

**BASSIN  
DU LOING**

---

Étude et suivi des travaux de restauration de la  
continuité écologique du Betz à Bransles – Moulin  
Brandard

## **Dossier de déclaration et déclaration d'intérêt général**

47008 | septembre 2022 | FNO







Immeuble Central Seine

42-52 quai de la Rapée

75583 Paris Cedex 12

Email : [hydra@hydra.setec.fr](mailto:hydra@hydra.setec.fr)

T : 01 82 51 64 02

Chef de projet : Florent Nolin

N°affaire : 50472

Fichier :

Version	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb pages	Observations / Visa
1	18/05/2022	Jean-Loïc DOUARD		270 + Annexes	Première émission
2	25/05/2022	Jean-Loïc DOUARD		274 + Annexes	Prise en compte des remarques de l'EPAGE du bassin du Loing suite à la première émission
3	31/05/2022	Jean-Loïc DOUARD		274 + Annexes	Prise en compte des remarques de l'EPAGE du bassin du Loing suite à la seconde émission
4	27/09/2022	Florent NOLIN		278 + Annexes	Prise en compte des observations de la DDT suite à l'instruction du dossier de déclaration d'intérêt général (cf. courrier du 25 août 2022 référencé 77-2022-00087)

## TABLE DES MATIÈRES

1	CONTENU DU DOSSIER .....	16
1.	INTRODUCTION.....	17
2	PIECE N°1 : NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR .....	18
3	PIECE N°2 : EMLACEMENT DU PROJET .....	19
4	PIECE N°3 : NATURE, CONSISTANCE, VOLUME ET OBJET DE L'OUVRAGE, DE L'INSTALLATION, DES TRAVAUX OU DE L'ACTIVITE ENVISAGES, AINSI QUE LA OU LES RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE DANS LESQUELLES ILS DOIVENT ETRE RANGES .....	23
4.1	Zones humides .....	23
4.2	Principales caractéristiques du site et enjeux .....	25
4.3	Principe d'aménagement retenu pour la restauration de la continuité écologique du Betz sur le site du moulin Brandard.....	30
4.4	Descriptif général des travaux .....	31
4.5	Cadre réglementaire .....	40
4.5.1	L'Autorisation environnementale.....	40
4.5.2	Rubriques de l'article R.214-1 du code de l'environnement.....	41
5	PIECE N°4 : NOTICE D'INCIDENCE DU PROJET SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES.....	43
5.1	Résumé non technique.....	43
5.2	Synthèse Environnementale.....	47
5.2.1	Hydrographie.....	47
5.2.2	Climat .....	49
5.2.3	Géologie et hydrogéologie .....	49
5.2.4	Occupation des sols .....	50
5.2.5	Hydrologie .....	51
5.2.6	Zones d'intérêt environnemental.....	57
5.2.7	Zones d'aléas naturels .....	60
5.2.8	Données piscicoles .....	62
5.2.9	Données relatives à la qualité de la masse d'eau .....	71
5.3	Données patrimoniales .....	77
5.3.1	Sites classés et inscrits .....	77
5.3.2	Périmètres de protection des Monuments Historiques.....	77
5.3.3	Zones de sensibilité et de présomption de prescriptions archéologiques.....	78
5.3.4	Qualification d'un patrimoine lié à l'eau .....	78
5.4	Données administratives et réglementaires .....	79
5.4.1	Domianialité du cours d'eau.....	79



5.4.2	Situation réglementaire actuelle du site .....	80
5.4.3	Zones de frayère, de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole .....	81
5.4.4	Aspects fonciers .....	82
5.5	Usages.....	86
5.5.1	Exploitation de la force motrice de l'eau .....	86
5.5.2	Pêche de loisir .....	86
5.5.3	Prélèvements en lit majeur.....	86
5.5.4	Plan d'eau d'agrément et point d'eau incendie.....	86
5.6	Synthèse des échanges réalisés avec le propriétaire dans le cadre de l'étude .....	91
5.7	ELEMENTS DE CONNAISSANCE SUR L'HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS ET TRAVAUX SUR LE COURS D'EAU .....	92
5.7.1	Aménagements anciens et antérieurs au XIX <sup>ième</sup> siècle .....	92
5.7.2	Aménagements antérieurs à la première moitié XX <sup>ième</sup> siècle .....	94
5.7.3	Aménagements postérieurs à la seconde moitié XX <sup>ième</sup> siècle .....	94
6	ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC .....	99
6.1	Approche descriptive globale sur le secteur d'étude .....	99
6.1.1	Organisation générale du réseau hydrographique .....	99
6.1.2	Analyse du profil en long du bras principal du Betz sur la zone d'étude .....	102
6.1.3	Analyse du profil en long du bras naturel court-circuité du Betz sur la zone d'étude (segment 5) .....	106
6.1.4	Potentiel d'érodabilité des berges .....	108
6.1.5	Caractérisation du substrat sur le Betz .....	109
6.1.6	Typologie géodynamique du cours d'eau .....	110
6.2	Approche descriptive par segment.....	112
6.2.1	Segment 1 : Le Betz non influencé en amont du moulin Brandard .....	112
6.2.2	Segment 2 : Le Betz peu influencé en amont du moulin Brandard .....	119
6.2.3	Segment 3 : Le Betz fortement influencé en amont du moulin Brandard.....	125
6.2.4	Segment 5 : Le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée.....	131
6.2.5	Plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard.....	137
6.2.6	Critères de forme à considérer pour les sections naturelles du Betz sur la zone d'étude.....	141
6.3	Description des ouvrages .....	142
6.3.1	Ouvrages hydrauliques structurants du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard.....	142
6.3.2	Autres ouvrages d'intérêt .....	150
6.4	Evaluation des impacts actuels des ouvrages .....	157
6.4.1	Analyse du fonctionnement hydraulique et des impacts des ouvrages actuels sur la répartition des eaux et les niveaux d'eau.....	157

6.4.2	Impacts des ouvrages sur le transit sédimentaire .....	170
6.4.3	Impacts des ouvrages sur la qualité de l'eau.....	175
6.4.4	Impacts des ouvrages sur la continuité piscicole.....	176
6.5	Synthèse des altérations au milieu naturel .....	183
6.6	Synthèse des enjeux, contraintes et opportunités .....	184
7	DESCRIPTION DU PROJET .....	186
7.1	Consistance et déroulement général des travaux.....	186
7.2	Conception du système répartiteur .....	188
7.2.1	Hypothèses de répartition des eaux entre le bief du moulin Brandard et le bras de contournement .....	188
7.2.2	Implantation et type d'aménagement préconisés .....	188
7.3	Reprofilage du lit sur le bras naturel court-circuité et dans l'emprise du plan d'eau exondé 189	
7.3.1	Positionnement en plan du nouveau tracé du lit mineur.....	189
7.3.2	Profil en long du nouveau tracé du lit mineur .....	190
7.3.3	Dimensionnement du gabarit du lit mineur .....	190
7.3.4	Restauration du matelas alluvial et diversification des habitats aquatiques .....	191
7.3.5	Choix des matériaux constituant les radiers .....	193
7.3.6	Fonctionnement hydraulique du bras naturel court-circuité restauré .....	195
7.4	Remodelage du lit sur le bief du moulin Brandard .....	201
7.5	Principes d'aménagements et dispositions constructives.....	204
7.5.1	Travaux préparatoires .....	204
7.5.2	Travaux forestiers.....	209
7.5.3	Travaux de terrassement .....	209
7.5.4	Travaux de dépose/démolition.....	211
7.5.5	Travaux de génie végétal.....	211
7.5.6	Travaux divers.....	212
7.5.7	Travaux de finition .....	218
7.6	Moyens matériels et humains à mobiliser .....	220
7.7	Période de réalisation des travaux.....	220
8	EVALUATION DES INCIDENCES DES MESURES DE RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ECOLOGIQUE.....	223
8.1	Impacts hydrauliques.....	223
8.1.1	Préambule .....	223
8.1.2	Incidences du projet sur la répartition des eaux .....	223
8.1.3	Impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement dans l'emprise de l'actuel linéaire influencé par le moulin Brandard.....	226

8.1.4	Impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement dans l'emprise du bras naturel court-circuité .....	229
8.2	Impacts hydrosédimentaires.....	233
8.3	Impacts écologiques.....	235
8.3.1	Conditions de franchissement piscicole.....	235
8.3.2	Impacts sur les habitats aquatiques et espèces piscicoles .....	235
8.3.3	Impacts sur la végétation rivulaire .....	236
8.3.4	Impacts sur la qualité physico-chimique de l'eau .....	236
8.3.5	Impacts sur les zones humides.....	237
8.4	Impacts sur les infrastructures à conserver .....	238
8.4.1	Préambule .....	238
8.4.2	Application au secteur d'étude .....	239
8.5	Impacts sur les réseaux.....	239
8.5.1	Préambule .....	239
8.5.2	Application au secteur d'étude .....	240
8.6	Impacts sur la stabilité des berges.....	240
8.6.1	Rappel des éléments de diagnostic .....	240
8.6.2	Impacts du projet sur la stabilité des berges .....	240
8.7	Impacts sur les usages.....	241
8.7.1	Exploitation de la force motrice de l'eau .....	241
8.7.2	Aspects paysagers.....	241
8.7.3	Pratique de la pêche de loisir.....	242
8.7.4	Prélèvements .....	242
8.7.5	Abreuvement .....	242
8.7.6	Plan d'eau d'agrément et point d'eau incendie.....	242
8.8	Synthèse des impacts et contraintes.....	243
9	COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LES OBJECTIFS DES DOCUMENTS-CADRES....	248
9.1	Documents de planification sur l'eau.....	248
9.1.1	SDAGE Seine-Normandie.....	248
9.1.2	Plan de gestion des risques d'inondation du bassin Seine-Normandie .....	252
9.2	Objectifs visés par le Code de l'environnement.....	254
9.3	Zones d'intérêt environnemental .....	255
10	MESURES CORRECTIVES OU COMPENSATOIRES ENVISAGEES POUR LIMITER LES INCIDENCES POTENTIELLES DU PROJET ET ASSURER UNE SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS .....	256
10.1	Mesures correctives.....	256
10.2	Mesures d'évitement et de surveillance en phase travaux .....	256
10.2.1	Respect de la période d'intervention.....	256

10.2.2	Travaux hors d'eau.....	256
10.2.3	Limitation des risques de pollution.....	256
10.2.4	Gestion des déchets.....	257
10.2.5	Limitation des risques de mortalité piscicole – Pêches de sauvegarde.....	257
10.2.6	Propreté et remise en état des lieux.....	257
11	ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS.....	258
11.1	Présentation succincte des projets connus.....	258
11.2	Analyse des effets cumulés.....	258
12	MENTION, LE CAS ECHEANT, DES DEMANDES D'AUTORISATION OU DES DECLARATIONS DEJA DEPOSEES POUR LE PROJET D'INSTALLATION, D'OUVRAGE, DE TRAVAUX OU D'ACTIVITE AU TITRE D'UNE AUTRE LEGISLATION, AVEC LA DATE DE DEPOT ET LA MENTION DE L'AUTORITE COMPETENTE » (CF R214-32 DU CE)..	259
13	PIECE N°5 MOYENS DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE, MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT.....	260
13.1	Mesures de contrôle, de surveillance, de gestion, et d'entretien.....	260
13.2	Préconisations de suivi hydromorphologique.....	260
13.2.1	Suivi scientifique minimal préconisé pour les opérations de restauration de cours d'eau.....	260
13.2.2	Protocole à privilégier, dans le cadre d'un suivi scientifique minimal.....	263
13.2.3	Suivi préconisé pour les travaux de restauration, dans le cadre d'un suivi scientifique minimal.....	266
13.2.4	Suivi simplifié proposé, en l'absence de protocole de suivi scientifique minimal..	267
13.3	Moyens d'intervention en cas d'accident ou d'incident.....	269
13.3.1	Cadre législatif.....	269
13.3.2	Evaluation des risques d'incident ou d'accident.....	269
13.3.3	Moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident.....	269
14	PIECE N°6 : LES ELEMENTS GRAPHIQUES, PLANS OU CARTES UTILES A LA COMPREHENSION DES PIECES DU DOSSIER.....	271
14.1	Plans de projet.....	271
14.2	Représentation visuelle du bief aménagé depuis la rive droite en amont du moulin ...	271
15	PIECE N°7 : CHIFFRAGE FINANCIER DE L'OPERATION.....	273
15.1	Préambule.....	273
15.2	Synthèse des coûts par poste de travaux.....	273
15.3	Coût du projet - Détail.....	273
15.4	Possibilités de financement par l'Agence de l'Eau Seine Normandie.....	275
16	AUTEURS DES ETUDES.....	277
16.1	Dossier d'autorisation environnementale.....	277
16.2	Projet.....	277



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation du moulin Brandard à l'échelle du bassin versant du Betz - Source : EPAGE du bassin du Loing	20
Figure 2. Localisation du moulin Brandard sur fond de plan IGN Scan 25 à l'échelle de la commune de Bransles (77) - Source : Géoportail	21
Figure 3. Localisation du moulin Brandard sur Orthophotoplan et fond de plan cadastral - Source : Géoportail	22
Figure 4 : cartographie des enveloppes d'alerte zones humides (DRIEAT)	23
Figure 4 : Vue d'ensemble reportant les principaux segments, ouvrages et profils topographiques sur la zone d'étude	29
Figure 5. Extrait de l'arrêté du 30 juin 2020 définissant les travaux de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques relevant de la rubrique 3.3.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement	42
Figure 6 : Réseau hydrographique du Betz - Source : EPAGE du bassin du Loing	48
Figure 7. Coupe géologique de la vallée du Betz – Source : Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016) .	50
Figure 8 : Extrait de la carte géologique imprimée au 1/50000 <sup>ième</sup> sur la zone d'étude - Source : Infoterre	50
Figure 9 : Occupation des sols simplifié (2012) -	51
Figure 10 : Carte des observations des écoulements de 2012 à 2015 dans le département du Loiret - Source : DDT 45	52
Figure 11 : Observation des écoulements du Betz sur la commune de Bazoches-sur-le-Betz (16 km en amont de la zone d'étude) entre 2012 et 2021 - Source : Onde (données de l'observatoire national des étiages)	52
Figure 12 : Extrait de la fiche de synthèse à la station hydrométrique du Betz à Bransles sur la période 1997-2012 (source : Banque HYDRO) – Débits moyens mensuels	54
Figure 13 : Extrait de la fiche de synthèse à la station hydrométrique du Betz à Bransles sur la période 1997-2012 (source : Banque HYDRO) – Débits de références et débits classés	56
Figure 14 : Zonage de la ZNIEFF de type I FR240003880 « Coteau du Betz au bois de Verdeau » à proximité de la zone d'étude - Source : Géoportail	58
Figure 15 : Zones potentielles d'espaces naturels sensible sur la commune de Bransles (données antérieures à juillet 2011 issues de la synthèse des études disponibles sur le terrain – carte de 2016)	59
Figure 16 : Zones humides à enjeux reportées dans le rapport de présentation de la carte communale de Bransles – Source : Rapport de la carte communale de Bransles	60
Figure 17 : Territoire d'application du PPRi du Loing aval au niveau du site d'étude	61
Figure 18 : Cartographie du risque de gonflement des argiles - source : Géorisques	61
Figure 19. Synthèse des fonctionnalités écologiques et piscicoles des cours d'eau du bassin du Betz – Source : Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016)	63

Figure 20 : Inventaires piscicoles et IPR associés réalisés en 2013 en amont et en aval du site d'étude -	65
Figure 21 : Carte de synthèse de l'état écologique des cours d'eau sur une partie du bassin versant du Loing – source DDT 2016	71
Figure 22 : Extrait du tableau d'état des masses d'eau en 2016 - Source : DDT Loiret 2016	71
Figure 23 : Localisation de la station de suivi de la qualité de la masse d'eau sur le Betz en amont proche de la zone d'étude	72
Figure 24 : Etat physico-chimique de la masse d'eau superficielle du Betz à la station le Betz à Bransles 1 (station n° 03053750) sur la période 2014-2018 - Source : <a href="http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr">http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr</a>	75
Figure 25 : Zone de protection des abords des monuments historiques à proximité de la zone d'étude Source : <a href="http://atlas.patrimoines.culture.fr/">http://atlas.patrimoines.culture.fr/</a>	78
Figure 26 : Extrait de la carte de Cassini sur la zone d'étude – Source : Géoportail	80
Figure 27. Extrait du plan cadastral sur la zone d'étude – Source : Géoportail	85
Figure 28. Localisation des parcours de pêche gérés par l'AAPPMA « la Gaule du Loing » sur la zone d'étude	86
Figure 29. Fiches extraites du guide technique du règlement départemental de la défense extérieure contre l'incendie – Source : <a href="https://www.sdis77.fr">https://www.sdis77.fr</a>	90
Figure 30 : Extrait du cadastre napoléonien sur la zone d'étude – Source : <a href="http://archives-en-ligne.seine-et-marne.fr">http://archives-en-ligne.seine-et-marne.fr</a>	93
Figure 31 – Plan des abords du moulin Brandard datant du 28 avril 1937 - Source : Archives fournies par l'EPAGE du bassin du Loing	94
Figure 32 : Vue d'ensemble reportant les principaux segments, ouvrages et profils de la zone d'étude	101
Figure 33. Profil en long du fond, des berges et des lignes d'eau sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude	104
Figure 34. Profil en long du fond, des berges et des lignes d'eau sur le bras naturel court-circuité du Betz à l'échelle de la zone d'étude	107
Figure 35 Exemple de profil de berge subvertical structuré par le racinaire des arbres et faisant apparaître des éléments pierreux dans une matrice terreuse à dominante cohésive	108
Figure 36 Exemple de profil de berge subvertical faisant apparaître des éléments pierreux en plus forte proportion dans une matrice terreuse à dominante cohésive	109
Figure 37 : Courbe granulométrique (en nombre d'éléments et non en poids) représentative de la couche d'armure des alluvions présentes sur les portions d'écoulements courantes du Betz	110
Figure 38. Grille de typologie géodynamique des cours d'eau – Source : Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau – AESN	111
Figure 39. Vue en plan au droit du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard	138
Figure 40. Vue en coupe du déversoir de décharge du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard	139
Figure 41. Profil en travers du cours d'eau à P6	141
Figure 42. Vue de la physionomie générale du cours d'eau à P6	141

Figure 43. Profil en travers du cours d'eau à P6	142
Figure 44. Vue depuis l'aval du déversoir de décharge amont OH1 du moulin Brandard	143
Figure 45. Vue depuis l'amont du déversoir de décharge amont OH1 du moulin Brandard	144
Figure 46. Vue depuis l'aval de la plaque métallique insérée dans une échancrure centrale du déversoir	144
Figure 47. Extraits de la vue en plan et en coupe du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard	145
Figure 48. Vue depuis l'amont de l'ouvrage de décharge OH3 du moulin Brandard	146
Figure 49. Vue depuis l'aval de l'ouvrage de décharge OH3 du moulin Brandard	147
Figure 50. Extraits de la vue en plan et en coupe de l'ouvrage de décharge (OH3-OH7) du moulin Brandard	148
Figure 51 : Vue en coupe et en plan du vannage usinier du moulin de Platteville (OH35)	149
Figure 52. Vue depuis l'aval de l'ouvrage situé en limite amont du bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents »	150
Figure 53. Vue depuis l'aval du déversoir OH8 sur le bras de décharge du moulin Brandard	151
Figure 54. Extraits de la vue en plan et en coupe de l'ouvrage de décharge (OH3-OH7) du moulin Brandard	152
Figure 55. Ordre de grandeur des paramètres de la formule de Cowan	160
Figure 56 Comparaison des lignes d'eau mesurées le 8 septembre 2021 et modélisées sur le bras principal du Betz à l'échelle de la zone d'étude pour le débit du jour correspondant (0.18 m <sup>3</sup> /s en amont de la zone d'étude, soit pour un régime de basses eaux)	161
Figure 57. Répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude pour les deux configurations testées	164
Figure 58. Profil en long des lignes d'eau modélisées sur le bras principal du Betz à l'échelle de la zone d'étude pour les régimes hydrologiques et les deux configurations testées	169
Figure 59. Diagramme de Yalin-Shields	172
Figure 60. Principales périodes de migration reproduction des espèces de poisson amphibiotiques et holobiotiques en France. Source Guide Technique ICE – ONEMA 2014	177
Figure 61. Tableau permettant le diagnostic de franchissabilité pour l'anguille par reptation sur les seuils – Source : Guide ICE ONEMA 2014	183
Figure 62. Plages de valeurs guides pour l'habitat de la truite fario – Source : ONEMA	191
Figure 63 : Courbe granulométrique (en nombre d'éléments et non en poids) représentative de la couche d'armure des alluvions présentes sur les portions d'écoulements courantes du Betz	192
Figure 64. Classes blocométriques de références et exigences standards applicables aux enrochements – Source : Rock Manual, CETMEF	195
Figure 65. Principales variables hydrauliques moyennes modélisées à l'échelle sur le bras naturel court-circuité aménagé en situation de projet	197
Figure 66. Profil en long des lignes d'eau modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet	198
Figure 67. Profil en long des hauteurs d'eau modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet	199



Figure 68. Profil en long des vitesses modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet	200
Figure 69. Schéma type du principe d'intervention à privilégier sur cours d'eau élargis et curés - Source : La Recharge en Granulats – CATER Basse Normandie	202
Figure 70. Schéma type d'implantation de risbermes alternées – Source : Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau - AESN	203
Figure 71. Localisation des accès et cheminements des engins pour la réalisation des travaux	206
Figure 72. Localisation des parcelles et propriétaires correspondants concernés par le programme de travaux – Source : Géoportail	207
Figure 73. Schéma de principe d'une prise d'eau incendie consistant en un puisard déporté sans ligne d'aspiration – Source : SDIS Loiret	214
Figure 74. Fiches extraites du guide technique du règlement départemental de la défense extérieure contre l'incendie – Source : <a href="https://www.sdis77.fr">https://www.sdis77.fr</a>	216
Figure 75. Exemple de puisard connecté à la rivière et déporté en rive mis en œuvre à la suite d'un effacement d'ouvrage transversal sur cours d'eau pour compenser le point d'eau incendie formé par l'ancienne retenue – Source : EPAGE du bassin du Loing	217
Figure 76. Localisation de l'ISDI la plus proche – Source : <a href="http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr">http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr</a>	219
Figure 77. Répartition des débits du Betz modélisée en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée	225
Figure 78. Cartographie du territoire du SDAGE Seine-Normandie (source : Agence de l'eau Seine-Normandie)	248
Figure 79. Programmation du suivi scientifique minimal - Source : Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau, AFB 2019	262
Figure 80. Localisation des secteurs et positionnement des stations	264
Figure 81. Localisation de la station de suivi choisie sur le Betz en amont immédiat de l'ouvrage répartiteur amont pour le suivi de l'état initial (IPR + IAM) – Source : FDAPPMA	77 268
Tableau 1. Synthèse des principales caractéristiques intéressant le diagnostic de franchissement et la conception d'aménagement piscicoles pour les espèces piscicoles cibles	70
Tableau 2. Description des principaux paramètres physico-chimiques permettant d'évaluer la qualité des eaux	73
Tableau 3. Classes de qualité définies par le système d'évaluation SEQ'Eau V2	74
Tableau 4. Extrait des inventaires des zones de frayères, des zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole (source : arrêté préfectoral n°2012/DDT/SEPR/404 du 10 juillet 2012)	82
Tableau 5. Principales variables hydromorphologique d'intérêt sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude	105
Tableau 6. Principales variables hydromorphologique d'intérêt sur le bras naturel court-circuité du Betz à l'échelle de la zone d'étude	107
Tableau 7. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 1	118

