le dispositif constituerait un bloc de 15 m de longueur et 8 m de largeur.

Un système pare embâcles devra être aménagé à l'amont de la passe afin de limiter les opérations d'entretien. Il est cependant important de signaler que les passes en génie civil nécessitent une surveillance accrue par rapport à une rampe en enrochements. Les fentes ou échancrures sont en effet sujettes au colmatage, ce qui entrave le fonctionnement hydraulique de ce type d'ouvrages.

Un entretien régulier est à prévoir, notamment sur les périodes à fort enjeux pour les espèces cibles.

6.2.4.5. RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS

Le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage est issu de simulations effectuées sous le logiciel CASSIOPEE.

Les simulations ont été réalisées sur l'ensemble de la plage de fonctionnement du dispositif, soit du QMNA5 à 3 fois le module. Elles sont basées sur les hypothèses décrites précédemment.

Les résultats obtenus par le calcul sont synthétisés dans les tableaux suivant :

Tabl. 28 - Résultats de fonctionnement - QMNA5

QMNA5 = 1.30 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	402.91								
					1	0.20	0.441	402.00	SURFACE
1	402.71	121	0.811	0.217					
					2	0.20	0.441	401.80	SURFACE
2	402.51	121	0.813	0.217					
					3	0.20	0.441	401.60	SURFACE
3	402.32	119	0.815	0.216					
					4	0.20	0.441	401.40	SURFACE
4	402.12	118	0.818	0.215					
					5	0.20	0.441	401.20	SURFACE
5	401.92	117	0.823	0.214					
					6	0.19	0.441	401.00	SURFACE
6	401.73	115	0.829	0.212					
					7	0.19	0.441	400.80	SURFACE
7	401.54	112	0.839	0.210					
					8	0.19	0.441	400.60	SURFACE
8	401.35	108	0.852	0.207					
					9	0.18	0.441	400.40	SURFACE
Aval	401.17								

Tabl. 29 - Résultats de fonctionnement - QMODULE

QMODULE = 13.70 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.15								
					1	0.19	0.546	402.00	SURFACE
1	402.96	110	1.058	0.206					
					2	0.19	0.546	401.80	SURFACE
2	402.77	108	1.069	0.204					
					3	0.19	0.546	401.60	SURFACE
3	402.58	104	1.084	0.202					
					4	0.18	0.546	401.40	SURFACE
4	402.40	100	1.103	0.198					
					5	0.18	0.546	401.20	SURFACE
5	402.23	95	1.128	0.194					
					6	0.17	0.546	401.00	SURFACE
6	402.06	88	1.159	0.188					
					7	0.16	0.546	400.80	SURFACE
7	401.90	81	1.199	0.182					
					8	0.15	0.546	400.60	SURFACE
8	401.75	73	1.249	0.175					
					9	0.14	0.546	400.40	SURFACE
Aval	401.61								

Tabl. 30 - Résultats de fonctionnement - Q3*MODULE

Q3*MODULE = 41.1 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.46								
					1	0.15	0.618	402.00	SURFACE
1	403.31	76	1.408	0.176					
					2	0.14	0.618	401.80	SURFACE
2	403.17	67	1.465	0.169					
					3	0.13	0.618	401.60	SURFACE
3	403.03	59	1.533	0.161					
					4	0.12	0.618	401.40	SURFACE
4	402.91	52	1.612	0.153					
					5	0.11	0.618	401.20	SURFACE
5	402.80	45	1.701	0.145					
					6	0.10	0.618	401.00	SURFACE
6	402.70	38	1.804	0.137					
					7	0.09	0.618	400.80	SURFACE
7	402.61	32	1.911	0.129					
					8	0.08	0.618	400.60	SURFACE
8	402.53	27	2.031	0.122					
					9	0.07	0.618	400.40	SURFACE
Aval	402.46								

6.2.5. Accompagnement du bâti

L'arasement entrainera l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont immédiat de l'ordre de 0.5 m. Cet abaissement pouvant avoir une incidence sur les berges en place, notamment, celle en rive gauche où la route départementale et le bâti constituent un fort enjeu à préserver, il sera prévu de conforter la berge en pied.

Aussi, pour éviter de favoriser la recirculation de l'eau au niveau de l'entrée du canal, cette zone sera comblée.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

Le confortement en rive gauche s'effectuera selon la méthodologie suivante :

- Berge à redessiner avec des enrochements appareillés sur la partie inférieure et des apports de terre végétale sur la partie supérieure ;
- Mise en place d'un treillis coco et ensemencement ;
- Mise en œuvre de boutures de saules ;
- Végétalisation de la berge.

Cette protection de berge rive gauche sera consolidée par un enrochement de protection en base de 100/400 kg et d'un treillis coco H2M5 740 g/m² et fera l'objet de plantations. La longueur de la protection de berge sera de 50 ml. Puis un retalutage de la berge rive gauche par simple technique déblais / remblais sera réalisé sur 70 m en amont de la protection de berge.

Tabl. 31 - Synthèse des forces tractrices entre le pont et le barrage de la Voyèze (crue biennale)

Secteur	Rh (m)	i	Force tractrice (Pa)	Vitesse (m/s)
Pont de la Voyèze	2.35	0.000603	13.9	1.5
	2.27	0.000729	16.2	1.6
	2.72	0.000446	11.9	1.4
	1.87	0.001878	34.5	2.2
	1.44	0.008231	116.3	3.9
	1.39	0.004802	65.5	2.9
Barrage de la Voyèze	1.48	0.004223	61.3	2.8
	1.86	0.000767	14.0	1.4

6.2.6. Reprise de la passe à poisson de la Vaclusotte

Au droit de la passe à poisson de la Vaclusotte, l'arasement de l'ouvrage de la Voyèze entraînera un abaissement de la ligne d'eau du Dessoubre sur la plage de fonctionnement de la passe à poisson, soit une incidence sur la condition aval.

Les incidences au droit de la passe à poisson sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tabl. 32 - Incidences sur la ligne d'eau aval de la passe à poissons de la Vaclusotte

	Débit (m/s)	Niveau d'eau initial (mNGF)	Niveau d'eau projeté (mNGF)	Incidence (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.92	0.43
Module	13.7	403.67	403.45	0.22
3*Module	41.1	404.19	404.12	0.07
Q2	130.0	405.46	405.42	0.04

Partant du dimensionnement de Naldéo, l'arasement de la Voyèze induirait la mise en place de 2 pré-barrages pour que le dispositif de franchissement reste franchissable pour les espèces cibles.

Ainsi, l'extension nécessiterait une longueur disponible de 5 m et le prolongement des protections en berge.

6.2.7. Principales incidences attendues

6.2.7.1. IMPACT HYDRAULIQUE

Le calage hydraulique de ce scénario repose sur la nécessité de préserver les conditions hydrauliques actuelles sous le pont de manière à ne pas déstabiliser cet ouvrage d'art.

Un abaissement de la ligne d'eau en amont immédiat de l'ouvrage est attendu pour les débits caractéristiques. Les incidences sont décrites dans le tableau suivant :

Tabl. 33 - Incidences sur la ligne d'eau amont

	Débit (m/s)	Niveau d'eau initial (mNGF)	Niveau d'eau projeté (mNGF)	Incidence (m)
QMNA5	1.3	403.35	402.91	0.44
Module	13.7	403.59	403.15	0.44
3*Module	41.1	403.89	403.46	0.43
Q2	130.0	404.35	403.96	0.39

6.2.7.2. IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE

Ce scénario ne présente aucun intérêt d'un point de vue morpho-sédimentaire, en effet, la faible hauteur arasée n'aura pas de conséquence sur la remobilisation des fonds.

6.2.7.3. IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES

L'arasement couplé avec un dispositif de franchissement rétablira la continuité piscicole à la montaison.

En termes de qualité physique et d'habitats aquatiques, les conséquences de l'abaissement de niveau d'eau et des mesures d'accompagnement seront légèrement positives, dans le sens l'effet « plan d'eau » sera réduit de 150 m.

Au-delà, la banalisation du lit mineur et des habitats sera encore présente sur près de 400 m.

6.2.7.4. IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER

Les modifications paysagères seront visibles se concentreront sur l'ouvrage hydraulique et le site de la Voyèze mais les points de vue restent limités étant donné le contexte de vallée encaissée.