Tableau 8. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 2	124
Tableau 9. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 3	130
Tableau 10. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 4	136
Tableau 11. Photographies du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard	140
Tableau 12. Principales caractéristiques dimensionnelles du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard	143
Tableau 13. Principales caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage de décharge (OH3) du moulin Brandard	146
Tableau 14. Principales caractéristiques du vannage usinier du moulin Brandard (OH5)	148
Tableau 15. Principales caractéristiques de l'ouvrage situé en limite amont du bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents »	150
Tableau 16. Principales caractéristiques dimensionnelles du déversoir OH8 sur le bras de décharge du moulin Brandard	151
Tableau 17. Principales caractéristiques dimensionnelles des principaux ouvrages de franchissement présents sur la zone d'étude	156
Tableau 18. Principales caractéristiques du modèle d'écoulement construit pour les besoins de l'étude	158
Tableau 19. Répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude pour les deux configurations testées	163
Tableau 20. Hauteurs de chute au droit du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques ordinaires et les deux configurations testées	166
Tableau 21. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes par segment pour les deux configurations testées	168
Tableau 22. Sédiments potentiellement mobilisables sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude pour les régimes hydrologiques ordinaires et pour les configurations des ouvrages testées	174
Tableau 23. Classes d'impacts et indice de franchissabilité piscicole ICE	178
Tableau 24. Ordre de grandeur de la profondeur minimale de fosse (Hf min) nécessaire pour permettre au poisson de franchir un obstacle à parement vertical ou quasi-vertical (>150%) – Source : Guide ICE ONEMA 2014	180
Tableau 25. Capacités de franchissement par nage sur parement vertical - Critères ICE par espèce – Source : Guide ICE ONEMA 2014	181
Tableau 26. Franchissabilité piscicole de l'ouvrage de décharge ouvert du moulin Brandard - Protocole ICE	182
Tableau 27. Principales caractéristiques de dimensionnement des banquettes sur le bief du moulin Brandard	203
Tableau 28. Calendrier proposé pour la réalisation des travaux	222
Tableau 29. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes par segment en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée	227
Tableau 30. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes sur le bras naturel court-circuité pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée	231

Tableau 31. Impacts du projet sur les matériaux potentiellement mobilisables dans l'emprise de l'actuel linéaire influencé du Betz en amont du moulin Brandard	234
Tableau 32. Synthèse des coûts estimatifs pour le projet de restauration	273
Tableau 33. Détail des couts estimatifs du projet	275

# 1 CONTENU DU DOSSIER

Conformément à la réglementation en vigueur, le présent dossier comporte les pièces suivantes:

- Pièce n°1 : "Nom et adresse du demandeur avec son numéro SIRET ou à défaut sa date de naissance" - **page 18**
- Pièce n°2 : "Emplacement sur lequel l'installation, les travaux ou les activités doivent être réalisés" - **pages 19 à 22**
- Pièce n°3 : "Nature, consistance, volume et objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dans lesquelles ils doivent être rangés" - **pages 23 à 42**
- Pièce n°4 : "Notice d'incidence incluant les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives, les moyens de surveillance, l'analyse des variantes ainsi qu'un résumé non technique » - **pages 43 à 259**
- Pièce n°5 : "Moyens de surveillance prévus et, si l'opération présente un danger, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident" - **pages 260 à 270**
- Pièce n°6 : "Eléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment concernant les pièces 3 et 4 du dossier » - **pages 271 à 272**

Par ailleurs, la pièce n°7 est consacrée au chiffrage et au planning de l'opération **pages 273 à 275**.

# 1. INTRODUCTION

Le présent dossier décrit le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles (77).

Il fait suite notamment :

- A une étude préalable des fonctionnalités écologiques et piscicoles menée en **2016** par la fédération départementale de pêche à l'échelle des bassins versants du Betz et de la Cléry, ayant mis en évidence les problématiques d'altération de la continuité piscicole et sédimentaire et de dégradation des milieux posées par la présence de nombreux obstacles à l'écoulement sur ces cours d'eau, et l'intérêt d'agir en ce sens ;
- A la constatation par l'EPAGE et l'association de pêche locale d'une problématique de non-restitution du débit minimum réservé sur le bras naturel court-circuité par le moulin Brandard à l'étiage, au détriment des biocénoses aquatiques qui s'y développent.

Le projet est engagé par l'EPAGE du bassin versant du Loing, compétent sur le territoire en matière de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations.

Il s'inscrit dans une volonté de l'établissement d'améliorer la qualité écologique de la masse d'eau et des zones humides rivulaires.

## 2 PIÈCE N°1 : NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR

La présente autorisation environnementale est demandée par :

<b>Nom et adresse du demandeur</b>	EPAGE du bassin du Loing
<b>Adresse</b>	25 RUE JEAN JAURES 45200 MONTARGIS
<b>Tel</b>	02 38 28 55 11
<b>Site internet ou Email</b>	<a href="https://www.epageloing.fr/">https://www.epageloing.fr/</a>
<b>Numéro SIRET</b>	20008700500019
<b>Forme juridique</b>	Etablissement public syndicat mixte communal
<b>Représentant</b>	Monsieur le Président de l'EPAGE du bassin du Loing

<b>Personne en charge du dossier</b>	Vincenzo IOELE
<b>Fonction</b>	Chargé de mission milieux aquatiques – Bassins du Betz et de la Cléry
<b>Adresse</b>	25 RUE JEAN JAURES 45200 MONTARGIS
<b>Tel (standard)</b>	02 38 89 89 80
<b>Tel (portable)</b>	06 32 13 93 29
<b>Email</b>	<a href="mailto:v.ioele@epageloing.fr">v.ioele@epageloing.fr</a>

### 3 **PIECE N°2 : EMBLACEMENT DU PROJET**

La zone de projet se situe sur la commune de Bransles (77) et concerne la propriété du moulin Brandard (absence de code **ROE**) sur le cours du Betz ainsi que les parcelles en rive droite du bras naturel court-circuité, où le remodelage fonctionnel du lit est envisagé pour garantir le rétablissement de la continuité écologique par cet axe et notamment le franchissement de l'actuel ouvrage de décharge amont (**OH1**).

Les cartes pages suivantes situent la zone de projet à l'échelle du bassin versant du Betz, de Bransles (77) et sur le plan cadastral.



Figure 1 : Localisation du moulin Brandard à l'échelle du bassin versant du Betz - Source : EPAGE du bassin du Loing



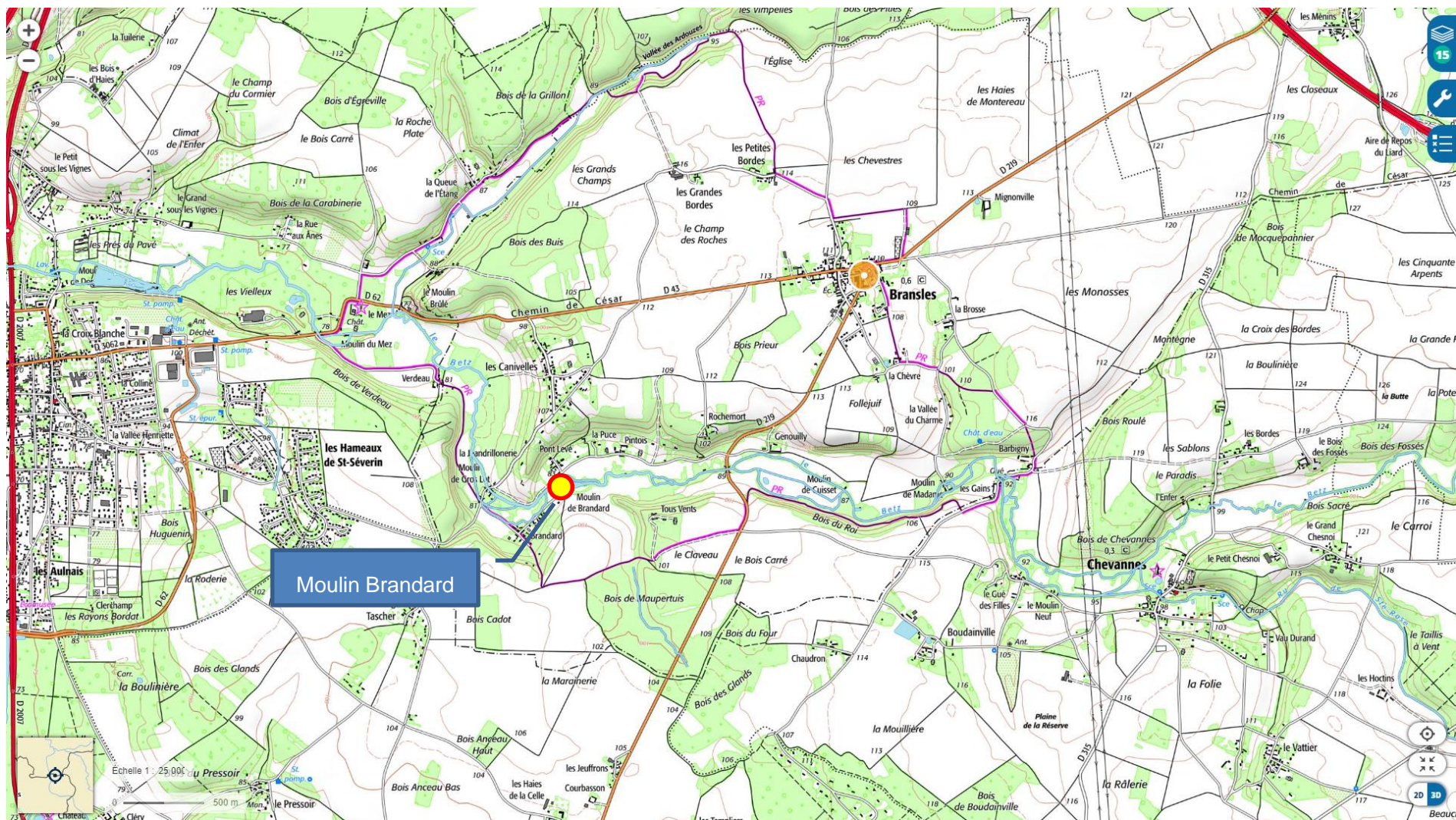


Figure 2. Localisation du moulin Brandard sur fond de plan IGN Scan 25 à l'échelle de la commune de Bransles (77) - Source : Géoportail





Figure 3. Localisation du moulin Brandard sur Orthophotoplan et fond de plan cadastral - Source : Géoportail



## 4 PIÈCE N°3 : NATURE, CONSISTANCE, VOLUME ET OBJET DE L'OUVRAGE, DE L'INSTALLATION, DES TRAVAUX OU DE L'ACTIVITÉ ENVISAGÉS, AINSI QUE LA OU LES RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE DANS LESQUELLES ILS DOIVENT ÊTRE RANGÉS

### 4.1 ZONES HUMIDES

Le projet est situé en zone A, B et D conformément à la cartographie éditée par la DRIEAT.

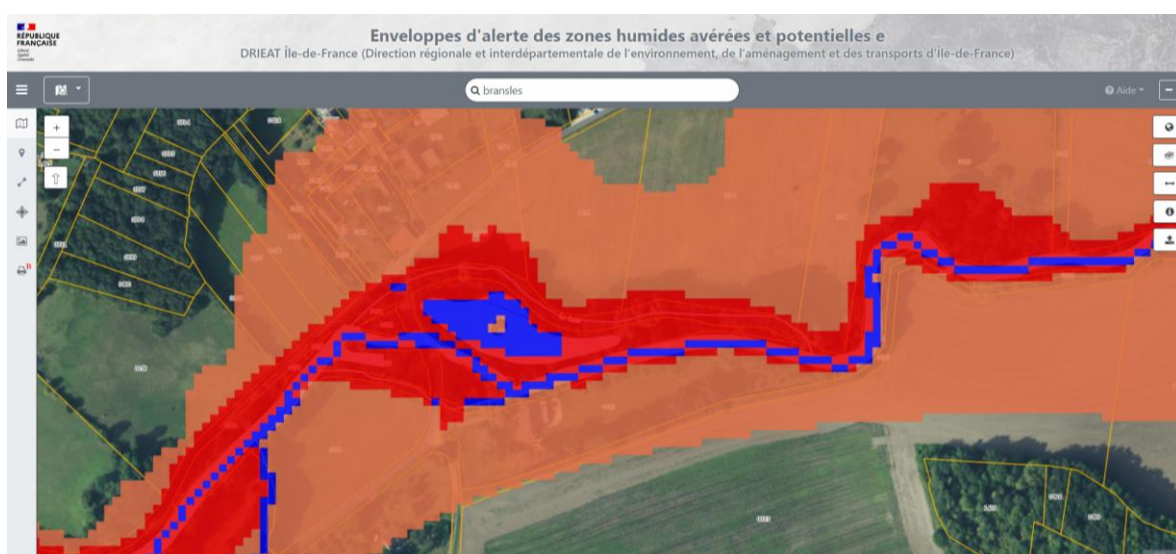


Figure 4 : cartographie des enveloppes d'alerte zones humides (DRIEAT)

👁 Enveloppes d'alerte des zones humides (A visualiser de préférence à l'échelle limite 1/15000)

- Classe A: Zones humides avérées dont les limites peuvent être à préciser.
- Classe B: Zones humides probables dont le caractère humide reste à vérifier et les limites à préciser
- Classe C: Manque d'information ou faible probabilité de présence de zones humides
- Classe D: Non humides : plan d'eau et réseau hydrographique.

Tableau 1

Classe 2010	Classe 2021	Description
1 et 2	A	Zones humides avérées dont le caractère humide peut être vérifié et les limites à préciser : - zones humides délimitées par des diagnostics de terrain selon un ou deux des critères et la méthodologie décrits dans l' <a href="#">arrêté du 24 juin 2008</a> ; - zones humides identifiées selon les critères et la méthodologie de l'arrêté du 24 juin 2008, mais dont les limites n'ont pas été définies par des diagnostics de terrain (photo-interprétation) ; - zones humides identifiées par des diagnostics de terrain, mais à l'aide de critères et/ou d'une méthodologie différents de ceux de l'arrêté du 24 juin 2008.
3	B	Probabilité importante de zones humides, mais le caractère humide et les limites restent à vérifier et à préciser.
4	C	Enveloppe en dehors des masques des 2 classes précédentes, pour laquelle soit il manque des informations, soit des données indiquent une faible probabilité de présence des zones humides.
5	D	Non humides : plan d'eau et réseau hydrographique

Bien qu'elle soit de nature informative, les services franciliens chargés de l'instruction des dossiers soumis à des procédures environnementales peuvent s'appuyer sur cette cartographie (cf. tableau 2).

Tableau 2

Classe	Pratique en termes d'instruction
A	La zone est considérée comme intégralement humide par le service instructeur, sauf démonstration contraire de la part du pétitionnaire validée par le service instructeur. Les limites des zones humides peuvent être précisées par le pétitionnaire. Un diagnostic complémentaire est demandé si l'emprise du projet et les alentours susceptibles d'être impactés s'étendent au-delà de la zone humide décrite par la classe A.
B	Un diagnostic zones humides conforme à l'arrêté du 24 juin 2008 est demandé sur toute l'emprise du projet et les alentours susceptibles d'être impactés par le projet, sauf si la classe B se trouve au niveau de surfaces imperméabilisées.
C	Le pétitionnaire apporte les éléments d'appréciation supplémentaires sur la probabilité de présence de zones humides. Un diagnostic zones humides conforme à l'arrêté du 24 juin 2008 doit être réalisé lorsque les faisceaux d'indices se dessinent ou s'il n'y a pas d'information disponible. Il est possible de ne pas réaliser de diagnostic zones humides sous réserve d'une démonstration solide d'une faible probabilité de présence de zones humides validée par le service instructeur.
D	Par définition, les surfaces en eau ne sont pas des zones humides au sens réglementaire. Cela étant, les berges et abords de plans d'eau ainsi que certaines mares peuvent être considérés comme des zones humides au cas par cas.

## 4.2 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU SITE ET ENJEUX

Le moulin de Brandard se situe sur le cours aval du Betz sur la commune de Bransles (77), à quelques km seulement de la confluence avec le Loing à Dordives (45).

Le moulin est alimenté par un bief en dérivation du cours principal et perché sur le coteau Sud du cours d'eau, qui s'écoule d'Est en Ouest sur le secteur.

L'ancien bras naturel court-circuité du Betz s'écoule en fond de vallée (bras d'écoulement Nord), et constitue à ce jour un simple bras de décharge alimenté par les écoulements de surverse qui se produisent au niveau d'un déversoir latéral épais situé en rive droite du bief à **210 m** environ en amont du moulin, mais également par le bras de décharge aval qui prend naissance au niveau des vannes de décharge qui se situent en rive droite en amont proche du moulin.

Le bief constitue à ce jour le bras d'écoulement dominant. En aval des ouvrages du moulin, les écoulements du Betz paraissent peu abondants car diffusés sur trois bras au passage de la route du Pont Levé.

Le moulin influence la ligne d'eau sur plusieurs centaines de mètres en amont et favorise le caractère lentique et homogène des écoulements, le colmatage généralisé des substrats par les sédiments fins et les matières organiques, et la banalisation du milieu en contraste avec les séquences d'écoulements naturelles et diversifiées observées plus en amont, lesquelles permettent une meilleure expression du potentiel salmonicole en présence et de la vie aquatique d'une façon générale.

Les chutes d'eau qui s'établissent au droit des différents ouvrages sont trop importantes pour être franchissables par la faune piscicole du contexte et la fermeture permanente des vannes diminue plus encore les possibilités de transit des sédiments.

La vétusté des vannes et les nombreuses fuites qui s'établissent au travers favorisent l'abaissement de la retenue sous la cote de surverse du déversoir de décharge amont. L'occultation de l'échancrure à ce niveau par une plaque métallique conduit dès lors à déconnecter le bras naturel à l'étiage et à ne pas y assurer la restitution du débit minimum réservé.

Le relèvement de la ligne d'eau par les ouvrages du moulin permet également l'alimentation d'un plan d'eau artificiel en dérivation du bief, assurant une fonction d'agrément pour la propriété mais également un point d'eau incendie accessible depuis la route du Pont Levé.

Le propriétaire du moulin ne fait plus l'usage de la force motrice de l'eau. Les vannes ainsi que la roue sont en mauvais état. Pour autant, le propriétaire semble attaché au patrimoine hydraulique du site et envisage de réhabiliter la roue du moulin.

Toutefois, il ne semble pas fermé à l'idée que :

- Le débit et le niveau d'eau sur le bief puisse être diminués, dans la mesure où cela ne compromet pas une alimentation minimale de la roue et sa mise en valeur à titre d'agrément esthétique ;
- Le plan d'eau puisse être réduit sur son étendue voire supprimé.

Le bras naturel du Betz semble quant à lui avoir fait l'objet de travaux hydrauliques passés compte tenu de son encaissement marqué et du merlon de berge bien visible en rive droite, lequel pourrait correspondre à un ancien bourrelet de curage (dépôt en rive des matériaux curés dans le lit).

En synthèse :

- Les principaux enjeux liés au milieu naturel consistent ici :

- A restaurer la libre circulation piscicole et le transit sédimentaire à l'échelle du complexe hydraulique ;
- A réduire l'impact des ouvrages associés au moulin sur les écoulements et les habitats dans l'emprise du linéaire influencé ;
- A diminuer l'impact du plan d'eau sur le milieu (diminution du débit sur le Betz, réchauffement, anoxie de l'eau et effets de l'eutrophisation favorisés au détriment de la qualité du milieu récepteur en aval, dérive typologique des peuplements piscicoles en cas de fuite des espèces du plan d'eau vers le milieu naturel...);
- A rétablir des liens plus fonctionnels entre le lit mineur du cours d'eau et sa plaine d'inondation (en réponse au probable recalibre du bras naturel et à son endiguement) ;
- Les principales contraintes consistent ici :
  - A maintenir un débit et une hauteur d'eau suffisante dans le bief pour permettre une alimentation minimale vers la roue;
  - A préserver l'usage de réserve incendie au droit du site ou dans son environnement proche ;
  - En l'absence de maîtrise foncière en rive droite du déversoir et du bras naturel en fond de vallée ;
- Les principales opportunités consistent ici :
  - A pouvoir envisager une réduction du plan d'eau en superficie voire une suppression totale, libérant un espace disponible pour l'expansion des crues et la formation d'une zone humide fonctionnelle.



**Vue de l'étang situé entre le bief du moulin et le bras naturel en fond de vallée**



**Vue des écoulements lents sur le bief et du déversoir de décharge amont encombré par les embâcles**





**Vue de l'extrémité aval du bief et de l'ancien moulin**



**Vue du bras naturel en fond de vallée en aval du déversoir de décharge amont du moulin Brandard**



La figure page suivante donne une vue d'ensemble reportant les principaux segments et ouvrages sur la zone d'étude, tel que décrit plus en détail dans l'état des lieux et diagnostic.





Figure 5 : Vue d'ensemble reportant les principaux segments, ouvrages et profils topographiques sur la zone d'étude

### 4.3 PRINCIPE D'AMENAGEMENT RETENU POUR LA RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE DU BETZ SUR LE SITE DU MOULIN BRANDARD

Suite à la restitution des phases d'état des lieux et diagnostic et d'analyse des scénarios d'aménagement, l'EPAGE du bassin du Loing et le propriétaire du site ont privilégié le développement au stade projet d'un scénario de restauration de la continuité écologique visant à allouer la majeure partie du débit du cours d'eau au bras naturel court-circuité et à restaurer sur ce dernier un écoulement permanent, naturel et diversifié favorable au développement de la vie aquatique dans son ensemble et compatible avec la libre circulation des espèces et le transit naturel des sédiments.

Ces scénarios impliquent l'effacement de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) et le remodelage du lit en aval de celui-ci (rehaussement général du fond sur une partie de sa longueur) pour rattraper progressivement le dénivelé de fond existant au droit de l'ouvrage.

Ils donnent également l'occasion de supprimer la totalité du plan d'eau actuel et d'offrir ainsi, moyennant l'arasement de l'actuelle digue de séparation, l'opportunité de créer une zone humide riveraine fonctionnelle dans l'emprise des surfaces exondées.

Compte-tenu de l'abaissement prévisible de la ligne d'eau en amont des ouvrages actuels, ces scénarios supposent également l'extraction des vases accumulées sur le bief pour maintenir une alimentation minimale de ce dernier, enjeu compatible avec les souhaits du propriétaire du site et dont le maître d'ouvrage convient pour :

- Permettre une alimentation minimale de la roue de moulin, à titre d'agrément esthétique uniquement ;
- Préserver l'aspect paysager original du lieu ;
- Assurer, pour des raisons de stabilité et de conservation du bâti, une mise en eau minimale des fondations et maçonneries constitutives des sous-bassements des infrastructures et bâtiments associés au moulin.