6.2.8. Contraintes réglementaires

Ce scénario implique le respect d'une procédure dite « autorisation environnementale » incluant a minima le volet Loi sur l'Eau.

Le seuil d'autorisation est justifié par la modification induite du profil en long et /ou du profil en travers sur un linéaire supérieur à 100m (rubrique 3.1.2.0 de la nomenclature Loi sur l'eau).

En parallèle, cette opération implique l'abrogation du droit d'eau fondé en titre qui pourra être effectuée soit à l'initiation du titulaire du droit d'eau (abandon de droit d'eau) soit, a posteriori, à l'initiative de la DDT du Doubs.

Dans le cas d'une demande volontaire d'abandon de droit d'eau, ce projet pourra être analysé comme une remise en état après exploitation d'un ouvrage, au titre de la loi de 1919.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

6.2.9. Estimation financière

Au vu des aménagements proposés, une première estimation de l'enveloppe financière a pu être établie. Celle-ci est bien évidemment en mesure d'évoluer au stade projet, mais aussi selon les choix du maître d'ouvrage et les décisions du Comité de Pilotage lors de la prochaine réunion de présentation.

A ce jour, le coût de l'aménagement s'élève environ à 590 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 85 000 €HT ;
- Arasement du seuil et passe à bassins : 365 000 €HT ;
- Reprise de la passe à poissons de la Vaclusotte : 80 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 60 000 €HT.

6.3. SCENARIO 3 : CREATION D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT

6.3.1. Principe d'intervention

Ce scénario s'insère dans une logique de maintien de l'ouvrage et de mise en conformité vis-à-vis de la restauration de la continuité piscicole.

Il prévoit l'aménagement du barrage par un dispositif de franchissement piscicole à la montaison, tout en conservant la cote de retenue actuelle.

6.3.2. Restauration de la continuité piscicole

6.3.2.1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

- Spectre écologique : Le peuplement piscicole du Dessoubre sur le secteur d'étude a été présenté dans la première partie du document.

Les principales données biologiques d'entrée pour le dimensionnement du dispositif de franchissement piscicole sont rappelées ci-dessous :

- Espèces cibles : Espèces d'intérêt patrimonial telles sur la Truite fario, Lamproie de Planer, Ombre.

A noter que, malgré son statut patrimonial, le Chabot revêt un enjeu de restauration moindre si l'on considère ses besoins de déplacement réduits et ses faibles capacités de franchissement. Aussi, dans un souci de maîtrise des coûts d'aménagement et d'optimisation du rapport coût/gain écologique, cette espèce ne sera pas retenue comme « cible » pour la suite du dimensionnement. Néanmoins, la franchissabilité de cette espèce sera regardée pour les solutions techniques étudiées, notamment via un travail sur la rugosité en fond du dispositif.

Eu égard à ces espèces et à la taille des individus, le fonctionnement du dispositif devra être compatible avec un franchissement « **toutes espèces** ».

- Plage de fonctionnement : La période à enjeu pour la Truite s'étend globalement de novembre à février. La période pour la Lamproie de Planer et l'Ombre s'étend d'avril à juin.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

En première approche, nous avons pris comme hypothèse de dimensionnement une plage de fonctionnement maximale du QMNA5 à 3 le module (soit statistiquement un peu plus de 90 % de l'année).

Ce fonctionnement pourra être optimisé par la suite si nécessaire.

- Données hydrauliques : Sur la plage de fonctionnement ciblée, les variations de niveaux d'eau et de hauteur de chute à franchir, issues des simulations hydrauliques, sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 34 - Variation des niveaux d'eau et de la hauteur de chute

	Débit (m/s)	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Chute (m)
QMNA5	1.3	403.35	401.17	2.18
Module	13.7	403.59	401.64	1.95
3*Module	41.1	403.89	402.12	1.77

6.3.2.2. IMPLANTATION

De manière générale, le poisson a tendance à remonter le cours d'eau le plus en amont possible, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par une chute d'une hauteur infranchissable ou par des courants ou des turbulences trop violentes. Il convient donc d'installer l'entrée piscicole de la passe à poissons le plus près possible de l'ouvrage, qui correspond au point de plus haute remontée du poisson.

Dans notre cas, le barrage de la Voyèze étant orienté, l'implantation privilégiée se situe en rive droite, représentant le point de plus haute remontée. Cette partie de l'ouvrage est techniquement plus difficile d'accès (aucun chemin d'accès, versant abrupt) or un des premiers dysfonctionnements de la passe à poissons est le manque d'entretien. **Ainsi, dans la configuration actuelle, nous préconisons d'implanter la passe à poissons en rive gauche.**

6.3.2.3. TYPES DE DISPOSITIF

Plusieurs types de dispositifs de franchissement piscicole à la montaison. Tenant compte des contraintes locales, et notamment de l'absence d'emprise disponible en berge, et des espèces piscicoles en présence, le choix d'une **passe à bassins successifs** semble plus approprié qu'une rampe à macro-rugosité qui demanderait une emprise beaucoup plus importante (ici, de l'ordre de 50m linéaire).

6.3.2.4. PRE-DIMENSIONNEMENT

Le type de passe sera défini plus précisément au stade PRO mais un ouvrage à fentes verticales semble bien approprié. Les fentes verticales profondes (jusqu'au radier) apportent une certaine souplesse de fonctionnement car elles permettent de garantir une certaine robustesse face aux variations de niveau amont et aval, et sont adaptées aux espèces benthiques (déplacement à proximité du fond) et pélagiques (déplacement en pleine eau) sans capacité de saut étant donné la formation d'un jet de surface avec la formation de à jet de surface.

Les passes à fentes verticales sont fréquemment mises en œuvre comme passes « toutes espèces ». Etant donné que les variations de niveau sont plus marquées à l'aval du barrage, le choix de la largeur de fente sera important afin d'apporter les meilleures conditions hydrodynamiques pour le passage des poissons, tout en permettant de limiter l'enneigement de la passe.

Le débit d'alimentation dépendra du dimensionnement des fentes (profondeur et largeur) et sera défini à un stade ultérieur de l'étude (PRO). De manière générale, on constatera que plus les fentes sont larges, moins elles sont soumises au colmatage, mais plus elles nécessitent des bassins de dimensions importantes afin de permettre une dissipation d'énergie suffisante.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

A ce stade, nous avons pris comme hypothèse un débit d'alimentation de 0.6 m³/s. De plus, le débit pris comme débit de projet (ou débit de dimensionnement) sera le module (13.7 m³/s).

Compte tenu des espèces cibles sur secteur, il est proposé de fixer **la hauteur de chute à 20 cm** entre chaque bassin (soit 10 bassins et 11 chutes pour une hauteur de chute de l'ordre de 1.95 m au module) et de respecter une **puissance maximale dissipée de 150 W/m³**.

En première approche, le dispositif pourrait disposer des caractéristiques suivantes :

- 11 cloisons munies d'une fente verticale profonde de 35 cm de largeur (compatible avec un débit de 0.6 m³/s au débit médian) ;
- 10 bassins de 3.5 m de longueur et de 2.5 m de largeur, avec un tirant d'eau de 1 à 1.3 m.

Le dispositif aurait alors une longueur développée voisine de 37 m. Un repli de la passe sera nécessaire afin de positionner l'entrée piscicole au plus près de l'obstacle. Dans ce cas, le dispositif constituerait un bloc de 15 m de longueur et 8 m de largeur.

Tabl. 35 - Caractéristiques de la passe à poissons à bassins successifs

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N°Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.7	402.35	402.35				
					1	402.25	3.50	2.50
2	0.30	0.7	402.15	402.15				
					2	402.05	3.50	2.50
3	0.30	0.7	401.95	401.95				
					3	401.85	3.50	2.50
4	0.30	0.7	401.75	401.75				
					4	401.65	3.50	2.50
5	0.30	0.7	401.55	401.55				
					5	401.45	3.50	2.50
6	0.30	0.7	401.35	401.35				
					6	401.25	3.50	2.50
7	0.30	0.7	401.15	401.15				
					7	401.05	3.50	2.50
8	0.30	0.7	400.95	400.95				
					8	400.85	3.50	2.50
9	0.30	0.7	400.75	400.75				
					9	400.65	3.50	2.50
10	0.30	0.7	400.55	400.55				
					10	400.45	3.50	2.50
11	0.30	0.7	400.35	400.35				

Un système pare embâcles devra être aménagé à l'amont de la passe afin de limiter les opérations d'entretien. Il est cependant important de signaler que les passes en génie civil nécessitent une surveillance accrue par rapport à une rampe en enrochements. Les fentes ou échancrures sont en effet sujettes au colmatage, ce qui entrave le fonctionnement hydraulique de ce type d'ouvrages. Un entretien régulier est à prévoir, notamment sur les périodes à fort enjeux pour les espèces cibles.