Ce type d'intervention paraît être la meilleure solution pour le rétablissement de la continuité écologique du Betz sur le site du moulin Brandard puisque cela:

- Permettrait de résoudre de concert les problématiques de continuité écologique posées par la présence des ouvrages associés au moulin d'une part, et de dégradation de la qualité de l'eau posées par la présence de l'étang d'autre part;
- Maximiserait le gain écologique de l'opération en repositionnant le cours d'eau au plus proche de son thalweg naturel et en impactant positivement plusieurs compartiments de l'hydrosystème (cours d'eau et zones humides) ;
- Eviterait l'aménagement d'un dispositif compact de type passe à poissons au plus proche du moulin lequel serait, à coût probablement équivalent, plus contraignant en terme d'entretien, de moindre ambition écologique, potentiellement dénaturant pour l'aspect du lieu et probablement délicat à mettre en œuvre du fait de l'environnement bâti de proximité particulièrement ancien ;

Le propriétaire du moulin dit ne pas être opposé, à priori, à la possibilité que :

- La majeure partie du débit de la rivière puisse être restituée sur le bras naturel court-circuité ;
- Le plan d'eau soit réduit en étendue et en profondeur voire supprimé en totalité;
- Le point d'eau incendie actuel soit déplacé en dehors de la retenue, sous la forme d'un puisard connecté à la rivière, déporté en rive et accessible depuis la route du moulin Brandard.

Il est rappelé que les deux scénarios avaient initialement envisagé, sous forme optionnelle, la possibilité d'araser le merlon présent en rive droite du bras naturel court-circuité. Cette

option a finalement été écarté en raison de la sensibilité des secteurs riverains au risque inondation (habitations vulnérables au risque inondation par débordement de cours d'eau au Nord du bras naturel court-circuité).

Par rapport aux deux scénarios initialement envisagés au stade Avant-Projet (AVP), et tenant compte des remarques exprimées par l'EPAGE du bassin du Loing et le propriétaire du site, le projet prévoit les dispositions nouvelles ou modificatives suivantes :

- **Suppression de la totalité du plan d'eau**, moyennant le déplacement du point d'eau incendie actuel vers l'aval et dehors de la propriété du moulin Brandard (puisard connecté à la rivière, déporté en rive et accessible depuis la route du moulin Brandard) :
- **Abandon des dispositions initialement prévues pour les deux scénarios et consistant à :**
  - **Reformer une digue de ceinture** pour le maintien d'un plan d'eau réduit par réemploi des matériaux de déblais produits par l'arasement de la digue de séparation du plan d'eau avec le bras naturel court-circuité ;
  - **Créer une nouvelle prise d'eau d'alimentation du plan d'eau résiduel** depuis le bras de décharge (disposition ne devenant plus nécessaire en l'absence de maintien de plan d'eau résiduel) ;
- **Réemploi sur site de la totalité des déblais produits** par l'arasement de la digue de séparation du plan d'eau avec le bras naturel court-circuité pour les opérations de remblais et consistant :
  - A former des banquettes alternes sur le bief en arrière des cordons granulaires à mettre en œuvre pour former un lit sinueux de section réduite et plus adaptée aux nouvelles conditions hydrologiques attendues ;
  - A former une risberme plongeante à très faible pente reliant la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué en rive gauche du bras naturel en fond de vallée, soit dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée ;
- **Réemploi sur site de la totalité des vases extraites sur le bief** par régalage sur la risberme formée dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée ;
- **Ensemencement par un mélange grainier de type « zone humide » sur l'ensemble de la risberme** formée dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée ;
- **Etendue des dispositions à l'ensemble du pourtour du plan d'eau** (contre une partie du linéaire seulement envisagé au stade de l'étude des scénarios) consistant :
  - A supprimer les plaques de bordure en béton ;
  - A abattre la double rangée de tuyas plantée en sommet de berge.

#### 4.4 DESCRIPTIF GENERAL DES TRAVAUX

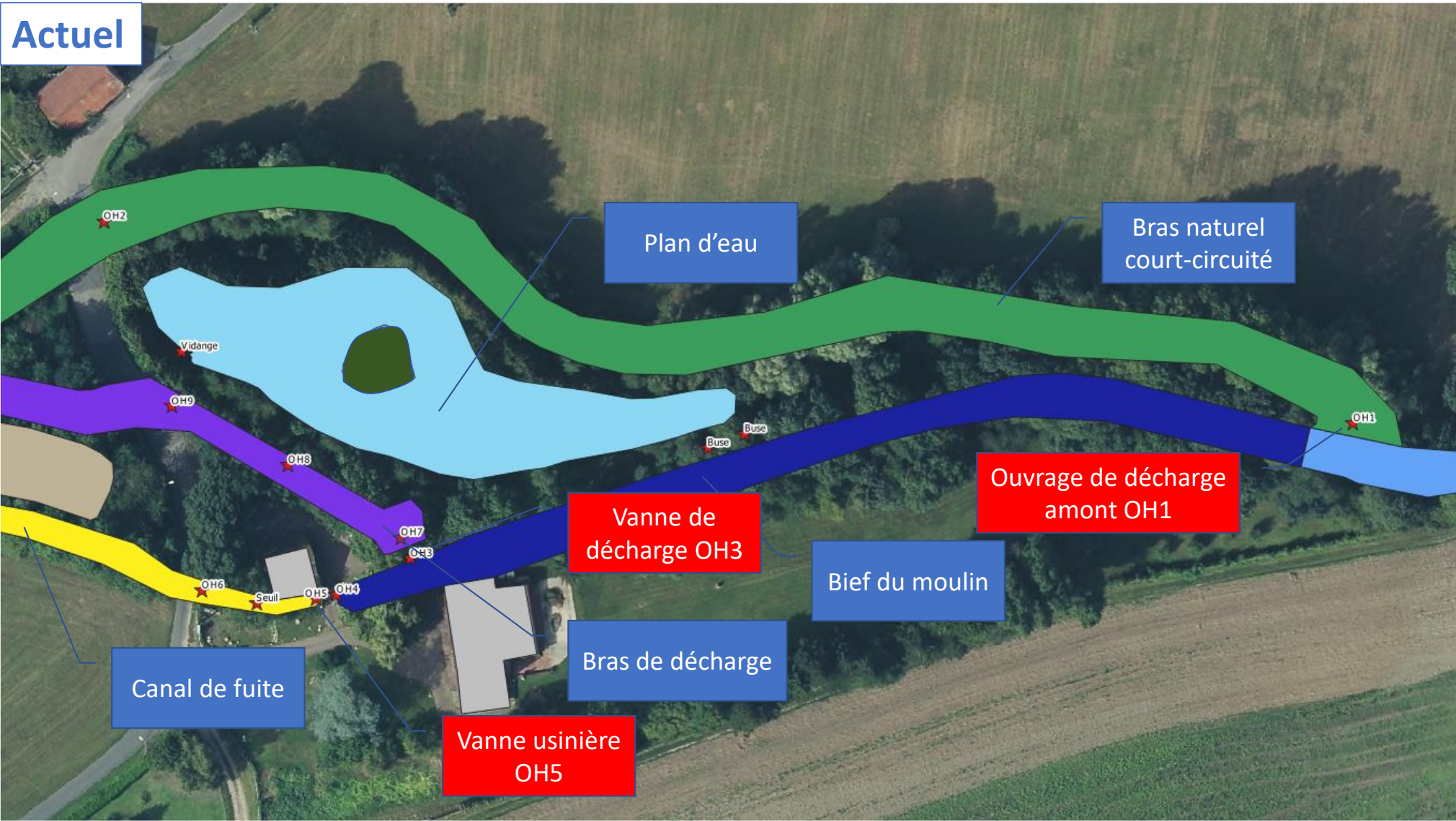
D'une façon générale, le programme de travaux s'accompagne :

- **De travaux forestiers :**
  - Déboisement et débroussaillage du pourtour du plan d'eau concerné par des plantations de tuyas;
- **De travaux de nettoyage/dépose/démolition :**
  - Enlèvement des éléments encombrants dans l'emprise de l'ouvrage de décharge amont ;
  - Dépose des enrochements dans l'environnement proche de l'ouvrage de décharge amont ;

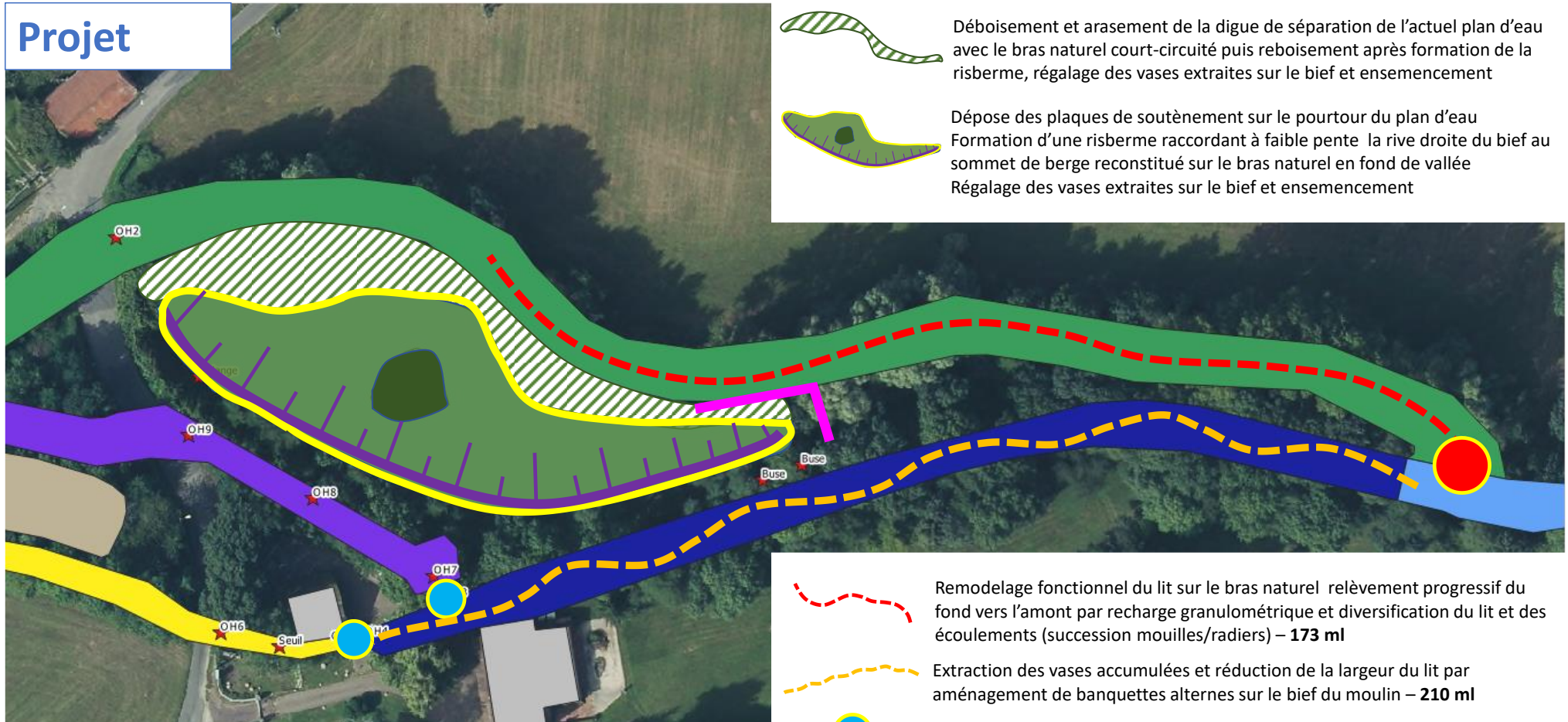
- Dépose de la vanne usinière (**OH5**), de la grille métallique amont et des vannes de décharge (**OH3**) ;
- Démolition de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) ;
- Démolition du mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité ;
- Dépose des plaques de soutènement en béton sur l'ensemble du pourtour de l'étang ;
- Evacuation des matériaux de démolition de toutes natures ;
- **De travaux de terrassement :**
  - Arasement de la digue de séparation entre le plan d'eau et le bras naturel court-circuité jusqu'au niveau de berge souhaité sur le tracé restauré du bras naturel court-circuité ;
  - Formation d'une risberme raccordant progressivement et à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué en rive gauche du bras naturel en fond de vallée, soit dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée, par terrassement en remblais valorisant les matériaux de déblais produits par l'arasement de la digue de séparation ;
  - Remodelage fonctionnel du bras naturel court-circuité sur **195 ml** en aval de l'actuel ouvrage de décharge amont (**OH1**):
    - Apport de matériaux granulaires pour le raccordement progressif des fonds amont/aval, la reconstitution du matelas alluvial et la diversification des écoulements ;
  - Remodelage fonctionnel du bief jusqu'au moulin Brandard :
    - Extraction des vases accumulées jusqu'au fond dur existant (vieux fonds, vieux bords) et régalage sur la risberme formée dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée ;
    - Apport de matériaux granulaires et de matériaux gravelo-terreux pour la constitution de banquettes alternes dans l'emprise du lit actuel valorisant également les matériaux de déblais produits par l'arasement de la digue de séparation ;
- **De travaux de génie végétal :**
  - Végétalisation des banquettes reconstituées sur le bief et de la risberme formée dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée (végétation herbacée de type « zone humide ») ;
  - Reconstitution d'une ripisylve en bordure du nouveau lit (essences locales et typiques de bordure de cours d'eau comme l'aulne, le saule, le frêne, le noisetier, le cornouiller...);
- **De travaux divers (mesures d'accompagnement pour les usages) :**
  - Aménagement d'une nouvelle prise d'eau incendie de type puisard connecté à la rivière, déporté en rive et accessible depuis la route du moulin Brandard ;
  - Pose d'une clôture de type « agricole » en léger recul de sommet de berge reconstitué sur le bras naturel court-circuité (soit dans l'emprise de la séparation arasée) ;
  - Occultation définitive des prises d'eau de l'étang.


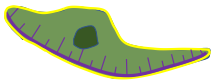
Les figures pages suivantes reportent les principales interventions prévues sur la zone de projet.










# Projet



- 
 Déboisement et arasement de la digue de séparation de l'actuel plan d'eau avec le bras naturel court-circuité puis reboisement après formation de la risberme, régalinge des vases extraites sur le bief et ensemencement
- 
 Dépose des plaques de soutènement sur le pourtour du plan d'eau  
 Formation d'une risberme raccordant à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué sur le bras naturel en fond de vallée  
 Régalinge des vases extraites sur le bief et ensemencement

- 
 Remodelage fonctionnel du lit sur le bras naturel relèvement progressif du fond vers l'amont par recharge granulométrique et diversification du lit et des écoulements (succession mouilles/radiers) – **173 ml**
- 
 Extraction des vases accumulées et réduction de la largeur du lit par aménagement de banquettes alternes sur le bief du moulin – **210 ml**
- 
 Dépose des vannes existantes
- 
 Démolition de l'ouvrage de décharge amont
- 
 Mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité à démolir



**Déversoir de décharge amont (OH1) à démolir avec enlèvement préalable des éléments encombrants et dépose des enrochements en berge et sur le fond du lit**



**Mur de soutènement à démolir en rive gauche du bras naturel court-circuité**





**Reprofilage du lit par recharge granulométrique à prévoir en amont du bras naturel court-circuité pour le rattrapage progressif du dénivelé de fond existant au droit de l'ouvrage de décharge amont à démolir**



**Extraction des vases accumulées sur le bief en vue de leur régalage sur la risberme à former dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue arasée et mise en œuvre de banquettes végétalisées alternes resserrant le lit d'écoulement**





**Digue de séparation à déboiser et à araser, dépose des plaques de soutènement sur le pourtour de l'étang**





**Plan d'eau existant à vidanger et à combler en formant une risberme raccordant à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstituée en rive droite du bras naturel en fond de vallée**

**Régalage des vases extraites sur le bief avant ensemencement par un mélange grainier de type « zone humide », plantations d'arbres et arbustes à l'approche du bras naturel et pose d'une clôture agricole en léger recul du sommet de berge reconstitué**



**Prises d'eau actuelles de l'étang à occulter définitivement**



**Dépose des vannes de décharge (OH3)**





Dépose de la vanne usinière (OH3)







## 4.5 CADRE REGLEMENTAIRE

### 4.5.1 L'Autorisation environnementale

Lorsqu'une installation, un ouvrage ou des travaux risquent de porter atteinte à l'environnement, des autorisations sont nécessaires avant de les effectuer, afin de protéger autant que possible les milieux naturels. Ces autorisations relèvent de différents codes juridiques (de l'environnement, de la forêt, de l'énergie...) et sont de la compétence de différents services de l'État.

C'est pourquoi, dans le cadre de la modernisation du droit de l'environnement et de la simplification des démarches administratives, il a été décidé de fusionner en une seule autorisation plusieurs décisions administratives nécessaires à la réalisation d'un même projet.

La nouvelle procédure d'autorisation environnementale est entrée en vigueur depuis le 1er mars 2017 pour :

- Les projets concernant des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) soumis à autorisation vis-à-vis de la Loi sur l'Eau (article L-214-3 du CE) ;
- Les projets concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumis à autorisation (article L.512-1 du CE) ;
- Les projets non soumis à une de ces autorisations mais qui doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale (article L122-1 du CE et annexe R122-2).

L'autorisation environnementale inclut l'ensemble des prescriptions des différentes législations applicables et relevant des codes ci-après :

- Le code de l'environnement : autorisation au titre des installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) ou au titre des installations classées pour la protection

de l'environnement (ICPE), ou, autorisation spéciale au titre de la législation des réserves naturelles nationales ou des réserves naturelles de Corse, autorisation spéciale au titre de la législation des sites classés, dérogations à l'interdiction d'atteinte aux espèces et habitats protégés, agrément pour l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés (OGM), agrément des installations de traitement des déchets ; déclaration IOTA ; enregistrement et déclaration ICPE, autorisation pour l'émission de gaz à effet de serre,

- Le code forestier : autorisation de défrichement,
- Le code de l'énergie : autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité,
- Le code des transports, code de la défense et code du patrimoine : autorisation pour l'établissement d'éoliennes.

#### 4.5.2 Rubriques de l'article R.214-1 du code de l'environnement

Le Code de l'environnement est composé de six livres, dont le deuxième est intitulé Milieux Physiques. Celui-ci comprend deux titres, respectivement consacrés à l'eau et à l'air. Ainsi, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006 est codifiée au titre I livre II sous les articles L. 210-1 et suivants. Le Code de l'environnement érige l'Eau en patrimoine commun de la nation. Sa protection est d'intérêt général et sa gestion doit se faire de façon globale.

Le complexe hydraulique formé par le moulin Brandard peut être considéré comme régulièrement autorisé par l'administration en charge de la Police de l'Eau (ouvrage fondé en titre et disposant d'un règlement d'eau - Arrêté préfectoral du 16 mars 1876).

Le programme d'aménagement, permettant la mise en conformité du site relativement aux obligations de restauration de la continuité écologique du Loing (liste 1 et 2 au titre du L214-17 du code de l'Environnement) et de respect du débit réservé (L214-18 du Code de l'Environnement), constitue une **modification notable et substantielle** du site, au sens de l'article R 181-46 du Code de l'environnement.

Il ne peut donc faire l'objet d'une simple procédure de régularisation administrative dans le cadre de l'instruction d'un dossier de « Portée à connaissance ».

Compte-tenu du fait que le bras naturel en fond de vallée deviendra dominant en terme de débit dérivé à l'échelle du complexe hydraulique pour l'ensemble des régimes hydrologiques ordinaires d'une part, et que des actions de restauration de milieux humides annexes sont prévues d'autre part, le programme d'aménagement peut être considéré comme :

- Un arasement d'ouvrage en lit mineur (item n°1)
- Un rétablissement du cours d'eau dans son lit d'origine (item n°3) ;
- Une restauration de zone humide (item n°4) ;
- Une suppression d'étang existant (item n°5) ;
- Une recharge sédimentaire du lit mineur (item n°8)
- Une restauration de zones naturelles d'expansion des crues (item n°10).

Dans ce contexte, le projet relève la seule rubrique **3.3.5.0.** de la nomenclature I.O.T.A Loi sur l'Eau, qui est exclusive des autres rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau.

**Cela signifie que le projet d'aménagement est soumis à Déclaration au titre de l'article R214-1 du Code de l'environnement.**

Pour rappel, les tableaux ci-dessous liste les travaux éligibles à cette rubrique.

3.3.5.0	Travaux, définis par un arrêté du ministre chargé de l'environnement, ayant uniquement pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques, y compris les ouvrages nécessaires à cet objectif	<b>D</b>	<a href="#">(Arrêté du 30 juin 2020 définissant les travaux de restauration des fonctionnalités des milieux aquatiques relevant de la rubrique)</a>
	Cette rubrique est exclusive de l'application des autres rubriques de la présente nomenclature.		
	Ne sont pas soumis à cette rubrique les travaux n'atteignant pas les seuils des autres rubriques de la présente nomenclature.		

## > Article 1

Les travaux de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques relevant de la rubrique 3.3.5.0 de la nomenclature annexée à l'[article R. 214-1 du code de l'environnement](#) sont les suivants :

- 1° Arasement ou dérasement d'ouvrage en lit mineur ;
- 2° Désendiguement ;
- 3° Déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité du cours d'eau ou rétablissement du cours d'eau dans son lit d'origine ;
- 4° Restauration de zones humides ;
- 5° Mise en dérivation ou suppression d'étangs existants ;
- 6° Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges ;
- 7° Reméandrage ou remodelage hydromorphologique ;
- 8° Recharge sédimentaire du lit mineur ;
- 9° Remise à ciel ouvert de cours d'eau couverts ;
- 10° Restauration de zones naturelles d'expansion des crues ;
- 11° Opération de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques prévue dans l'un des documents de gestion suivants, approuvés par l'autorité administrative :
  - a) Un schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) visé à l'[article L. 212-1 du code de l'environnement](#) ;
  - b) Un schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) visé à l'[article L. 212-3 du code de l'environnement](#) ;
  - c) Un document d'objectifs de site Natura 2000 (DOCOB) visé à l'[article L. 414-2 du code de l'environnement](#) ;
  - d) Une charte de parc naturel régional visée à l'[article L. 333-1 du code de l'environnement](#) ;
  - e) Une charte de parc national visée à l'[article L. 331-3 du code de l'environnement](#) ;
  - f) Un plan de gestion de réserve naturelle nationale, régionale ou de Corse, visé respectivement aux articles [R. 332-22](#), [R. 332-43](#), [R. 332-60](#) du code de l'environnement ;
  - g) Un plan d'action quinquennal d'un conservatoire d'espace naturel, visé aux articles [D. 414-30](#) et [D. 414-31](#) du code de l'environnement ;
  - h) Un plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) visé à l'[article L. 566-7 du code de l'environnement](#) ;
  - i) Une stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI) visée à l'[article L. 566-8 du code de l'environnement](#) ;
- 12° Opération de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques prévue dans un plan de gestion de site du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres dans le cadre de sa mission de politique foncière ayant pour objets la sauvegarde du littoral, le respect des équilibres écologiques et la préservation des sites naturels tels qu'énoncés à l'article L. 322-1 susvisé.