6.3.2.5. RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS

Le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage est issu de simulations effectuées sous le logiciel CASSIOPEE.

Les simulations ont été réalisées sur l'ensemble de la plage de fonctionnement du dispositif, soit du QMNA5 à 3 fois le module. Elles sont basées sur les hypothèses décrites précédemment.

Les résultats obtenus par le calcul sont synthétisés dans les tableaux suivant :

Tabl. 36 - Résultats de fonctionnement - QMNA5

QMNA5 = 1.30 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.35								
					1	0.20	0.416	402.35	SURFACE
1	403.15	103	0.900	0.185					
					2	0.20	0.416	402.15	SURFACE
2	402.95	103	0.901	0.185					
					3	0.20	0.416	401.95	SURFACE
3	402.75	103	0.901	0.185					
					4	0.20	0.416	401.75	SURFACE
4	402.55	103	0.902	0.184					
					5	0.20	0.416	401.55	SURFACE
5	402.35	102	0.902	0.184					
					6	0.20	0.416	401.35	SURFACE
6	401.96	102	0.903	0.184					
					7	0.20	0.416	401.15	SURFACE
7	401.95	102	0.905	0.184					
					8	0.20	0.416	400.95	SURFACE
8	401.76	101	0.907	0.183					
					9	0.20	0.416	400.75	SURFACE
9	401.56	100	0.910	0.183					
					10	0.20	0.416	400.55	SURFACE
10	401.36	99	0.914	0.182					
					11	0.19	0.416	400.35	SURFACE
Aval	401.17								

Tabl. 37 - Résultats de fonctionnement - QMODULE

QMODULE = 13.70 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.59								
					1	0.20	0.509	402.35	SURFACE
1	403.40	97	1.145	0.178					
					2	0.19	0.509	402.15	SURFACE
2	403.20	96	1.151	0.177					
					3	0.19	0.509	401.95	SURFACE
3	403.01	94	1.159	0.176					
					4	0.19	0.509	401.75	SURFACE
4	402.82	92	1.170	0.174					
					5	0.19	0.509	401.55	SURFACE
5	402.63	89	1.184	0.172					
					6	0.18	0.509	401.35	SURFACE
6	402.45	86	1.202	0.170					
					7	0.18	0.509	401.15	SURFACE
7	402.28	82	1.225	0.166					
					8	0.17	0.509	400.95	SURFACE
8	402.10	77	1.254	0.162					
					9	0.16	0.509	400.75	SURFACE
9	401.94	72	1.291	0.158					
					10	0.16	0.509	400.55	SURFACE
10	401.79	66	1.336	0.153					
					11	0.15	0.509	400.35	SURFACE
Aval	401.64								

Tabl. 38 - Résultats de fonctionnement - Q3*MODULE

Q3*MODULE = 41.1 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	403.89								
					1	0.19	0.620	402.35	SURFACE
1	403.70	89	1.453	0.171					
					2	0.18	0.620	402.15	SURFACE
2	403.52	87	1.469	0.169					
					3	0.18	0.620	401.95	SURFACE
3	403.34	84	1.488	0.167					
					4	0.18	0.620	401.75	SURFACE
4	403.16	80	1.512	0.164					
					5	0.17	0.620	401.55	SURFACE
5	402.99	76	1.542	0.161					
					6	0.17	0.620	401.35	SURFACE
6	402.83	72	1.577	0.157					
					7	0.16	0.620	401.15	SURFACE
7	402.67	67	1.619	0.153					
					8	0.15	0.620	400.95	SURFACE
8	402.52	62	1.669	0.149					
					9	0.14	0.620	400.75	SURFACE
9	402.38	57	1.727	0.144					
					10	0.13	0.620	400.55	SURFACE
10	402.24	51	1.794	0.138					
					11	0.12	0.620	400.35	SURFACE
Aval	402.12								

6.3.3. Principales incidences attendues

6.3.3.1. IMPACT HYDRAULIQUE

La mise en place d'un dispositif de franchissement piscicole n'aura aucune incidence hydraulique notable.