*Figure 6. Extrait de l'arrêté du 30 juin 2020 définissant les travaux de restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques relevant de la rubrique 3.3.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement*

## 5 PIÈCE N°4 : NOTICE D'INCIDENCE DU PROJET SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES

### 5.1 RESUME NON TECHNIQUE

L'EPAGE du bassin du Loing se porte maître d'ouvrage de travaux de restauration de la continuité écologique sur le Betz au droit du moulin Brandard à Bransles (77) de façon à permettre la mise en conformité réglementaire du site (cours d'eau classé en liste 1 et 2 au titre du L214-17 du code de l'Environnement et obligation de respect du débit réservé au titre L214-18 du Code de l'Environnement) et en cohérence avec les objectifs poursuivis par l'établissement dans l'exercice de sa compétence GEMAPI.

Le programme d'intervention a été défini en concertation avec le propriétaire et a pour objectifs :

- D'allouer la majeure partie du débit du cours d'eau au bras naturel court-circuité ;
- De restaurer sur ce dernier un écoulement permanent, naturel et diversifié favorable au développement de la vie aquatique dans son ensemble et compatible avec la libre circulation des espèces et le transit naturel des sédiments ;
- De rétablir une zone humide fonctionnelle et facilement inondable en rive gauche du bras naturel restauré dans l'emprise de l'actuel plan d'eau.

Il implique notamment :

- L'effacement de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) ;
- Le remodelage du lit sur le bras naturel court-circuité en aval (rehaussement général du fond sur une partie de sa longueur) pour rattraper progressivement le dénivelé de fond existant au droit de l'ouvrage ;
- La suppression de la totalité du plan d'eau actuel et la création d'une zone humide riveraine fonctionnelle dans l'emprise des surfaces exondées, moyennant le déboisement puis l'arasement de l'actuelle digue de séparation et le déplacement de l'actuel point d'eau incendie sous la forme d'un puisard déporté en rive et connecté au cours d'eau en aval immédiat de la route du moulin Brandard ;
- Le retrait des vases accumulées sur le bief et le remodelage fonctionnel du lit pour assurer un écoulement minimum jusqu'au moulin (enjeux d'agrément esthétique pour le propriétaire et de conservation des fondations des bâtiments et murets riverains) et adapter le gabarit d'écoulement aux moindres débits réduits attendus sur cet axe.

La totalité des déblais produits par l'opération sera réemployée sur site pour la formation de la risberme riveraine du bras naturel dans l'emprise de l'actuel plan d'eau.

Le programme repose donc essentiellement sur la réalisation de travaux forestiers, de dépose et démolition d'ouvrages existants, de terrassement en déblais/remblais et de travaux fluviaux (recharge en granulats, pose de petits enrochements).

Compte-tenu du fait que le bras naturel en fond de vallée deviendra dominant en terme de débit dérivé à l'échelle du complexe hydraulique pour l'ensemble des régimes hydrologiques ordinaires d'une part, et que des actions de restauration de milieux humides annexes sont prévues d'autre part, le programme d'aménagement relève de la seule rubrique **3.3.5.0.** de la nomenclature I.O.T.A Loi sur l'Eau.

Il est donc soumis à Déclaration au titre de l'article R214-1 du Code de l'environnement.

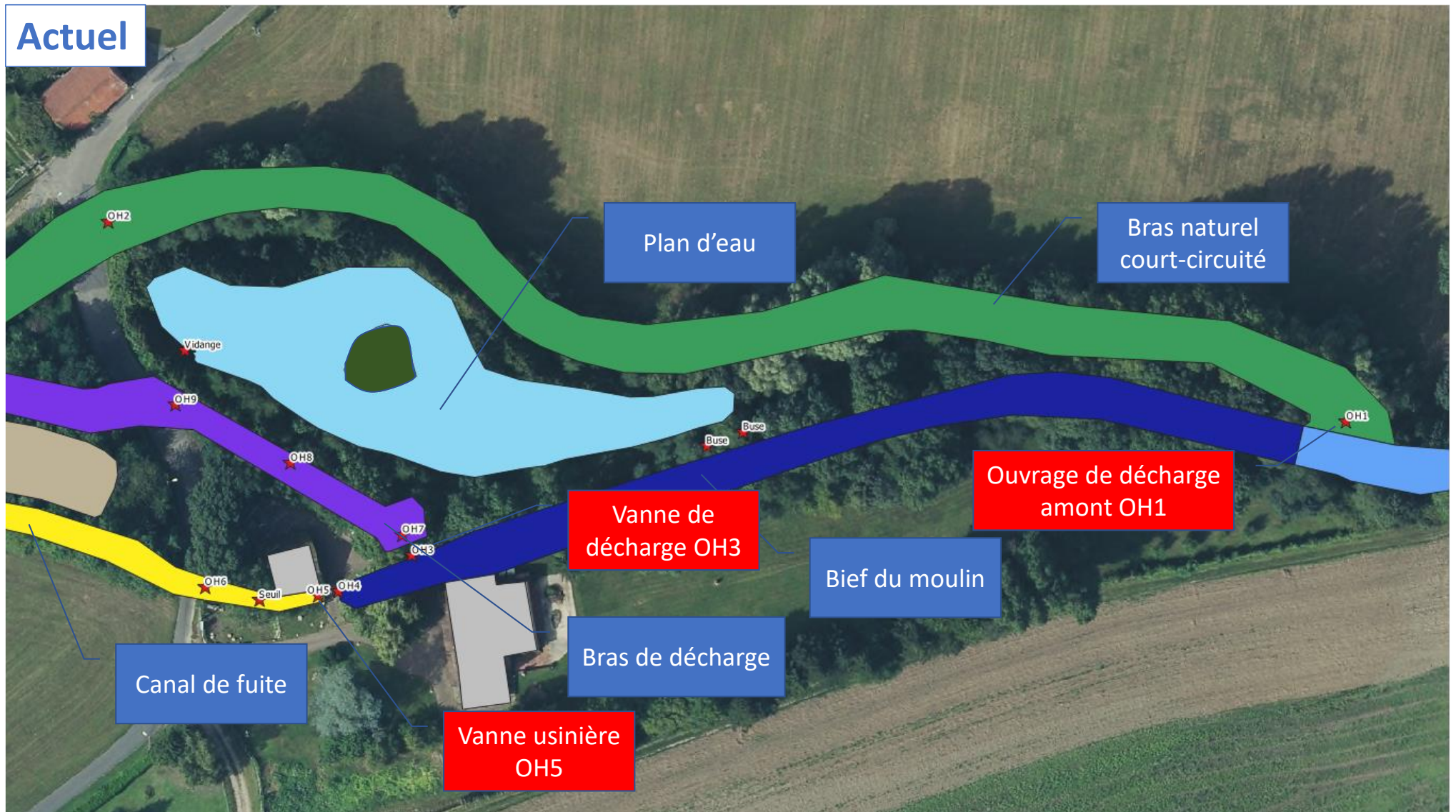
Les grandeurs suivantes rendent compte de l'importance de l'opération et des gains d'écoulements libres et naturels reconquis :

- Linéaire de cours d'eau faisant l'objet d'une recharge granulométrique et d'un remodelage fonctionnel du lit sur le bras naturel en fond de vallée  $\approx 195$  m ;
- Linéaire de digue de séparation arasée entre l'actuel plan d'eau et le bras naturel court-circuité  $\approx 150$  m ;
- Surface d'étang supprimée  $\approx 2234$  m<sup>2</sup>;
- Linéaire de bief faisant l'objet d'un curage des vases accumulées et d'un remodelage fonctionnel du lit par mise en œuvre de banquettes végétalisées alternées  $\approx 200$  m ;
- Volumétrie de l'opération :
  - Matériaux gravo-terreux à extraire en vue de leur réemploi intégral sur site  $\approx 1942$  m<sup>3</sup> ;
  - Vases à extraire sur le bief et à régaler en partie superficielles des surfaces remblayées dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée  $\approx 800$  m<sup>3</sup> ;
  - Matériaux granulaires pour le remodelage des fonds et la reconstitution du matelas alluvial sur le bras naturel et la formation des risbermes sur le bief  $\approx 443$  m<sup>3</sup> ;
  - Petits enrochements pour la réalisation des radiers : **372 T**
- Linéaire d'écoulement libre reconquis en amont de l'actuel ouvrage répartiteur **OH1**  $\approx 400$  m ;
- Linéaire d'écoulement rendu permanent sur le bras naturel en fond de vallée  $\approx 340$  m.

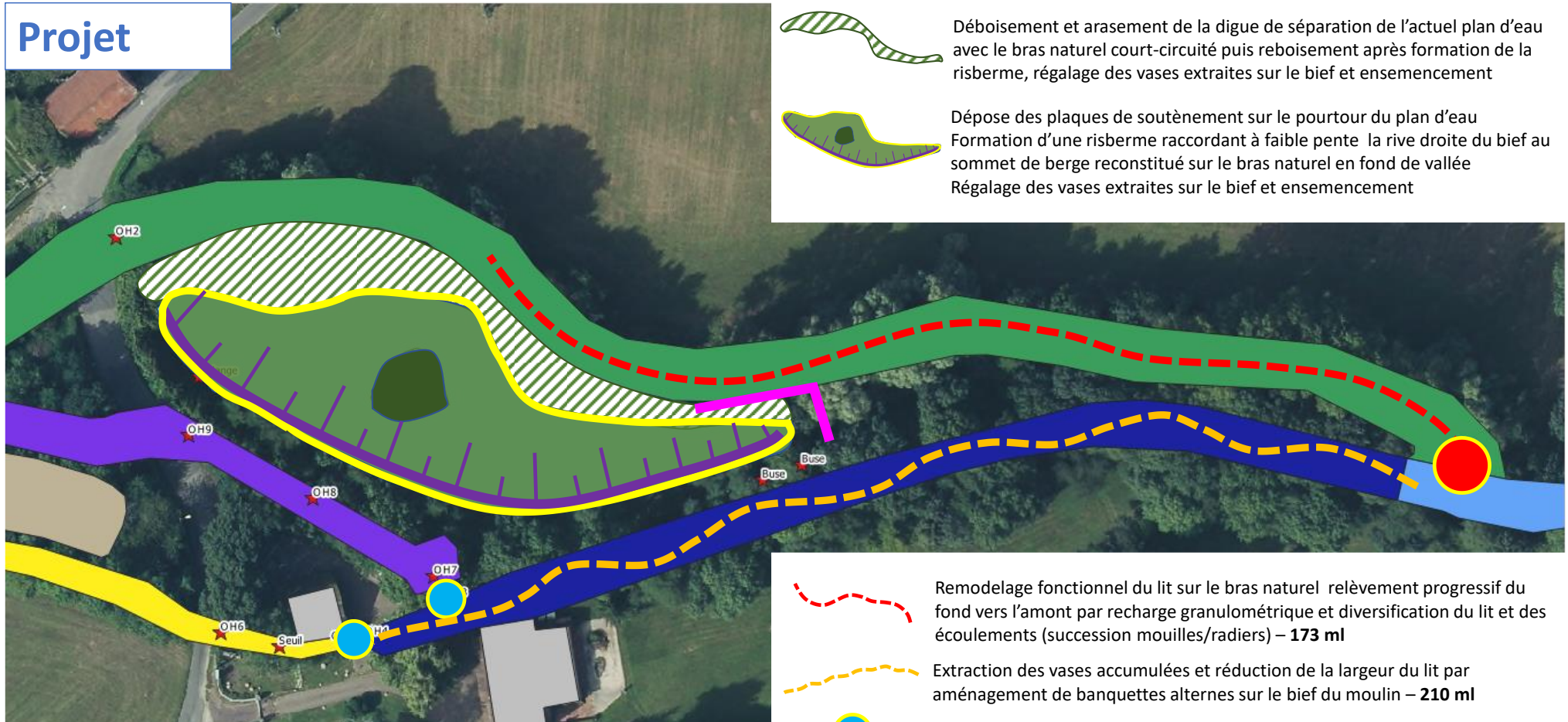
Les figures pages suivantes reportent les principales interventions prévues sur la zone de projet.










**Actuel**



# Projet



-  Déboisement et arasement de la digue de séparation de l'actuel plan d'eau avec le bras naturel court-circuité puis reboisement après formation de la risberme, régalaage des vases extraites sur le bief et ensemencement
-  Dépose des plaques de soutènement sur le pourtour du plan d'eau Formation d'une risberme raccordant à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué sur le bras naturel en fond de vallée Régalaage des vases extraites sur le bief et ensemencement

-  Remodelage fonctionnel du lit sur le bras naturel relèvement progressif du fond vers l'amont par recharge granulométrique et diversification du lit et des écoulements (succession mouilles/radiers) – **173 ml**
-  Extraction des vases accumulées et réduction de la largeur du lit par aménagement de banquettes alternes sur le bief du moulin – **210 ml**
-  Dépose des vannes existantes
-  Démolition de l'ouvrage de décharge amont
-  Mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité à démolir

Les travaux s'étaleront sur une durée de l'ordre de **4 mois** entre les mois d'août-septembre et novembre-décembre en prévoyant :

- Les travaux préparatoires et de déboisement sur le mois d'août ;
- La conduite des terrassements sur les mois de septembre-octobre ;
- La végétalisation des risbermes, de la digue arasée et de la nouvelle digue de séparation du plan d'eau sur le mois d'octobre voire novembre ;
- La plantation des arbres sur les mois de novembre voire décembre.

Le portage du projet de restauration par l'EPAGE du bassin du Loing nécessite par ailleurs la réalisation d'une Déclaration d'Intérêt Général (DIG) justifiant l'intervention de la collectivité sur des terrains privés, l'établissement n'ayant pas la maîtrise foncière des terrains sur lesquels il envisage d'intervenir.

## 5.2 SYNTHÈSE ENVIRONNEMENTALE

### 5.2.1 Hydrographie

*Source : EPAGE du bassin du Loing – PDPG du Loiret (2018)*

Le Betz prend sa source au sud de la commune de Domats dans le département de l'Yonne et se jette dans le Loing à Dordives dans le département du Loiret.

Le réseau hydrographique de compose de 4 principales masses d'eau drainant un bassin versant d'une superficie de **165 km<sup>2</sup>** :

- Cours principal du Betz: de la source dans le bourg de Domats (89) à la confluence avec le Loing à Dordives – Code masse d'eau : FRHR88B - Longueur : **33.2 Km** ; pente moyenne : **3‰** ;
- Affluents :
  - Ru de Galetas depuis l'étang de Galetas (commune de Foucherolles) à la confluence avec le Betz à Bazoches/B- Code masse d'eau : FRHR88B-F4298350 - Longueur : **4.2 Km** ; pente moyenne : **4,8 ‰** ;
  - La Sainte-Rose depuis les sources du Monastère de St-Rose et des Maugarets à Ervauxville à la confluence avec le Betz à Chevannes - Code masse d'eau : FRHR88B – F4298500 - Longueur : **13.5 Km** ; pente moyenne : **3,5 ‰** ;
  - Ru de la Vallée des Ardouzes depuis sa source de Dordives à la confluence avec le Betz en aval de l'ancien Moulin Brûlé (Dordives) - Code masse d'eau : FRHR88B – F4299000 - Longueur : **0.8 Km** ; pente moyenne : **6,25 ‰**.

Le Betz traverse d'amont en aval les 8 communes suivantes :

- Domats (département de l'Yonne) ;
- Montacher-Villegardin (département de l'Yonne) ;
- Bazoches sur le Betz (département du Loiret) ;
- Le Bignon Mirabeau (département du Loiret) ;
- Chevry sous le Bignon (département du Loiret) ;
- Chevannes (département du Loiret) ;
- Bransles (département de la Seine et Marne) ;
- Dordives (département du Loiret) ;



Le bon fonctionnement du milieu et la qualité de l'eau apparaissent altérés par les aménagements et travaux hydrauliques passés :

- Présence d'ouvrages hydrauliques transversaux (seuils de moulin notamment) potentiellement infranchissables pour la faune piscicole (impact fort sur le bassin versant du Betz pour la population piscicole selon le PDPG). Sur le bassin versant, 21 ouvrages sont recensés et ont pour effet de :
  - Perturber l'hydromorphologie du cours d'eau ;
  - Impacter la continuité écologique ;
  - Homogénéiser les écoulements et les habitats du cours d'eau ;
  - Réchauffer l'eau.
- Présence de près de 19 plans d'eau (selon le PDPG du Loiret) sur le Betz ou ses affluents, dont l'étendue cumulée représenterait environ 100 ha ;
- Anciens travaux hydrauliques de rectification, de recalibrage ou de curage sur le cours d'eau.

Le cours d'eau du Betz paraît aujourd'hui très perturbé au niveau hydrologique et thermique en amont de la commune de Chevry-sous-le-Bignon, engendrant des impacts négatifs sur le peuplement piscicole notamment (considéré comme dégradé en 2018 selon le PDPG du Loiret). Cela s'explique par la forte présence d'ouvrages et surtout de plans d'eau sur la partie amont du bassin versant.

La partie aval semble moins perturbée qu'à l'amont et présente des écosystèmes plus jeunes et diversifiés ainsi qu'une eau plus fraîche. Néanmoins des facteurs limitants comme des ouvrages hydrauliques participent à dégrader le peuplement piscicole.

La zone d'étude se situe sur la commune de Bransles, sur la partie aval du bassin versant du Betz comme figuré sur la carte suivante.



Figure 7 : Réseau hydrographique du Betz - Source : EPAGE du bassin du Loing

## 5.2.2 Climat

Le bassin versant du Betz est soumis à un climat de type océanique dégradé se caractérisant par des hivers doux et pluvieux et des étés frais (**19°C en moyenne**) et relativement humides.

Les précipitations moyennes annuelles sont de **726 mm** à Montargis et se répartissent équitablement sur tous les mois de l'année avec une légère pointe au mois de mai.

Les écarts de températures sont plus marqués et prolongés en hiver et en été par rapport au climat océanique. Les mois les plus chauds sont classiquement observés en juillet-août et le plus froid en janvier.

## 5.2.3 Géologie et hydrogéologie

*Source : Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016)*

La vallée du Betz repose exclusivement sur des terrains sédimentaires du bassin parisien (hydro-écorégion « tables calcaires »).

La géologie du bassin versant est toutefois très hétérogène d'amont en aval.

L'amont du bassin versant du Betz (en amont de Chevry-sous-le-Bignon) repose sur des sols datant de l'Eocène et correspond à des sables, de l'argile et des silex. Cette partie du bassin versant est peu propice aux échanges nappe-rivière.

Le lit du Betz correspond plus particulièrement à des alluvions récentes (Fz1 alluvions récents) composées majoritairement de sable quartzeux.

A l'aval, la géologie correspond majoritairement à la craie campanienne (c6) et à la formation à chaille (« Poudingue à chaille » notée e7). La craie se caractérise par un faciès dur et compact pouvant comporter des silex. La formation de type « poudingue à chailles » comporte des galets de différentes tailles transportés par des rivières anciennes. Certains de ces galets ne présentent pas de phénomènes de roulage. Un lien argileux entre ces galets permet d'obtenir des poudingues.

Ponctuellement sur le bassin versant, il est possible de trouver :

- Des couches d'argiles plastiques et de sable comprenant des silex ou graviers fins (Sparnacien, e4), sous la ville de Bransles notamment;
- Des couches issues de l'altération des craies alentours (Argile à silex, Rs) ;
- Des calcaires gris pouvant se trouver entre les formations à chailles et les grès (Eocène lacustre, e5).

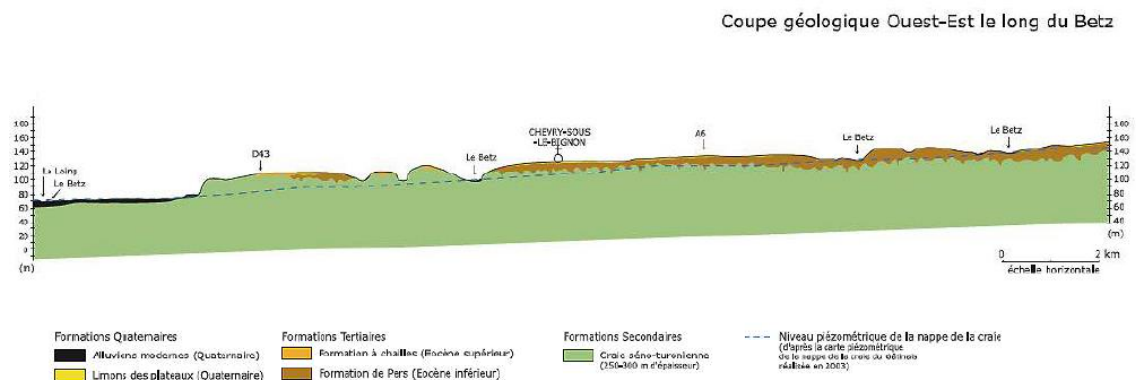


Figure 8. Coupe géologique de la vallée du Betz – Source : Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016) .

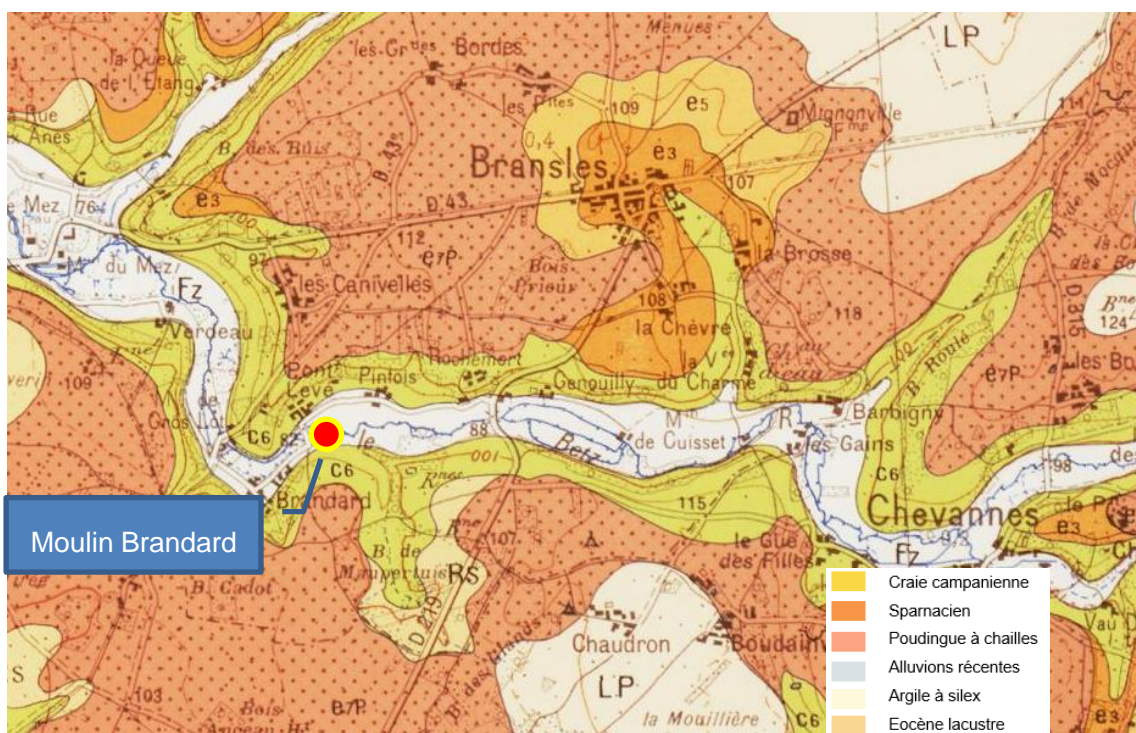


Figure 9 : Extrait de la carte géologique imprimée au 1/50000<sup>ième</sup> sur la zone d'étude - Source : Infoterre

La nature géologique plutôt perméable du bassin versant du Betz favorise l'infiltration des eaux précipitées et limite, en période d'hydraulicité normale, les apports aux cours d'eau par ruissellement.

L'essentiel des résurgences se trouve sur la partie aval du bassin versant, à la rencontre de la nappe de craie qui constitue le principal réservoir aquifère du secteur. Elle apporte à ce niveau des débits non négligeables au cours d'eau et des eaux fraîches, dures et réputées productives sur le plan biologique (calcium et magnésium de la craie impactant le taux de croissance des espèces, leur productivité et la biomasse globale).

A l'échelle de la zone d'étude, aucune source n'a été recensée mais plusieurs d'entre elles sont connues en amont et en aval proche de celle-ci :

- Résurgences des Gains et du Moulin Madame sur le Betz (territoire de la Commune de Bransles) ;
- Résurgences en rive gauche du moulin du Mez et en rive gauche au niveau de l'ancienne pisciculture à Dordives.

#### 5.2.4 Occupation des sols

L'occupation des sols sur le bassin versant de la Betz est majoritairement agricole et caractérisée par la présence de grandes cultures céréalières (≈ 73% de la superficie totale).



Les surfaces boisées couvrent quant à elles environ **22%** de la superficie du bassin versant et se concentrent essentiellement en tête de bassin versant ainsi que de part et d'autre du cours d'eau en fond de vallée sous la forme de boisements alluviaux.

Des territoires urbanisés sont peu étendus et se limitent à quelques villages et habitations isolées.

La commune de Bransles ne possède pas de PLU mais possède une carte communale représentant un document d'urbanisme simplifié.

A l'image du bassin versant, le cours du Betz sur la zone d'étude est bordé essentiellement de boisements alluviaux rivulaires et de zones de cultures.

Le site du moulin Brandard comporte les seuls bâtiments d'habitation présents en bordure du cours d'eau sur la zone d'étude.

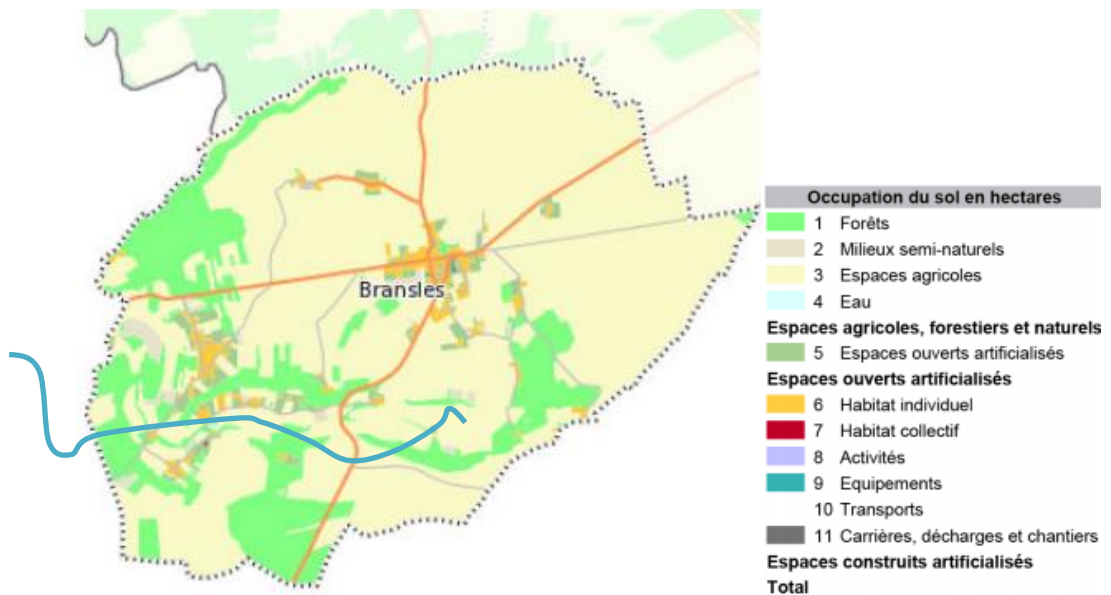


Figure 10 : Occupation des sols simplifié (2012) -

## 5.2.5 Hydrologie

### a) Contexte hydrologique général

Le régime hydrologique du Betz est de type pluvial et se caractérise par une alternance de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales, avec une variabilité interannuelle des débits relativement importante sur la partie amont du bassin versant et plus modérée à l'aval de la confluence avec ru de Sainte-Rose du fait des réserves en eau souterraines et des échanges nappe /rivières plus soutenus au contact de la nappe de craie

Le régime hydrologique du cours d'eau peut être jugé relativement régulier au droit de la zone d'étude.

A noter enfin qu'aucun phénomènes d'assec n'a été observé par l'Observatoire national des étiages sur le Betz en amont de la zone d'étude (16 km en amont).

## Observation des écoulements de 2012 à 2015

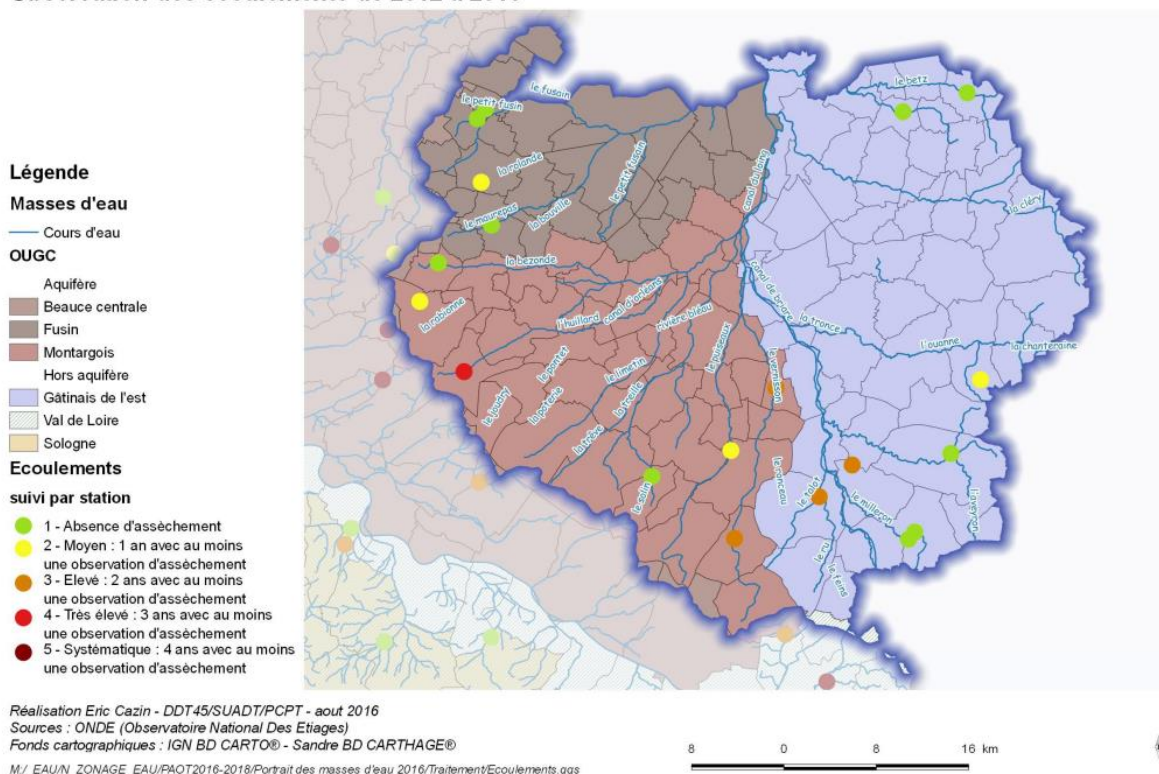


Figure 11 : Carte des observations des écoulements de 2012 à 2015 dans le département du Loiret - Source : DDT 45

2012	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2013	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2014	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2015	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2016	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2017	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2018	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2019	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2020	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
2021	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc

Absence de données
  Ecoulement visible
  Ecoulement non visible
  Assec
  Observation impossible

Figure 12 : Observation des écoulements du Betz sur la commune de Bazoches-sur-le-Betz (16 km en amont de la zone d'étude) entre 2012 et 2021 - Source : Onde (données de l'observatoire national des étiages)



#### a) Hydrologie du Betz au droit de l'ancienne station hydrométrique de Bransles

Le contexte hydrologique du Betz peut être apprécié à partir des données acquises à l'ancienne station hydrométrique de Bransles en amont proche de la zone d'étude (station **H3403201** ; données disponibles pour la période **1997-2012**, bassin versant topographique de **157 km<sup>2</sup>**).

Ces données sur **15 ans** ne permettent pas de déterminer les débits de crues d'occurrence supérieure à **20 ans**, ce qui n'est pas problématique pour les besoins de l'étude dans la mesure où la modélisation hydraulique de l'état initial et des situations de projets qui seront envisagées ne concerne que les débits de basses, moyennes et hautes eaux annuelles et jusqu'au régime de plein bord atteint pour de faibles occurrences (période de retour de l'ordre de **2 ans**).

Les valeurs de débits mensuels sont présentées sur la figure ci-après :

## Le Betz à Bransles

### SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1996 - 2012)

Calculées le 09/08/2021 - Intervalle de confiance : 95 %

Code Station : H3403201

Producteur : DRIEE IDF

Bassin versant : 157 km<sup>2</sup>

E-mail : driee-if.hydro@developpement-durable.gouv.fr

#### Écoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 17 ans

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débites (m <sup>3</sup> /s)	0.977	1.030 #	0.993	0.801	0.545 #	0.303	0.230 #	0.190	0.219 #	0.384 #	0.450	0.827 #	0.577
Qsp (l/s/km <sup>2</sup> )	6.2	6.6 #	6.3	5.1	3.5 #	1.9	1.5 #	1.2	1.4 #	2.4 #	2.9	5.3 #	3.7
Lame d'eau (mm)	16	16 #	16	13	9 #	5	3 #	3	3 #	6 #	7	14 #	116

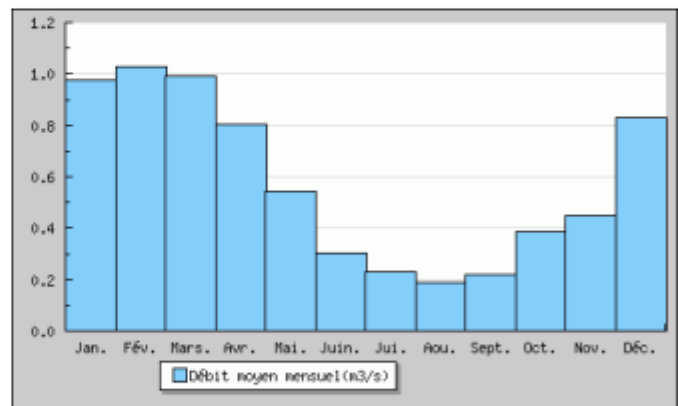
Qsp : débits spécifiques

#### Codes de validité d'une année-station :

. + : au moins une valeur d'une station antérieure à été utilisée  
 . P : le code de validité de l'année-station est provisoire  
 . # : le code de validité de l'année-station est validé douteux  
 . ? : le code de validité de l'année-station est invalidé  
 . (espace) : le code de validité de l'année-station est validé bon

#### Codes de validité d'une donnée, d'un calcul :

. ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne  
 . # : valeur 'estimée' (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine  
 . E : la valeur retenue est une valeur estimée (à partir du rapport QIX/QJ)  
 . L : une estimation a eu lieu (à cause d'une lacune dans la période étudiée) mais une valeur mesurée s'est révélée supérieure à l'estimation: la valeur mesurée a été retenue.  
 . > : valeur inconnue forte  
 . < : valeur inconnue faible  
 . (espace) : valeur bonne



#### Modules interannuels (naturels) - données calculées sur 17 ans

Module (moyenne)	Fréquence	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide
0.577 [ 0.428;0.726 ]	Débites (m <sup>3</sup> /s)	0.320 [ 0.120;0.470 ]	0.580 [ 0.440;0.790 ]	0.860 [ 0.710;1.100 ]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

Figure 13 : Extrait de la fiche de synthèse à la station hydrométrique du Betz à Bransles sur la période 1997-2012 (source : Banque HYDRO) – Débits moyens mensuels

L'analyse de ces données met en évidence :

- Une faible abondance du cours d'eau, la lame d'eau écoulée moyenne étant de **116 mm**, soit presque deux fois moins que la moyenne établie à l'échelle du bassin de la Seine (**≈ 240 mm/an**);
- Une faible variabilité annuelle des débits.

Les débits les plus importants s'observent de décembre à mai inclus, avec une pointe plus marquée en février (débit moyen mensuel de **1.03 m<sup>3</sup>/s**).

Les débits baissent ensuite progressivement au printemps pour se stabiliser en période estivale (juillet-septembre) entre **0.19 à 0.23 m<sup>3</sup>/s** en moyenne, soit entre **33** et **40%** du module interannuel, avec un minimum observé pour le mois d'août (débit moyen mensuel de **0.19 m<sup>3</sup>/s**).

Il est ainsi observé un rapport de **1 à 5** entre le débit du mois le plus sec (août) et celui du mois le plus humide (février), ce qui traduit un régime hydrologique annuel faiblement contrasté.

Le module interannuel, soit **0.577 m<sup>3</sup>/s**, est atteint ou dépassé environ **30%** du temps en année normale.

Le débit plancher réglementaire correspondant à 1/10<sup>ième</sup> du module, soit **0.058 m<sup>3</sup>/s**, est quant à lui en théorie quasiment toujours dépassé (fréquence de dépassement supérieure de l'ordre de **99%** du temps).

Le **QMNA5**, débit d'étiage de référence correspondant au débit mensuel minimum ayant une chance sur cinq d'être observé tous les ans, s'établit à **0.1 m<sup>3</sup>/s**, soit un débit atteint ou dépassé **94%** du temps environ en année normale.

Les débits de crue journaliers varient quant à eux de **4.4 m<sup>3</sup>/s** à **11.0 m<sup>3</sup>/s** respectivement pour la **crue biennale et vicennale**.

La plus forte crue enregistrée à la station est celle de **décembre 2001 (QIX : 10.4 m<sup>3</sup>/s)**, soit une crue de période de retour de **15 ans (QJ : 10.27 m<sup>3</sup>/s)**.

A signaler que le Betz a été concerné par la crue historique et exceptionnelle de **juin 2016** qui a affecté une grande partie du bassin du Loing.

A titre d'information, le débit de crue journalier enregistré pour cet épisode à la station hydrométrique de Ferrières sur le cours d'eau voisin de la Cléry était de **37.2 m<sup>3</sup>/s**, auquel une période de retour de **3 880 ans** peut être calculée par ajustement de Gumbel.

L'extrait ci-après reporte les principaux débits de références ainsi que les débits classés calculés à la station sur l'ensemble de la chronique de mesures.

## Le Betz à Bransles

### Basses eaux ( loi de Galton - janvier à décembre ) - données calculées sur 17 ans

Fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
Biennale	0.110 [ 0.083;0.140 ]	0.120 [ 0.095;0.160 ]	0.160 [ 0.120;0.200 ]
Quinquennale sèche	0.067 [ 0.046;0.088 ]	0.078 [ 0.056;0.100 ]	0.100 [ 0.075;0.130 ]
Moyenne	0.130	0.142	0.180
Ecart Type	0.087	0.088	0.111

### Crues ( loi de Gumbel - septembre à août ) - données calculées sur 14 ans

Fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
Xo	3.480	4.340
Gradex	2.510	3.620
Biennale	4.400 [ 3.400;5.800 ]	5.700 [ 4.200;7.700 ]
Quinquennale	7.300 [ 6.000;10.00 ]	9.800 [ 7.900;14.00 ]
Décennale	9.100 [ 7.500;13.00 ]	12.00 [ 10.00;18.00 ]
Vicennale	11.00 [ 8.900;16.00 ]	15.00 [ 12.00;22.00 ]
Cinquantennale	Non calculée	[ ; ]
Centennale	Non calculée	Non calculée

### Maximums connus ( par la banque HYDRO )

Débit instantané maximal (m3/s)	19.10 #	30/12/2001 04:06
Hauteur maximale instantanée (mm)	1290	30/12/2001 04:06
Débit journalier maximal (m3/s)	10.40 #	30/12/2001

\* la synthèse étant effectuée sur la chronique complète de données (station ET stations antérieures comprises s'il en existe), la hauteur maximale connue affichée peut provenir d'une station antérieure

### Débits classés données calculées sur 5854 jours

Fréquences	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Débit (m3/s)	3.250	2.540	1.820	1.210	0.797	0.578	0.458	0.370	0.285	0.215	0.166	0.129	0.096	0.071	0.058

### Stations antérieures utilisées

Pas de station antérieure

Figure 14 : Extrait de la fiche de synthèse à la station hydrométrique du Betz à Bransles sur la période 1997-2012 (source : Banque HYDRO) – Débits de références et débits classés



## 5.2.6 Zones d'intérêt environnemental

### b) Zones Natura 2000

Source(s) : Géoportail et INPN

Le zonage de type **Natura 2000** est un zonage réglementaire qui implique une protection des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore associées.

- **La directive du 2 Avril 1979 dite directive « Oiseaux »** prévoit la protection des habitats nécessaires à la reproduction et à la survie d'espèces d'oiseaux considérées comme rares ou menacées à l'échelle de l'Europe. Dans chaque pays de l'Union sont classés en Zone de Protection Spéciale (ZPS) les sites les plus adaptés à la conservation des habitats de ces espèces en tenant compte de leur nombre et de leur superficie ;
- **La directive du 21 mai 1992 dite directive « Habitats »** promeut la conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage. Elle prévoit la création d'un réseau écologique européen de Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

**Dans le cas présent, la zone d'étude ne se trouve pas au sein ou à proximité immédiate d'une zone spéciale de conservation (ZSC) ou d'une zone de protection spéciale (ZPS).**

**Le projet n'a pas d'incidence sur le site Natura 2000.**

### c) ZNIEFF

Source(s) : Géoportail et INPN

Le zonage de type **ZNIEFF** (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) est un zonage d'inventaire des territoires d'intérêt régional abritant des espèces végétales et animales de valeur patrimoniale mais n'implique pas de protection réglementaire.

Les **ZNIEFF** correspondent à des sites présentant un grand intérêt écologique. Elles ont été décrites selon divers critères :

- Critères patrimoniaux : présence d'espèces et/ou associations d'espèces rares, remarquables;
- Critères de vulnérabilité à un aménagement ;
- Critères de fonctionnalité de la zone.

On distingue des ZNIEFF de type I et II.

- **Les zones de type I** sont des secteurs délimités, caractérisés par leur intérêt biologique remarquable. Elles abritent au moins une espèce ou un habitat patrimonial (qui justifie de fait l'existence de la ZNIEFF), et se caractérisent par leur unité fonctionnelle écologique. (RICHARD et DUHAUTOIS, 1994) ;
- **Les zones de type II** forment un grand ensemble naturel riche et peu modifié, qui offre des potentialités biologiques importantes. Cohérentes sur le plan du paysage, elles peuvent contenir de manière plus ou moins diffuse un grand nombre d'éléments patrimoniaux (plusieurs dizaines d'espèces, au moins cinq habitats différents), à l'intérieur duquel des sites peuvent être décrits comme des zones de **type I**.

**Dans le cas présent, la zone d'étude ne se trouve pas au sein d'une ZNIEFF de type I ou II.**

**Il se situe toutefois à proximité (≈ 1 km à l'Ouest) de la ZNIEFF de type I FR240003880 – « Coteau du Betz au bois de Verdeau ».**

Cette zone se trouve en aval de la zone d'étude sur la commune de Dordives. Le coteau calcaire est occupé par des chênes et des charmes où 8 espèces de chauves-souris sont présentes.

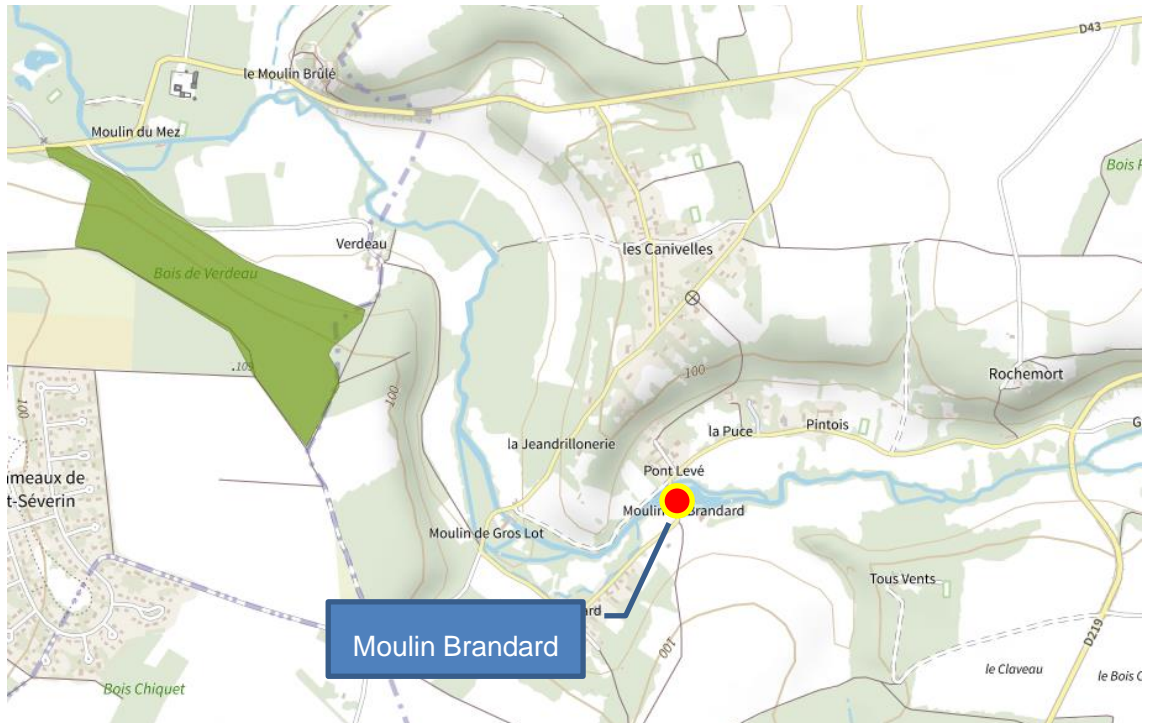


Figure 15 : Zonage de la ZNIEFF de type I FR240003880 « Coteau du Betz au bois de Verdeau » à proximité de la zone d'étude - Source : Géoportail

Il est à noter enfin l'existence de plusieurs ZNIEFF en tête de bassin du Betz dont certains incluent le cours du Betz lui-même:

- ZNIEFF de type 2 FR260014912 : Etangs prairies et forêts du Gatinais nord oriental ;
- ZNIEFF de type 1 FR260030442 : Prairies bocagères de Domats ;
- ZNIEFF de type 2 FR 260014912 : Etangs prairies et forêts du Gatinais nord oriental.