6.3.3.2. IMPACT MORPHO-SEDIMENTAIRE

Ce scénario n'aura aucun effet sur le fonctionnement des morpho-sédimentaire de la rivière.

6.3.3.3. IMPACT SUR LA CONTINUITE ECOLOGIQUE ET HABITATS AQUATIQUES

La passe à poissons permettra le franchissement piscicole pour la majorité des espèces identifiées à la montaison.

Aucun impact sur la restauration des habitats aquatiques, en effet, la zone de retenue du barrage restera inchangée.

6.3.3.4. IMPACT SUR LE PLAN PAYSAGER

Ce scénario n'aura aucun effet sur les enjeux locaux, ni sur le potentiel paysager du site.

6.3.4. Contraintes réglementaires

Ce type d'intervention est normalement soumis à déclaration « Loi sur l'Eau », voire à une demande de modification d'autorisation au titre de l'article R.214-18 du Code de l'Environnement.

6.3.5. Estimation financière

Au vu des aménagements proposés, une première estimation de l'enveloppe financière a pu être établie. Celle-ci est bien évidemment en mesure d'évoluer au stade projet, mais aussi selon les choix du maître d'ouvrage et les décisions du Comité de Pilotage lors de la prochaine réunion de présentation.

A ce jour, le coût de l'aménagement sur l'ouvrage de la Voyèze s'élève environ à 340 000 €HT :

- Frais de chantier et travaux préparatoires : 85 000 €HT ;
- Passe à bassins : 225 000 €HT ;
- Divers et imprévus : 30 000 €HT.

7. BILAN DE L'AMENAGEMENT DE L'OUVRAGE

7.1. LIMITES ET BESOINS D'ETUDES COMPLEMENTAIRES

L'aménagement de l'ouvrage de la Voyèze soulève de nombreuses questions inhérentes à la compatibilité des choix techniques avec les enjeux riverains. Même si l'analyse de ces enjeux a été approfondie, certaines incertitudes persistent quant aux hypothèses techniques prises en compte pour l'élaboration de nos propositions d'aménagement.

7.1.1. Bâti et ouvrage d'art riverain au barrage de la Voyèze

A ce stade et conformément à la logique présentée dans la première partie du document, nous avons recherché les solutions techniques les plus compatibles avec les enjeux riverains. Cependant, certaines incertitudes persistent et ne pourront probablement jamais être levées. Aussi, c'est bien l'ambition du projet et les mesures d'accompagnement qui doivent être adaptées.

Les données géotechniques réalisées n'ont pas permis d'estimer précisément l'impact de l'effacement du déversoir sur le bâti riverain et sur l'ouvrage d'art. Dans ce contexte, les incidences d'un tel aménagement sont considérées comme non négligeables, et potentiellement négatives.

Pour évaluer les incidences en cas d'effacement et d'arasement plus important, les besoins complémentaires sont les suivants :

- Etude géotechnique
 - Au niveau du pont : 4 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
 - Au niveau du bâti : 2 sondages destructifs d'une quinzaine de mètre ;
- Etude structure
 - 1 diagnostic préalable dans le cas où le tablier n'était pas en béton précontraint.

7.1.2. Conception de passe à poissons

Dans le cas où ce scénario était retenu, des données complémentaires seront nécessaires afin de valider les hypothèses de dimensionnement hydraulique et structurel :

Valider les variations de niveaux d'eau amont / aval de l'ouvrage : outre le défaut d'entretien, une des premières causes de mauvais fonctionnement d'un dispositif de franchissement piscicole est le mauvais calage amont / aval. Par conséquent, nous recommandons de disposer des niveaux d'eau à 3-4 débits (QMNA5, Module, 2xModule, 3xModule) contrastés en amont et en aval des ouvrages dans la configuration retenue pour l'aménagement ;

- Déterminer la nature et les caractéristiques des matériaux constitutifs du barrage au niveau de l'emplacement de la passe à poissons par la mise en œuvre de 1 à 2 forages de reconnaissance géologique de type destructif ou semi-destructif, mené à 8 m de profondeur avec des essais pressiométriques tous les 1.50 m minimum.