#### **d) Espaces Naturels Sensibles**

Le zonage de type **ENS** (Espaces Naturels Sensibles) est un zonage de gestion qui relève de la compétence des départements en matière de milieux naturels et permet la valorisation des espaces naturels et leur gestion conservatoire.

**Dans le cas présent, le site d'étude n'est pas concerné ou ne se situe pas à proximité immédiate d'un Espace Naturel Sensible.**

Il est néanmoins à noter l'existence de zones potentielles d'espaces naturels sensibles inventoriés via le schéma départemental des espaces naturels sensibles **2012-2021** sur la commune de Bransles. Ces espaces naturels potentiels sont présents sur la zone d'étude (notamment l'amont) et représentent des espaces situés au bord du cours d'eau du Betz (milieux humides).

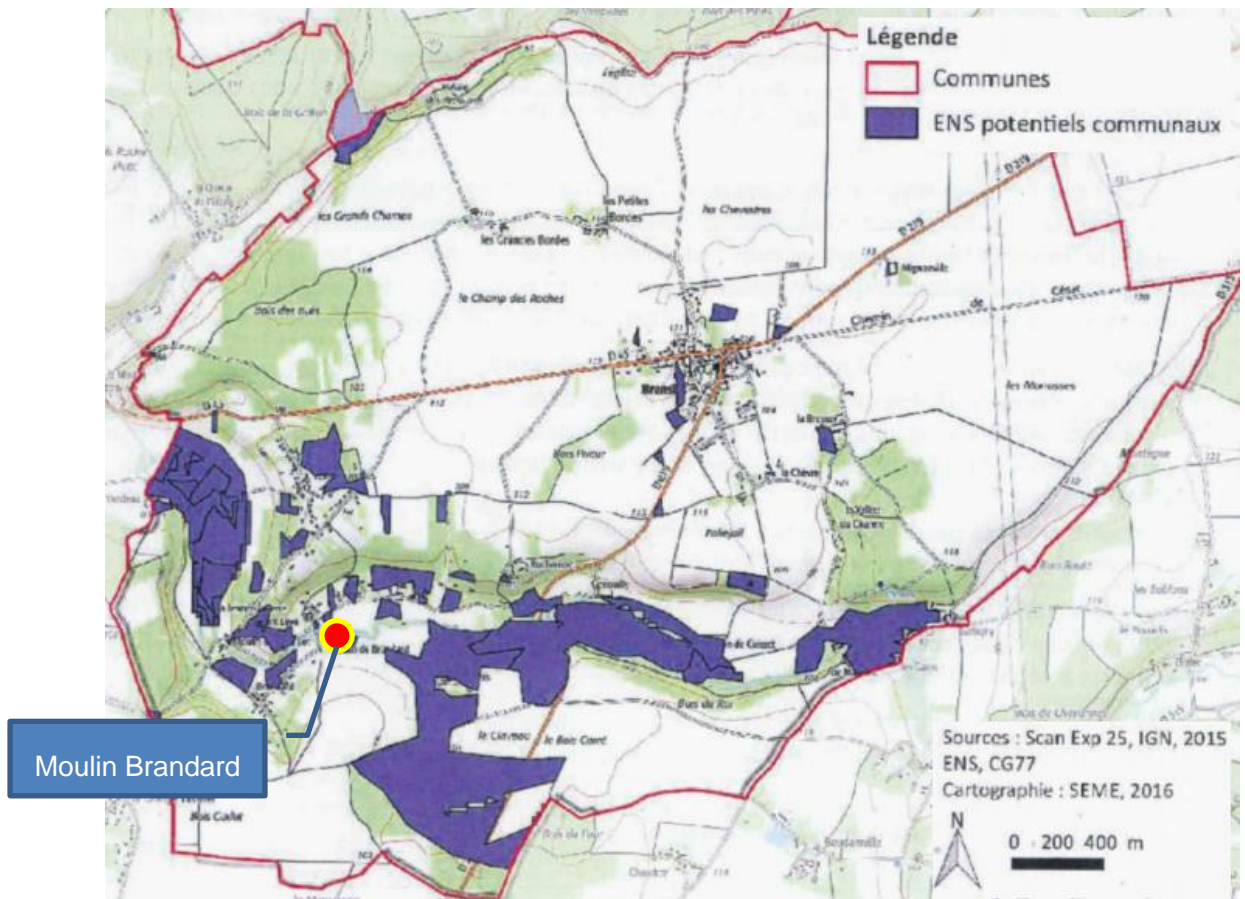


Figure 16 : Zones potentielles d'espaces naturels sensible sur la commune de Bransles (données antérieures à juillet 2011 issues de la synthèse des études disponibles sur le terrain – carte de 2016)

### e) Zones humides

Source : Rapport de la carte communale de Bransles

La notion de **zone humide** (ZH) est définie par l'article L211-1 du Code de l'Environnement.

« On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. »

Ces zones humides ont un rôle important dans le cycle de l'eau : les marais, les vasières, les tourbières, les prairies humides auto-épurent, régularisent le régime des eaux, réalimentent les nappes souterraines. Elles font partie des écosystèmes les plus productifs sur le plan biologique.

Dans le cadre de la création de la carte communale (approuvée le 12 août 2020), un assemblage de plusieurs travaux par l'association Seine et Marne Environnement a mis en évidence l'existence de zones humides d'intérêt sur la commune de Bransles.

La SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature) et le CBNBP (Conservatoire Botanique national du Bassin parisien) ont en particulier identifié des zones humides avérées en bordure du Betz (dans l'environnement proche du moulin Brandard ainsi qu'en rive droite du bras naturel court-circuité et du linéaire influencé par le moulin),



ainsi que des zones à caractère humide à préserver et correspondant aux milieux rivulaires associés au cours d'eau.



Figure 17 : Zones humides à enjeux reportées dans le rapport de présentation de la carte communale de Bransles – Source : Rapport de la carte communale de Bransles

## 5.2.7 Zones d'aléas naturels

### f) Zones inondables

Source : Note de présentation du PPRi du Loing aval, DDT 45

La zone d'étude est située en amont proche du périmètre du PPRi du Loing aval approuvé par arrêté préfectoral du **20 juin 2007**. Le PPRi comprend dans son périmètre la commune de Dordives pouvant être impactée par des débordements du Loing et du Betz.

Dans le cas présent, le site est potentiellement inondable par débordement du cours du Betz.

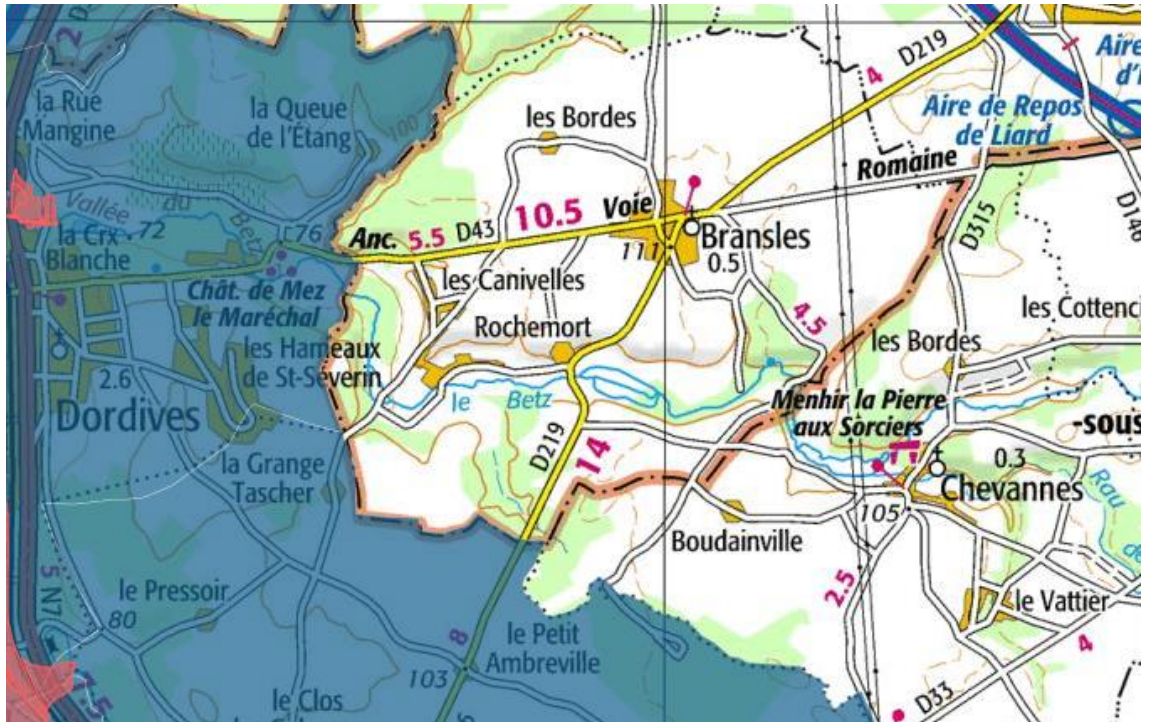


Figure 18 : Territoire d'application du PPRi du Loing aval au niveau du site d'étude

### g) Zone d'aléa retrait/gonflement des argiles

La carte suivante caractérise l'aléa retrait/gonflement des argiles sur la zone d'étude.

De ce point de vue, l'ensemble du fond de vallée du Betz se situe en zone d'aléa moyen vis-à-vis du risque de retrait/gonflement des argiles ce qui peut traduire une sensibilité des bâtiments et infrastructures en fonction de l'humidité des terrains d'assise et en l'absence de mesures particulières prévues à la conception (fondations spéciales, matériaux et procédés de mise en œuvre adaptés...).

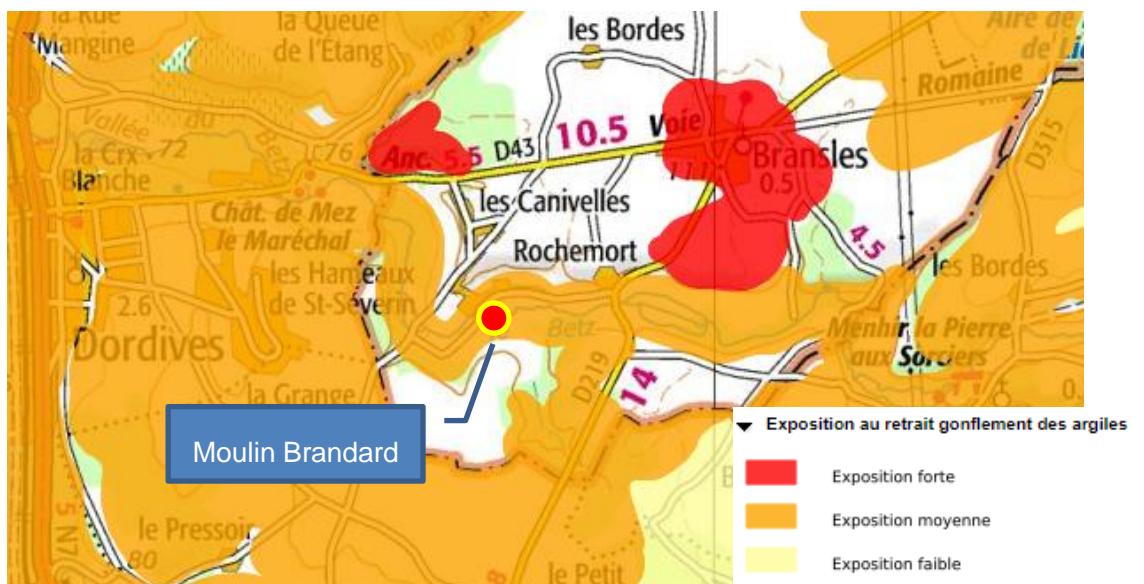


Figure 19 : Cartographie du risque de gonflement des argiles - source : Géorisques

A noter que la commune de Bransles se situe en zone d'exposition forte au retrait et gonflement d'argile compte tenu des couches géologiques sur laquelle elle repose, formées essentiellement de sable et d'argiles plastiques.

## 5.2.8 Données piscicoles

### h) Contexte piscicole

#### 5.2.8.a.1 Catégorie piscicole du Betz

L'article L436-5 du Code de l'Environnement définit un classement piscicole des cours d'eau, canaux et plans d'eau en deux catégories, qui conditionne principalement la réglementation de la pêche et la gestion piscicole des cours d'eau:

- Cours d'eau de 1<sup>ère</sup> catégorie : cours d'eau principalement peuplés de truites ainsi que ceux où il paraît désirable d'assurer une protection spéciale des poissons de cette espèce (salmonidés dominants) ;
- Cours d'eau de 2<sup>ème</sup> catégorie : tous les autres cours d'eau, canaux et plans d'eau (cyprinidés dominants).

La liste des cours d'eau de première et de seconde catégorie est donnée par département dans le **décret n°58-873 du 16 septembre 1958** déterminant le classement des cours d'eau en deux catégories (liste pouvant être modifiée par arrêtée préfectorale).

**A ce titre, le cours du Betz est classé en 1<sup>ère</sup> catégorie piscicole au titre de l'article L.436-5 du Code de l'Environnement.**

#### 5.2.8.a.2 Synthèse des connaissances relatives au contexte piscicole sur la zone d'étude

*Source : PDPG du Loiret – Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016)*

Le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) du Loiret, établissant un diagnostic de l'état des cours d'eau découpés en contextes (unités de gestion élémentaires) et aboutissant à des propositions d'actions et de gestion piscicole, a caractérisé le bassin versant du Betz par un **contexte salmonicole** avec pour espèce repère la truite commune. Il est à noter toutefois que le cours inférieur du Betz s'approche du domaine intermédiaire (B5 avec la présence logique de quelques espèces d'eaux vives du Loing (cyprinidés rhéophiles).

**D'une façon générale, le contexte piscicole général est jugé très perturbé** (plusieurs des trois fonctions biologiques de l'espèce repère - reproduction, éclosion, croissance - ne peuvent plus se réaliser dans de bonnes conditions).

Une grande partie amont du bassin versant repose sur des terrains de l'Eocène, marqués par de faibles échanges nappe/rivière et une ressource en eau souterraine et superficielle peu abondante. Les nombreux ouvrages et plans d'eau qui s'y trouvent participent à dégrader la qualité de l'eau du point de vue quantitatif et qualitatif (réchauffement de l'eau notamment) et les communautés biologiques, et notamment piscicoles. Sur la partie inférieure du bassin, soit en aval de la confluence du Ru de Sainte-Rose, la rencontre du cours d'eau avec la nappe de la craie est de nature à soutenir une alimentation plus régulière de la rivière par des eaux plus abondantes, plus minéralisées, plus claires et plus fraîches, lesquelles sont favorables au développement des herbiers aquatiques et des potentialités biologiques caractéristiques du contexte dans son ensemble.



A l'heure actuelle, leurs pleines expressions apparaissent limitées toutefois par de multiples altérations au milieu (ouvrages, anciens travaux hydrauliques, absence d'entretien) et sur la ressource (prélèvements en eau en nappe alluviale).

Dans les faits, les peuplements piscicoles y sont perturbés, cloisonnés et très disparates selon les secteurs.

A noter que les affluents de Ste-Rose et des Ardouzes présentent également de bons potentiels d'accueils, bien que sous-exploités du fait des altérations au milieu constatées.

**A l'échelle de la zone d'étude, les fonctionnalités écologiques et piscicoles du Betz sont jugées bonnes sur la partie amont de la zone d'étude et moyennes dans l'environnement proche du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard.**

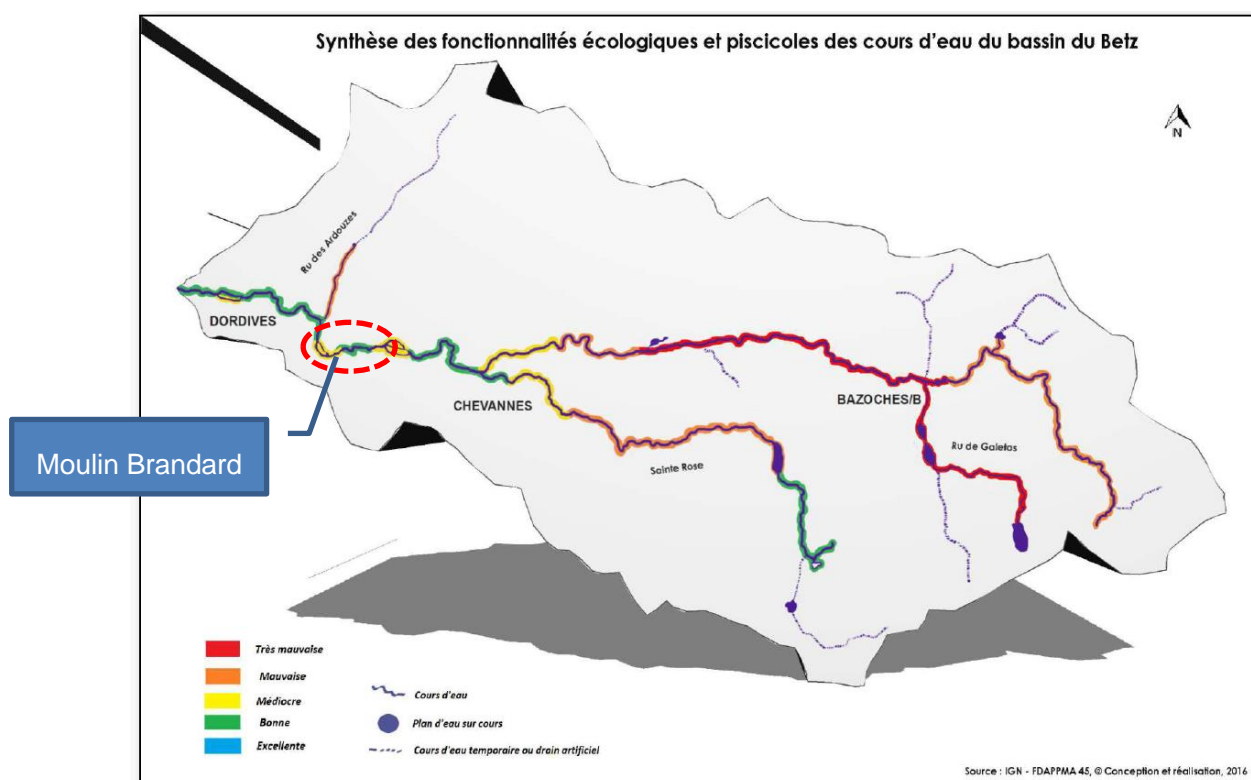


Figure 20. Synthèse des fonctionnalités écologiques et piscicoles des cours d'eau du bassin du Betz – Source : Etude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45 – 2016)

Les actions proposées dans le PDPG pour résoudre les désordres constatés et améliorer l'état du contexte piscicole sont, en cohérence avec celles listées au SDAGE :

- Le décloisonnement des cours d'eau ;
  - Restauration de la continuité piscicole sur l'ensemble du contexte ;
- L'évitement, la réduction et la compensation des impacts des plans d'eau ;
  - Limitation / arrêt de l'introduction d'espèces exogènes, MES et nutriments ;
- La restauration et la renaturation des milieux dégradés, des masses d'eau fortement modifiées ou artificielles ;
  - Augmenter les habitats potentiels et les zones de frayères ;
  - Favoriser les économies d'eau et sensibiliser les acteurs concernés ;

- Retour à des conditions de débits suffisants pour le développement des espèces.

**Sur le site du moulin Brandard, l'étude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45, 2016) met en avant d'une part les problématiques de rupture de continuité piscicole et de perte d'habitats dans l'emprise du linéaire influencé, et préconise d'autre part une reconnexion et une remise en eau des bras de contournement du moulin.**

#### 5.2.8.a.3 Synthèse des inventaires piscicoles sur le cours principal du Betz

D'une façon générale, l'étude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45, 2016) fait état :

- De peuplements piscicoles très perturbés à dégradés sur la partie amont du cours d'eau et jusqu'à Chevannes ;
- De peuplements piscicoles perturbés en aval de Chevannes jusqu'à la confluence avec le Loing, avec des écosystèmes jugés fonctionnels « a minima » en aval de la confluence avec le St-Rose mais avec des abondances extrêmement faibles pour la truite fario et variables pour le vairon.

L'écosystème aquatique est ainsi jugé peu productif en amont et théoriquement plus productif sur sa partie aval dès lors que le cours d'eau est en contact avec la nappe de craie. Les typologies observées sont souvent éloignées de la typologie théorique et quand elles s'en approchent, les communautés biologiques restent perturbées par de nombreuses espèces non inféodées aux écosystèmes originelles et les altérations au milieu.

#### **Données de 2013 :**

Le PDPG présente un IPR réalisé en **2013** au niveau du lavoir de Bransles (en amont proche de la zone d'étude). Ce dernier met en avant la présence d'un peuplement piscicole légèrement perturbé par rapport à la biotypologie théorique attendue et qui se compose :

- De cyprinidés et de carnassiers : le gardon, le goujon, la loche franche, la tanche, l'épinochette, l'épinoche, le vairon et la perche mais également ;
- D'une espèce de poisson migrateur thalassotoque : l'anguille européenne ;
- D'une espèce de salmonidé : la truite de rivière ;
- D'une petite espèce d'intérêt patrimonial : chabot ;

L'IPR est considéré comme bon (note de **9.9**) mais ne présente toutefois pas toutes les classes d'âge des truites attendues.

Le tableau suivant synthétise les résultats d'inventaires réalisés au même moment en amont et en aval proche de la zone d'étude.

Localisation de la station	IPR	Espèces piscicoles		Conclusion
Les bois de Chevannes (environ 3.5 km en amont du site d'étude)	IPR note de 14,976 : Bon	Poisson migrateur thalassotoque	Anguille européenne	Effectif de truite fario très faible et présence d'espèces d'étangs
		Cyprinidés et carnassiers	Gardon, goujon, loche franche, tanche, épinochette, vairon, perche, rotengle, sandre	
		Espèces d'intérêt patrimonial	Chabot	
		Salmonidés	Truite de rivière	
Lavoir / pont de Dordives (environ 2.6 km en aval du site d'étude)	IPR note de 13,217 : Bon	Poisson migrateur thalassotoque	Anguille européenne	Peuplement légèrement perturbé et certaines classes d'âges de truite fario manquantes
		Cyprinidés et carnassiers	Gardon, goujon, loche franche, épinochette, vairon, perche, barbeau, carpe, chevaine	
		Espèces d'intérêt patrimonial	Chabot, vandoise, brochet	
		Salmonidés	Truite de rivière	
		Espèces invasives	Perche soleil	

Figure 21 : Inventaires piscicoles et IPR associés réalisés en 2013 en amont et en aval du site d'étude -

Dans tous les cas de figure, les notes d'IPR sont bonnes, en lien avec les potentialités intéressantes reconnues sur la partie aval du bassin versant, avec une bonne représentation notamment d'espèces indicatrices du contexte comme le vairon ou le chabot. Les résultats d'inventaires appellent toutefois les remarques suivantes :

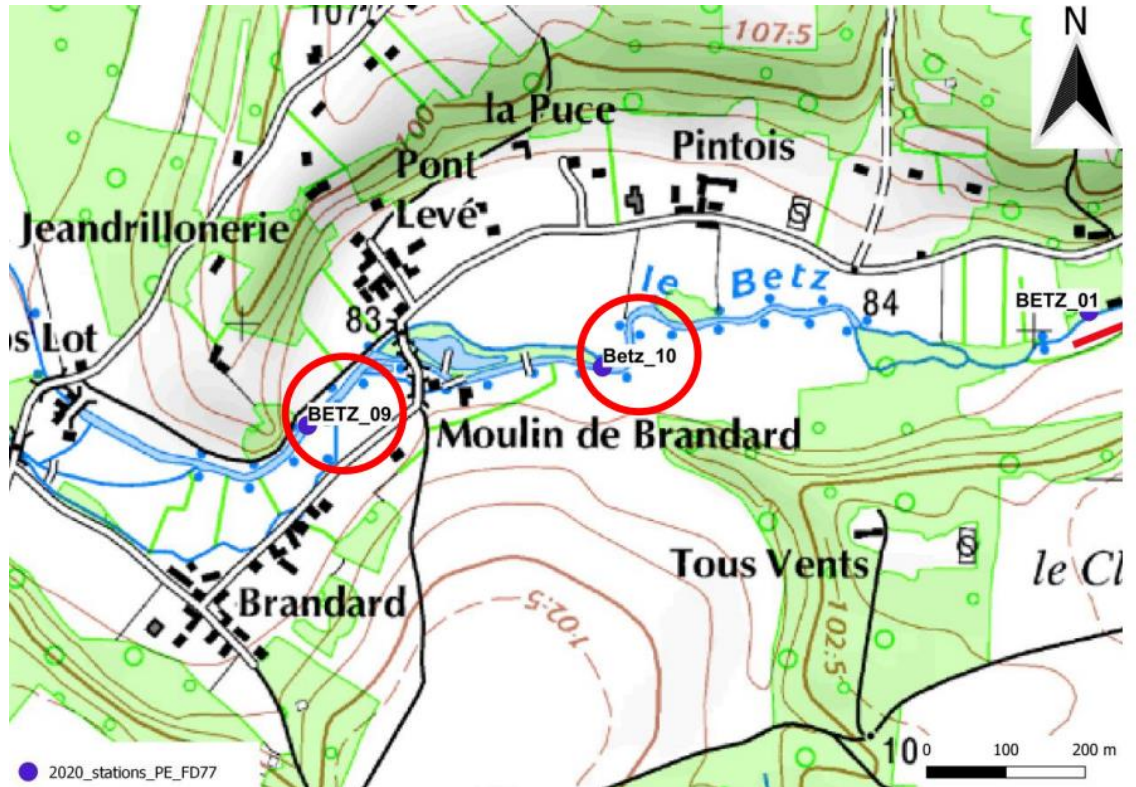
- L'espèce « repère » à savoir la truite fario est rare et quasiment relictuelle sur le bassin du Betz. Les quelques zones de reproduction actives sur le Betz, permettant à l'espèce de se maintenir sur le bassin, semblent être restreintes et concentrées sur la partie aval du cours d'eau au niveau des communes de Dordives et de Bransles (seule station présentant différentes classes d'âge) ;
- La lamproie est complètement absente de toutes les stations et donc certainement sur l'ensemble du bassin. Elle fait pourtant partie intégrante du cortège théorique sur toutes les stations. Son absence révèle certainement le manque d'habitat diversifié nécessaire à son cycle biologique ;
- Le chevesne est étonnamment peu présent sur la partie aval du cours d'eau contrairement aux effectifs théoriques attendus ;
- Le peuplement piscicole observé à Dordives en aval du cours d'eau apparaît plus étoffé avec une richesse spécifique et une biomasse plus importantes et logiquement attendues en lien avec la proximité du Loing (présence de salmonidés mais également de carnassiers et cyprinidés d'eaux vives, forte population d'anguilles mais également d'espèces d'étangs et basales comme le poisson-chat, la perche soleil, le carassin, la carpe commune, l'écrevisse américaine...).

### Données de 2021 :

La FDAPPMA a réalisé un inventaire piscicole sur la zone d'étude en 2021 en vue d'établir un état initial préalable aux travaux.

Le rapport d'analyse est fourni en annexe 5 du présent document. *Le lecteur est invité à consulter ce document. Seules les principales conclusions sont reprises ici.*

Les inventaires ont été réalisés en amont et en aval immédiat de la zone d'étude comme reporté ci-après.



Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- **Concernant la station aval:**
  - « La note IPR indique un « bon état ». Cependant, cette note est à nuancer. L'analyse des différents résultats issue de l'inventaire piscicole montre un écart entre le peuplement théorique (biotypologie et IPR) et le peuplement observé...
  - ... les truites attrapées ont clairement été identifiées comme étant des poissons issus d'opérations de repeuplement, leur présence dans la rivière n'est donc pas due au bon fonctionnement de leur cycle biologique sur la zone d'étude...
  - ... D'après la biotypologie théorique (adaptée de Verneaux, 1981), environ 9 espèces attendues n'ont pas été retrouvées sur la station et les densités des espèces présentes ne sont pas conformes à celles attendues. Parmi les espèces attendues mais absentes on trouve la plupart des espèces de cyprinidés d'eau vive. Ces poissons sont très mobiles et affectionnent les eaux courantes présentant une bonne diversité de faciès d'écoulement. Sur la station aval, le Betz présente d'importantes altérations hydromorphologiques et notamment un sur-élargissement du lit causé par des travaux de recalibrage (présence de merlon de curage en berge) ainsi qu'une très faible diversité voire une



*absence d'habitats favorables aux peuplements piscicoles. A tout cela s'ajoute aussi la présence d'une espèce non attendue : le poisson-chat, classé comme espèce exotique envahissante et susceptible de causer des déséquilibres biologiques... »*

- **Concernant la station amont**

- *« La note IPR indique un « bon état ». Cependant, cette note est à nuancer. L'analyse des différents résultats issue de l'inventaire piscicole montre un écart entre le peuplement théorique (biotypologie et IPR) et le peuplement observé.*
- *D'après la biotypologie théorique (adaptée de Verneaux, 1981), environ 6 espèces attendues n'ont pas été retrouvées sur la station. La plupart des densités des espèces présentes ne sont pas conformes à celles attendues. La station présente aussi des espèces non attendues, principalement d'eau calme, au nombre de 8 dont une en très forte abondance : le poisson chat. Ces absences et présences d'espèces mettent en évidence les effets du « plan d'eau » en amont créé par la présence de l'ouvrage du Moulin de Brandard. Cet effet se caractérise par des eaux lentes voir stagnantes qui ont tendance à se réchauffer, être moins oxygénées et dont les fonds se colmatent à cause de la sédimentation excessive ;*
- *Ces conditions favorisent la présence et le maintien de ces espèces au détriment de celles attendues, c'est ce que l'on appelle une dérive biotypologique. L'origine de ces espèces d'eau calme est très certainement la présence de plans d'eau situés plus en amont sur le Betz desquels se sont échappés des individus...*

## **i) Zones de frayères connues**

L'étude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45, 2016) fait état de la présence de quelques zones de frayères à truite relictuelles sur la partie aval du bassin versant du Betz, où les habitats, conditions hydrologiques et thermiques sont les plus favorables, et en particulier au niveau du moulin de Dordives, des secteurs du Verdeau et des Vielleux, du moulin de Madame et des Gains.

## **j) Espèces cibles dimensionnantes pour la restauration de la continuité écologique**




Pour rappel, les espèces présentes sur le site d'étude à prendre en compte dans le cadre du classement du cours d'eau en **liste 1** au titre de l'article L214-17 du Code de l'Environnement sont **le brochet et la truite fario**.

Il peut paraître étonnant à première vue :

- Que le brochet soit visé comme espèce cible, sur ce cours d'eau où le contexte cyprinicole n'est pas dominant et qu'il reste limité au secteur aval ;
- Que l'anguille européenne ne soit pas visée ;
- Que les petites espèces d'accompagnement de la truite fario présentes sur le secteur (chabot, vairon) ne soient pas visées. Sur ce point il est vrai que les exigences de déplacement pour rejoindre des zones d'habitat ou de reproduction apparaissent moins élevées que pour les deux espèces précitées.

Le tableau ci-après synthétise pour les espèces ciblées par le classement en liste 1 (brochet et truite fario), mais également l'anguille européenne et les petites espèces

d'accompagnement de la truite fario présentes sur le secteur (chabot, vairon), les principales caractéristiques intéressant le diagnostic de franchissement et la conception d'aménagement piscicoles.

Espèce	Photographie	Principales caractéristiques	Principales périodes de reproduction/migration
<b>Truite fario</b> <i>Salmo trutta</i>		<p>Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales)  Reproduction privilégiée au niveau des bancs de graviers et cailloux assez meubles et bien oxygénés  Déplacements de reproduction pouvant atteindre plusieurs km  Taille des individus en migration ≈ 25 – 55 cm  Vitesse de pointe ≈ 3 à 5 m/s  Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.10 m  Aptitude au saut (≈ 0.5 à 1.4 m) pour le franchissement d'obstacles</p>	<p>Montaison : fin automne/ début d'hiver</p>
<b>Brochet</b> <i>Esox Lucius</i>		<p>Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales)  Reproduction privilégiée au niveau des annexes hydrauliques et prairies inondables – Ponte d'œufs collants sur plantes herbacées ennoyées  Déplacements de reproduction pouvant atteindre ≈ 20 km  Taille des individus en migration ≈ 50 à plus de 100 cm  Vitesse de pointe ≈ 3.5 à 5 m/s  Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.15 m  Absence d'aptitude au saut pour le franchissement d'obstacles</p>	<p>Migration de reproduction : hiver/ début printemps</p>
<b>Vairon</b> <i>Phoxinus phoxinus</i>		<p>Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales)  Taille des individus en migration ≈ 5 – 10 cm  Vitesse de pointe ≈ 1.5 à 3.0 m/s  Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.05 m  Espèce rencontrée dans les dispositifs de franchissements piscicoles, ne possède pas d'aptitude au saut</p>	<p>Migration de reproduction : printemps/début d'été</p>



<p><b>Chabot</b> <i>Cottus sp</i></p>		<p>Espèce holobiotique (1 milieu de vie : eaux douces continentales) et potamotoque (migration de reproduction en eaux douces continentales)          Taille des individus en migration ≈ 5 – 15 cm          Vitesse de pointe ≈ 1.5 à 3.0 m/s          Tirant d'eau minimum pour le franchissement par nage : 0.05 m          Espèce rencontrée dans les dispositifs de franchissements piscicoles, ne possède pas d'aptitude au saut</p>	<p>Période de reproduction : fin d'hiver/printemps</p>
<p><b>Anguille européenne</b> <i>Anguilla anguilla</i></p>		<p>Espèce amphibiotique (2 milieux de vie : eaux douces continentales – eaux de mer) et thalassotoque (migration de reproduction en mer)          Faibles capacités de nage (0.3-0.5 m/s pour les civelles à 1-1.5 m/s pour les anguillettes et anguilles jaunes)          Capacités en franchissement en eau et hors d'eau sur substrats rugueux et humides (reptation pour tirant d'eau &lt; 0.02m)          Absence d'aptitudes au saut pour le franchissement d'obstacles</p>	<p>Montaison : toute l'année potentiellement          Dévalaison : automne/hiver principalement</p>

Tableau 1. Synthèse des principales caractéristiques intéressant le diagnostic de franchissement et la conception d'aménagement piscicoles pour les espèces piscicoles cibles



## 5.2.9 Données relatives à la qualité de la masse d'eau

### k) Données de synthèse de 2013 sur le Betz

Selon le PDPG du Loiret, la masse d'eau superficielle du Betz de sa source au confluent du Loing (FRHR88B) présentait en **2013** au sens de la DCE :

- Un état écologique jugé **moyen** ;
- Un état chimique jugé **moyen**.

De multiples facteurs limitants à l'atteinte du bon état sont évoqués, comme les macropolluants, les nitrates, les pesticides, les éléments toxiques, la morphologie du lit, bien que les pressions exercées sur le ressource en eau du fait des prélèvements et la présence d'obstacles à l'écoulement soient les critères jugés comme étant les plus impactants.

Les objectifs d'atteinte du bon état global de la masse d'eau (écologique et chimique) sont reportés à **2021**.

Le facteur déclassant était l'état physico-chimique (moyen) au vu du bilan d'oxygène, de la saturation en oxygène dissous, des nutriments, le phosphate, le phosphore total ainsi que le nitrate. Il est à noter que l'état biologique ne tient pas en compte de l'indice poisson rivière, l'indice biologique global normalisé et l'indice biologique macrophytes en rivière parce qu'ils n'ont pas pu être mesurés.

Figure 22 : Carte de synthèse de l'état écologique des cours d'eau sur une partie du bassin versant du Loing – source DDT 2016

ME		État écologique				État Biologique				Synthèse des éléments de qualité physico chimique				Bilan de l'O2			Nutriments			Temp.	Acid.						
Code ME	Nom ME	État écologique	État Biologique	État Physico-chimique	État Paramètres spéciaux	BID	IBGN	IFR	IBMR	Bilan de l'O2	Nutriments	Température	Acidification	O2 dissous	Saturation O2 dissous	DBO5	COD	PO43	Phosphore total	NH4	NO2	NO3	Température	pH minimum	pH maximum		
FRHR88B	LE BETZ DE SA SOURCE AU CONFLUENT DU LOING (EXCLU)	3	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	3	2	1	1	2	1	1	1	
Code ME	Nom ME	Reque Global				Macropolluants	Nitrates	Pesticides	Toxiques	Morphologie	Obstacles à l'écoulement	Hydrologie	Pression hydrologie	Pression obstacles à l'écoulement													
FRHR88B	LE BETZ DE SA SOURCE AU CONFLUENT DU LOING (EXCLU)					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	

Figure 23 : Extrait du tableau d'état des masses d'eau en 2016 - Source : DDT Loiret 2016

## I) Données (2014-2018) relatives à la qualité physico-chimique de la masse d'eau sur la zone d'étude

### Préambule

La connaissance de l'état de la qualité physico-chimique de l'eau sur la zone d'étude est opportune car elle est susceptible de conditionner l'efficacité d'un projet de restauration, en association notamment avec le paramètre de score géodynamique et d'emprise disponible pour le projet.

Les données de la station de référence sur le Betz (**station n°03053750**) en amont immédiat de la zone d'étude ont été recueillies et analysées par la DRIEAT Ile-de-France (Direction régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports) sur les années comprises entre **2014 et 2018**.

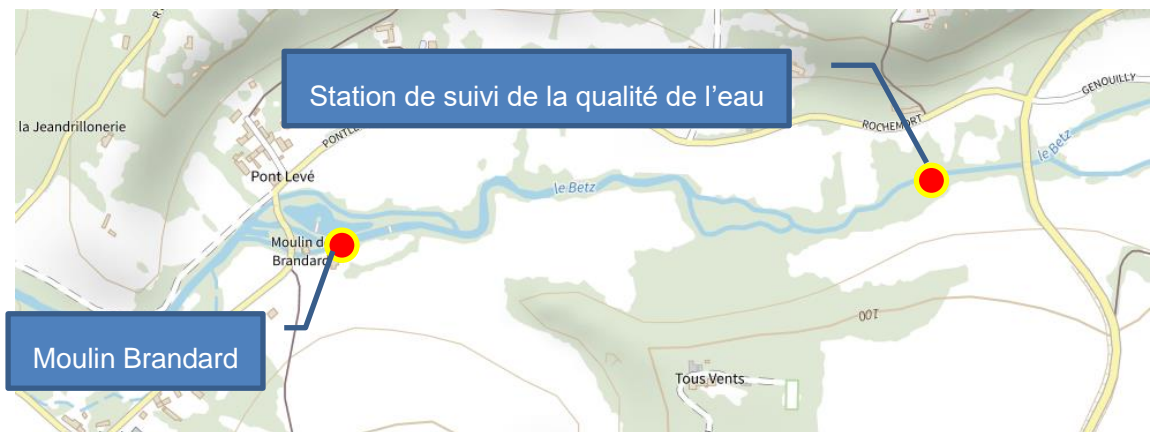


Figure 24 : Localisation de la station de suivi de la qualité de la masse d'eau sur le Betz en amont proche de la zone d'étude

L'outil d'analyse **SEQ'Eau V2** (Système d'Evaluation de la Qualité des Cours d'Eau) permet d'évaluer la qualité de l'eau relativement à **16 niveaux d'altérations**, définis chacun à partir de différents paramètres.

Les paramètres les plus couramment mesurés par les stations du réseau de suivi concernent les altérations physico-chimiques des eaux. Ils permettent d'accéder à une bonne connaissance des aptitudes et incidences de l'eau sur la biologie et les usages.

Ainsi, les **8 altérations** analysées dans le cadre de l'étude pour l'aptitude à la biologie de la masse d'eau sont les suivantes :

- **Matières organiques et oxydables** : matières organiques carbonées et azotées susceptibles de consommer l'oxygène de la rivière ;
- **Matières azotées hors nitrates** : nutriments susceptibles d'alimenter la croissance des végétaux ;
- **Nitrates** : nutriments pour la production des végétaux et gêne pour la production d'eau potable ;
- **Matières phosphorées** : nutriments nécessaires à la croissance des végétaux mais qui constituent aussi le facteur limitant de la croissance du phytoplancton en eau douce ;
- **Particules en suspension** : particules limitant la pénétration de la lumière et donc la photosynthèse, susceptibles de gêner la vie normale des poissons (colmatage des branchies), d'augmenter l'envasement et la concentration de micro-polluants (métaux) ;
- **Température** ;

- **Acidification.**

Les principaux paramètres physico-chimiques permettant d'évaluer la qualité des eaux sont décrits plus en détail dans le tableau suivant.

Paramètres	Description et nature de l'indicateur de la qualité des eaux
<b>Oxygène dissous</b>	→ Paramètre traduisant la disponibilité de l'oxygène dans l'eau : plus la teneur en oxygène dissous est élevée, moins les organismes aquatiques ont de difficultés à mobiliser cet élément pour leurs besoins
<b>DBO5</b> <i>Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours</i>	Quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau → Paramètre permettant d'évaluer la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau
<b>DCO</b> <i>Demande Chimique en Oxygène</i>	Quantité de dioxygène nécessaire à l'oxydation par voie chimique des matières minérales et organiques, biodégradables ou non
<b>Carbone organique</b>	→ Paramètre permettant d'évaluer la charge organique totale d'une eau
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> <i>Azote ammoniacal</i>	Première forme d'apparition de l'azote dans le processus de dégradation de la matière organique Teneurs dans les eaux de surface normalement faibles puisqu'il se décompose rapidement en nitrites et nitrates → Teneurs importantes dans les eaux pouvant traduire une pollution par des rejets urbains et/ou agricoles (cultures, élevage)
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> <i>Nitrites</i>	Forme oxygénée et peu stable de l'azote, rarement présente naturellement dans l'environnement → Teneurs importantes dans les eaux indiquant une source de pollution proche ou importante, devenant toxique en milieu acide pour les biocénoses aquatiques et la faune piscicole
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> <i>Nitrates</i>	Forme la plus oxygénée de l'azote → Teneurs importantes dans les eaux indiquant une source de pollution anthropique proche ou lointaine
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> <i>Orthophosphates</i>	Forme assimilable du phosphore → Présence dans les eaux indiquant une pollution en phosphates organiques ou détergents synthétique
<b>Phosphore total</b>	Paramètre représentant l'ensemble des formes organiques et minérales du phosphore
<b>MES</b> <i>Matières En Suspension</i>	Mesure de l'ensemble des particules en suspension dans l'eau, organiques ou minérales → Teneurs importantes dans les eaux pouvant traduire une pollution mécanique, de rejets urbains (eaux usées) et/ou agricoles (lessivage de sol)

Tableau 2. Description des principaux paramètres physico-chimiques permettant d'évaluer la qualité des eaux

Cinq classes d'évaluation sont associées à chaque paramètre (très mauvaise, mauvaise, passable, bonne, très bonne). La classe de qualité associée à chaque type d'altération dépend de la classe de qualité du paramètre le plus déclassant.

Classe de qualité		Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très Mauvaise
Indice de qualité		80	60	40	20	
<b>Matières organiques et oxydables</b>						
Oxygène dissous	mg/L	8	6	4	3	
Taux de saturation en O2	%	90	70	50	30	
DBO5	mg/L O2	3	6	10	25	
DCO	mg/L O2	20	30	40	80	
Carbone organique	mg/L C	5	7	10	15	
NH4+	mg/L NH4	0.5	1.5	2.8	4	
NTK	mg/L N	1	2	4	6	
<b>Matières azotées hors nitrates</b>						
NH4+	mg/L NH4	0.1	0.5	2	5	
NTK	mg/L N	1	2	4	10	
NO2-	mg/L NO2	0.03	0.3	0.5	1	
<b>Nitrates</b>						
NO3-	mg/L NO3	2	10	25	50	
<b>Matières phosphorées</b>						
PO43-	mg/L PO4	0.1	0.5	1	2	
Phosphore total	mg/L P	0.05	0.2	0.5	1	
<b>Particules en suspension</b>						
MES	mg/L	2	25	38	50	
<b>Température</b>						
Température (2e catégorie piscicole)	°C	24	25.5	27	28	
<b>Acidification</b>						
pH	unité pH	6.5-8.2	6-9	5.5-9.5	4.5-10	
<b>Minéralisation</b>						
Conductivité	µS/cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	
<b>Micro-organismes</b>						
Coliformes totaux	u/100ml	50	500	5000	10000	
Escherichia Coli	u/100ml	20	200	2000	20000	
Entérocoques ou Streptocoques	u/100ml	20	200	1000	10000	

Tableau 3. Classes de qualité définies par le système d'évaluation SEQ'Eau V2



### 5.2.9.a.1 Application au secteur d'étude

Les résultats d'analyse physico-chimique de la station de suivi en amont immédiat de la zone d'étude sont reportés dans le tableau ci-après, avec indication de la classe de qualité au sens du **SEQ Eau V2**.