Chaque sondage fera l'objet d'un nivellement par rapport à un repère fixe levé par le géomètre, afin d'indiquer précisément les cotes altimétriques délimitant chaque couche de matériaux. Les relevés topographiques déjà réalisés pourront être fournis avant la réalisation des sondages.

Restauration de la continuité écologique sur le secteur aval du Dessoubre au droit des seuils de « Fleurey », « Neuf Gouffre » et la « Voyèze »

Diagnostic – Avant-Projet et propositions – Ouvrage de la Voyèze

7.2. COMPARAISON MULTI-CRITERE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES

Scénario d'aménagement	Critères de comparaison					
	Incidences Ecologiques (Ecologie, qualité physique,...)		Incidences socio-économiques		Coût € HT	Subvention (en %)
Dérasement de l'ouvrage de la Voyèze avec rampe de fond	++	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre Restauration des habitats aquatiques sur plus de 600 m <u>Inconvénients :</u> Accompagnement des habitats rivulaire face à la baisse généralisée des eaux	+/-	<u>Avantages :</u> Valorisation paysagère de la rivière sur environ 600 ml en amont du barrage Amélioration de la pratique de la pêche sur 600 m <u>Inconvénients :</u> Perte du Droit d'eau du barrage de la Voyèze Modifications profondes des perceptions de la rivière au niveau du pont Effets réels sur le bâti et le pont non pleinement maîtrisés	570 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau
Arasement du barrage de la Voyèze et aménagement d'un dispositif de franchissement	+/-	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre Restauration des habitats aquatiques sur environ 150 ml en amont du barrage de la Voyèze <u>Inconvénients :</u> Faible impact sur les habitats rivulaire	+/-	<u>Avantages :</u> Valorisation paysagère de la rivière sur environ 150 ml en amont du barrage Pas d'effet sur les fondations du pont <u>Inconvénients :</u> Ampleur de l'opération importante Perte du Droit d'eau du barrage de la Voyèze Nécessité d'un entretien régulier du dispositif de franchissement piscicole Modifications profondes des perceptions de la rivière au niveau du pont Effets réels sur le bâti non pleinement maîtrisés	590 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau
Equipement par un dispositif de franchissement piscicole	+/-	<u>Avantages :</u> Rétablissement de la continuité piscicole du Dessoubre <u>Inconvénients :</u> Pas de gain sur la qualité physique de la rivière ni sur les processus morphologiques	++	<u>Avantages :</u> Conservation du droit d'eau de l'ouvrage Peu d'impacts sur les aspects paysagers et les enjeux bâtis riverains Pas d'impact sur la passe à poissons de la Vaulusotte	340 000 €	Dépendra du porteur de projet A valider avec l'Agence de l'Eau

Fig. 69. Comparaison multicritère des solutions alternatives

7.3. RECOMMANDATIONS ARTELIA

A la lecture du document, la dimension globale de l'opération permet d'envisager des gains écologiques importants à l'échelle de l'ouvrage de la Voyèze mais aussi dans la continuité des travaux des seuils de Fleurey et de Neuf-Gouffre.

Le cœur de l'opération repose sur le choix d'aménagement de l'ouvrage hydraulique, qui demeure complexe eu égard aux diverses composantes qu'il impacte (ouvrage d'art, bâti) et aux sensibilités auxquelles il se confronte (perte de droit d'eau, changement paysager notable).

La suite de la mission doit se faire de façon collégiale et dans l'intérêt général et doit répondre aux attentes de la rivière pour améliorer la qualité du Dessoubre. Le diagnostic a mis en évidence que le Dessoubre souffre de plusieurs altérations hydromorphologiques : incision provoquée lors des grands travaux hydrauliques, déconnexion de la ripisylve avec la ligne d'eau, peu d'habitats en berges

Au regard des scénarios proposés, le niveau d'ambition suggérée serait le dérasement de l'ouvrage en mettant en œuvre les besoins complémentaires (géotechnique / structure) ou l'arasement de l'ouvrage.