Paramètre	Unité	2014	2015	2016	2017	2018
Matières organiques et oxydables						
Oxygène dissous	mg/L O2	8.80	9.90	9.60	9.60	9.30
Taux de saturation en O2	%	88.10	93.00	91.60	94.60	88.40
DBO5	mg/L O2	1.40	1.60	2.20	2.20	1.90
Carbone Organique	mg/L C	4.60	3.50	5.30	3.50	5.20
Ammonium	mg/L NH4	0.021	0.020	0.030	0.069	0.037
Matières azotées hors nitrates						
Ammonium	mg/L NH4	0.021	0.020	0.030	0.069	0.037
Nitrites	mg/L NO2	0.030	0.040	0.060	0.080	0.060
Nitrates						
Nitrates	mg/L NO3	45.90	49.10	43.30	47.00	48.00
Matières phosphorées						
Orthophosphates	mg/L PO4	0.090	0.089	0.08	0.076	0.083
Phosphore total	mg/L P	0.050	0.050	0.040	0.050	0.060
Effets des proliférations végétales						
Taux de saturation en O2	%	88.10	93.00	91.60	94.60	88.40
pH minimum		7.70	7.40	7.60	7.80	7.80
pH maximum		8.00	8.20	7.90	8.20	8.00
Acidification						
pH minimum		7.70	7.40	7.60	7.80	7.80
pH maximum		8.00	8.20	7.90	8.20	8.00

Figure 25 : Etat physico-chimique de la masse d'eau superficielle du Betz à la station le Betz à Bransles 1 (station n° 03053750) sur la période 2014-2018 - Source : <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr>

Ces résultats mettent en évidence une qualité d'eau superficielle bonne à très bonne en ce qui concerne l'ensemble des paramètres hormis pour les nitrates qui présentent des concentrations importantes avec un bilan qui ne tend pas à s'améliorer avec le temps.

Cette observation est à relier au contexte d'agriculture intensive très présent sur le bassin versant.

#### m) Données relatives à la qualité biologique de la masse d'eau

La qualité biologique du Betz ne peut être appréciée au niveau de la station de suivi de Bransles. Des mesures d'indicateurs biologiques existent toutefois de façon plus globale sur la masse d'eau.

Une description succincte des indicateurs biologiques est proposée dans les paragraphes suivants.

- **L'Indice Biologique Diatomique IBD** (indicateur normalisé - NFT 90-354) est un indicateur de la qualité générale de l'eau, basé sur l'analyse des populations de diatomées (algues brunes unicellulaires) prélevées au niveau d'une station. La composition de ces populations est en effet sensible aux pollutions organiques, azotées, phosphorées, salines et thermiques. Les diatomées sont prélevées, identifiées et comptées.

Le calcul de l'IBD prend en compte l'abondance des espèces inventoriées dans un catalogue de taxons, leur sensibilité à la pollution (organique, saline ou

eutrophisation) et leur faculté à être présentes dans des milieux très variés. La qualité de l'eau sur la station est jugée croissante avec la valeur de l'IBD calculée.

- **L'Indice Biologique Global IBG** est un indicateur de la qualité générale de l'eau et des habitats, basé sur l'analyse de la composition des peuplements de macro-invertébrés benthiques (invertébrés vivant sur le fond) prélevés au niveau d'une station sur différents types d'habitats. La composition des peuplements est en effet sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau et de la nature du substrat.

La note globale donnée dépend à la fois de la variété taxonomique des individus prélevés (nombre total de taxons) et du groupe indicateur (groupe le plus polluo-sensible observé). La qualité de l'eau sur la station est jugée croissante avec la valeur de l'IBG calculée.

- **L'Indice Poisson Rivière IPR** (indicateur normalisé - NFT 90-344 - mis au point par l'ONEMA) est un indicateur de la qualité des peuplements piscicoles, permettant également d'appréhender la qualité physique et chimique du biotope. Il consiste à mesurer l'écart entre la composition du peuplement piscicole sur une station donnée et la composition du peuplement attendue en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions peu ou très peu modifiées par l'homme.

Le peuplement piscicole de la station est observé à partir d'un échantillonnage par pêche électrique.

Le peuplement de référence est déterminé à partir de 9 variables environnementales de la station.

La qualité du peuplement piscicole est jugée décroissante avec la valeur de l'IPR calculé.

- **L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière IBMR** (indicateur normalisé NFT 90-395) est un indicateur permettant de déterminer le niveau trophique des cours d'eau, en lien avec les teneurs en ammonium et orthophosphates et avec les pollutions organiques les plus importantes. Il repose sur un relevé exhaustif de la végétation aquatique macrophytique au niveau d'une station donnée, ainsi que sur une analyse de leur taux de recouvrement respectif.

La note globale donnée dépend à la fois du type d'espèces observées (caractérisées par un coefficient de sténoécie et une cote spécifique d'oligotrophie, traduisant respectivement l'amplitude écologique de l'espèce - faculté à être présente dans des milieux très variés - et la préférence de l'espèce pour un niveau trophique donné) et de leur abondance relative. Le niveau trophique est d'autant plus faible que la valeur de l'IBMR est élevée.

La fiche de la masse d'eau du Loing réalisée par la DDT 45 expose une qualité biologique bonne. Elle a été mesurée via un indice biologique diatomique IBD au cours de l'année 2016.

Dans le cadre de l'étude des fonctionnalités écologiques et piscicoles des bassins du Betz et de la Cléry (FDAPPMA 45, 2016), des mesures d'IPR ont été réalisées sur le Betz :

- En amont du site d'étude au niveau de Chevannes les bois, l'IPR de **14.976** est considéré comme bon ;

- En amont immédiat du site d'étude (lavoir de Bransles – endroit de la station n°03053750), l'IPR réalisé est de **9.9** traduisant une bonne qualité du peuplement piscicole ;
- L'IPR en aval de la zone d'étude au niveau de Dordives (lavoir communal) est également bon et la note est de **13.217**.

Au vu de ces données, la qualité biologique au droit de la zone étudiée semble être bonne et présenter un bon potentiel pour les différents peuplements aquatiques.

## 5.3 DONNEES PATRIMONIALES

### 5.3.1 Sites classés et inscrits

L'inscription ou le classement de sites concerne des espaces naturels ou bâtis de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresques :

- Qui nécessitent d'être conservés pour les sites inscrits (premier niveau de protection pouvant conduire à un classement pour un site ayant un intérêt reconnu et dont l'évolution nécessite un suivi particulier) ;
- Dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état et la préservation de toute atteinte grave pour les sites classés.

**Pour les sites inscrits**, l'administration doit être informée au moins **4 mois** à l'avance des projets de travaux. L'Architecte des Bâtiments de France émet un **avis simple**, sauf pour les permis de démolir qui supposent un **avis conforme**.

**Pour les sites classés**, tous les travaux susceptibles de modifier l'état des lieux ou l'aspect des sites sont soumis à autorisation spéciale préalable du Ministère chargé des sites (ou du Préfet de département pour les travaux moins importants).

**Dans le cas présent, le site d'étude n'est pas situé dans l'emprise d'un site inscrit ou classé.**

### 5.3.2 Périmètres de protection des Monuments Historiques

**La loi de 1943 modifiée par l'article 40 de la loi SRU de 2000** (loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains) impose une protection du champ de visibilité des monuments historiques, et cela dans un rayon de **500 mètres** à partir de la base de l'élément protégé.

Toute modification des édifices ou du paysage situé dans ce champ doit obtenir l'accord préalable de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF).

**Dans le cas présent, aucun Monument Historique inscrit ou classé ne fait partie de l'aire d'étude.** Il est à noter néanmoins la présence à proximité des monuments historiques suivants :

- En amont de la zone d'étude : Le menhir à l'Id sur la commune de Chevannes (identifiant 1907193575) ;
- Au Nord de la zone d'étude : l'église de la commune de Bransles (identifiant 1906270095) ;
- En aval de la zone d'étude : les ruines du château de Mez-le-Maréchal sur la commune de Chevannes (identifiant 1907193589).



Figure 26 : Zone de protection des abords des monuments historiques à proximité de la zone d'étude Source : <http://atlas.patrimoines.culture.fr/>

### 5.3.3 Zones de sensibilité et de présomption de prescriptions archéologiques

#### n) Zones de sensibilité archéologique

Tout projet d'aménagement situé à l'intérieur d'une zone de sensibilité archéologique nécessite au préalable une saisine administrative obligatoire. Les projets concernés par ce type de zonage sont alors susceptibles de faire l'objet d'une prescription d'opération d'archéologie préventive (diagnostic, voire fouille).

**Dans le cas présent, la zone d'étude n'est pas située dans l'emprise d'une zone de sensibilité archéologique librement diffusée au public via le portail « atlas du patrimoine ».**

#### o) Zones de présomption de prescriptions archéologiques

Les projets d'aménagements affectant le sous-sol situé en zones de présomption de prescriptions archéologiques sont présumés faire l'objet de prescriptions archéologiques préalablement à leur réalisation (Code du patrimoine, livre V, Titre II, Art. L. 522.5).

A l'intérieur de ces zones des seuils d'emprise du sol des travaux sont susceptibles de faire l'objet de prescriptions archéologiques préalables (décret n°2004-490 du 3 janvier 2004, art. 4).

**Dans le cas présent, la zone d'étude n'est pas située dans l'emprise d'une zone de présomption de prescriptions archéologiques librement diffusée au public via le portail « atlas du patrimoine ».**

### 5.3.4 Qualification d'un patrimoine lié à l'eau

Suite à de récentes modifications législatives, notamment les articles L.211.1 et L.214.17 du Code de l'Environnement, il a semblé opportun pour l'Etat d'opérer un rapprochement entre les services en charge de la restauration de la continuité



écologique des cours d'eau et les services en charge de la préservation du patrimoine compte tenu des effets potentiels des projets de restauration sur les paysages et sites patrimoniaux variés.

Dans le cas présent, il apparaît que le moulin Brandard :

**Constitue un élément structurant du paysage**, en raison notamment du complexe hydraulique qu'il forme et du linéaire influencé en amont, où les conditions d'écoulements y sont significativement modifiées (écoulements homogènes, lents et profonds en lieu et place de faciès d'écoulements diversifiés) ;

**Présente un intérêt patrimonial sur les plans :**

- Paysager :
  - Bief et canal de fuite longeant certaines façades des bâtiments du site, agrément visuel et sonore procuré au propriétaire par l'effet visuel et sonore de la chute d'eau ;
  - Plan d'eau concourant à valoriser l'esthétique du lieu du point de vue du propriétaire ;
- Architectural :
  - Ancienneté, et bon état de conservation et de valorisation des bâtiments du moulin;
- Historique :
  - Conservation partielle d'ouvrages anciens du moulin (maçonneries anciennes, vannes usinières), dégradation d'une partie du patrimoine hydraulique : roue de moulin, vannes de décharge amont.

## 5.4 DONNEES ADMINISTRATIVES ET REGLEMENTAIRES

### 5.4.1 Domanialité du cours d'eau

Le cours du Betz sur le secteur d'étude est non domanial et régi par le droit privé.

Le lit du cours d'eau appartient donc pour moitié aux propriétaires des deux rives (article L.215-2 du Code de l'Environnement). Ils peuvent en interdire l'accès à autrui, ainsi que la circulation. Toutefois, une servitude de passage pour l'exécution de travaux, l'exploitation et l'entretien d'ouvrages, peut s'exercer lorsqu'une collectivité décide d'assumer la réalisation d'un plan de gestion pluriannuel.

L'entretien des cours d'eau non domaniaux et de leurs berges incombe aux propriétaires. Conformément à l'article L.215-14 du Code de l'Environnement, le propriétaire riverain est tenu à un entretien régulier du cours d'eau qui a pour objectifs :

- De maintenir le cours d'eau dans un profil d'équilibre ;
- De permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives.

Les collectivités peuvent se substituer aux riverains et organiser, après déclaration d'intérêt général (DIG), des opérations d'entretien groupées (article L.215-15 du Code de l'Environnement) qui doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation dans le cadre d'un plan de gestion pluriannuel.

## 5.4.2 Situation réglementaire actuelle du site

Le moulin Brandard apparaît distinctement sur la carte de Cassini ce qui atteste de son existence avant la Révolution française de **1789** (abolition des droits féodaux).

Il semble donc pouvoir prétendre à une reconnaissance de droit fondé en titre auprès de l'administration en charge de la Police des Eaux, soit la Direction Départementale des Territoires (DDT) de Seine-et-Marne.

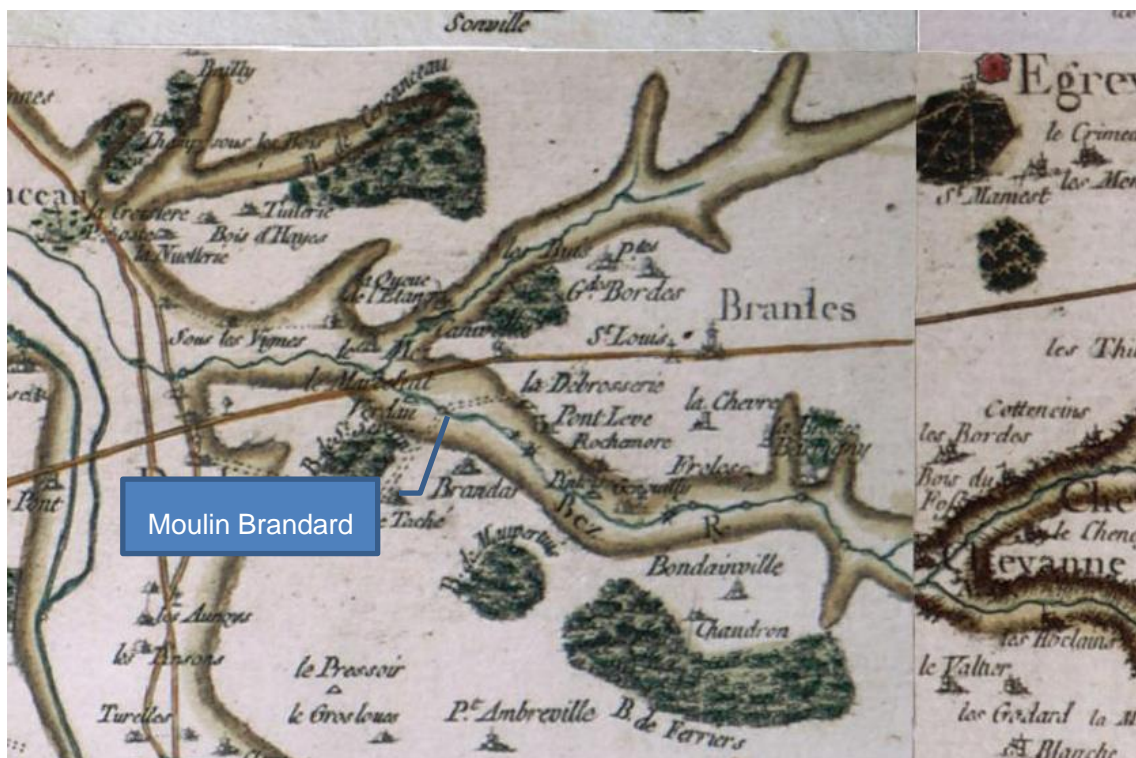


Figure 27 : Extrait de la carte de Cassini sur la zone d'étude – Source : Géoportail

Le moulin Brandard dispose également d'un règlement d'eau (fondement **sur** titre) établi à l'attention de Mr Chevailler, propriétaire alors du site, par l'arrêté préfectoral du **16 mars 1876**.

Les points suivants reportent quelques extraits des principaux articles de cet arrêté:

- **Article 2** : le niveau légal de la retenue est fixé à **1.2 m** en contrebas de l'appui de la fenêtre ouverte dans la façade côté Est du bâtiment de l'usine, près de la porte d'entrée de la maison d'habitation du meunier, point pris pour repère provisoire ;
- **Article 3** : Le déversoir qui sera composé que d'une seule partie sera placé à côté de la vanne de décharge existante sur la rive droite à **16 m** environ à l'amont de la roue. Il aura une longueur **6 m**. La crête sera formée d'une assise régulière de moellons ou de pierre de taille ou d'une lisse en charpente et sera dérasée régulièrement à **1.2 m** en contrebas du repère provisoire, c'est-à-dire au niveau de la retenue légale.
- **Article 4** : Le vannage de décharge, y compris la vanne existante présentera une surface libre de **2.41 m<sup>2</sup>** au-dessous du niveau de retenue. Le vannage neuf qui sera construit pour obtenir le débouché ci-dessus aura son seuil à **2.27 m** en contrebas du repère provisoire. Le sommet de toutes les vannes sans exception sera dérasé, comme la crête du déversoir, au niveau de la

retenue. Elles seront posées de manière à pouvoir être facilement manœuvrées et à se lever au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

- **Article 5** : les canaux de décharge seront disposés de manière à embraser à leur origine les ouvrages auxquels ils font suite et à écouler facilement toutes les eaux que ces canaux pourront débiter ;
- **Article 6** : Il sera posé près de l'usine, en un point qui sera désigné par l'ingénieur, un repère définitif et invariable, du modèle adopté dans le département.

Le procès-verbal de récolement du **18 septembre 1880** fait quant à lui état :

- De la fixation de la cote de surverse du déversoir à **1.193 m** sous le repère provisoire, soit à seulement **0.007 m** au-dessus du niveau légal ;
- Du positionnement du déversoir de décharge à **16 m** environ en amont de la roue, composé de deux parties de **3 m** de long chacune et encadrant un nouveau vannage de décharge composé de deux vannes (**1.15 m et 1.18 m** de large) dont la cote de radier s'avère légèrement supérieure à celle prescrite (**0.904 m** constaté sous le niveau légal contre **1.07 m** stipulé au règlement d'eau). L'administration, par son procès-verbal de récolement a considéré que cet écart n'était pas de nature à nuire au libre écoulement des eaux et a accepté l'ouvrage en l'état ;
- De la pose d'un repère définitif en fer, dont le **0** de l'échelle est calé sur la cote légale de retenue, conformément au règlement d'eau de **1876**, et placé en rive gauche immédiatement en aval du déversoir de décharge établi à environ **20 m** en amont de la roue.

Le croisement de ces données d'archives avec les plans topographiques réalisés dans le cadre de l'étude permettent de situer la cote légale de retenue à **82.84 m** (soit  $\approx +0.4$  m / niveau d'eau observé le **08 septembre 2021**).

Il est à noter que le procès-verbal de récolement du **18 septembre 1880** ne fait pas mention de l'existence d'un déversoir de décharge en amont du bief comme observé à l'heure actuelle.

L'existence légale de cet ouvrage ne peut être certaine bien qu'elle soit très probable puisque la dérivation des eaux vers le bief et l'alimentation du moulin ne pourraient être possibles sans ce dernier, le bief constituant un bras d'écoulement artificiel et perché par rapport au fond de vallée où se positionne le bras naturel court-circuité.

#### 5.4.3 Zones de frayère, de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole

Les **zones de frayère, de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole** sont un zonage réglementaire concernant plus particulièrement les cours d'eau.

Au niveau de la zone d'étude, elles sont définies par l'arrêté préfectoral **n°2012/DDT/SEPR/404 du 10 juillet 2012** fixant dans le département de Seine-et-Marne, les inventaires relatifs aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole.

**Le Betz est concerné par un classement en liste 1 – poissons** : parties de cours d'eau susceptibles d'abriter des frayères au regard des caractéristiques de pentes et de largeur de ces cours d'eau qui correspondent aux aires naturelles de répartition de l'espèce.

Cours d'eau	Delimitation amont	Délimitation aval	Liste	Espèces présentes
Le Betz	Limite administrative départementale au niveau du lieu-dit du Gué, commune de Bransles	Limite administrative départementale au niveau du lieu-dit de Verdeau, commune de Bransles	1	Chabot, truite fario

Tableau 4. Extrait des inventaires des zones de frayères, des zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole (source : arrêté préfectoral n°2012/DDT/SEPR/404 du 10 juillet 2012)

#### 5.4.4 Aspects fonciers

Le tableau page suivante recense les propriétaires des parcelles riveraines de la zone d'étude.

Position par rapport au Betz	N° de parcelle	Section	Propriétaire(s)
Rive droite du Betz	50	YH	RIBOULET-OWCA Ursula
	46		RIBOULET-OWCA Ursula
	43		TRAJKOVIC Goran
	58		DUGUET (SEJOURNE) Maryse
	59		CALVET Gérard
	52		PELAEZ (MASCRES) Marie-Christine
	53		DUGUET (SEJOURNE) Maryse
	48		VECCHIONE Eric
	49		RIBOULET-OWCA Ursula
	42		GAMET Rémi
	41		BONIN (ROY) Danielle
	56		PELLERIN (PAGNOL) Paulette
	57		DUGUET Jean-Louis
	45		CORNUAU Alain
	60		CALVET Gérard
	47		AUBRY Etienne
	44		GUILLARD (LESAGE) Jeanine
55	DUGUET (SEJOURNE) Maryse		
54	URBAIN Yves		
Rive droite du Betz	1415	D	PELLERIN Claude
	818		URBAIN Yves
	799		DELAPORTE (BIROT) Paulette
	824		MIHET Mihaela
	1414		URBAIN Yves
	822		PELLERIN Claude
	800		HOUDRY Michel
Rive gauche du Betz	876	D	TERMOTE Rudolf
	914		BONIN (ROY) Danielle
	1340		CAPTAN Jean
	871		HUBERT (BONIN) Francinet
	913		TERMOTE Rudolf
	906		TERMOTE Rudolf
	872		GIBELIN Roger
	874		PICHON Pierre
	912		TERMOTE Rudolf
	915		METAIS Louis (PIAT) ?
	909		TERMOTE Rudolf
	907		TERMOTE Rudolf
	908		TERMOTE Rudolf
	910		TERMOTE Rudolf
	873		SCI DE MAUPERTHUIS
	875		CORNUAU Alain
	911		TERMOTE Rudolf
916	SCIA DE GENOUILLY – Mme BOURDAIS		
917	SCIA DE GENOUILLY – Mme BOURDAIS		



Rive gauche du Betz	10	YE	GHOBADI-GHADICOLAI Fariborz
	9		RIBOULET-OWCA Ursula
	17		RIBOULET-OWCA Ursula
	16		NORET (DUGUET) Renée
	12		GHOBADI-GHADICOLAI Fariborz
	13		GHOBADI-GHADICOLAI Fariborz
	28		AFR DE BRANSLES Pt : GREGOIRE Jean
	19		BERTIN Gérard
	23		RIBOULET-OWCA Ursula
	8		GAUTIER Geneviève
	22		RIBOULET-OWCA Ursula
	11		GHOBADI-GHADICOLAI Fariborz
	20		AFR DE BRANSLES Pt : GREGOIRE Jean
	15		VERCRUYSEN Jean-Louis
	14		BONIN (ROY) Danielle
	91		COMMUNE DE BRANSLES – Mairie
18	GIBELIN Claude		
Rive gauche du Betz	1	YD	GAMET Rémi
	3		SCIA DE GENOUILLY – Mme BOURDAIS

Ainsi, le propriétaire du moulin (**Mr GHOBADI-GHADICOLAI Fariborz**) est propriétaire des terrains :

- En rive gauche et en rive droite du bief du moulin (**parcelles n°12 et 13**) ;
- De l'îlot entre le canal de fuite et le bras de décharge en aval de la rue du moulin de Bransles (**parcelle n°10**) ;
- D'une partie de l'îlot situé entre le bras de décharge et le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée (**parcelle n°11**). A noter que la **parcelle n°91** appartient à la commune de Bransles.

La rive droite du bras naturel court-circuité du Betz appartient jusqu'à la moitié du lit à :

- **Mme Ursula RIBOULET-OWCA** pour les **parcelles n°49 et 50** ;
- **Mme Marie-Christine PELAEZ (MASCRES)** pour la **parcelle n°52** ;
- **Mme Maryse DUGUET (SEJOURNE)** pour la **parcelle n°53**.



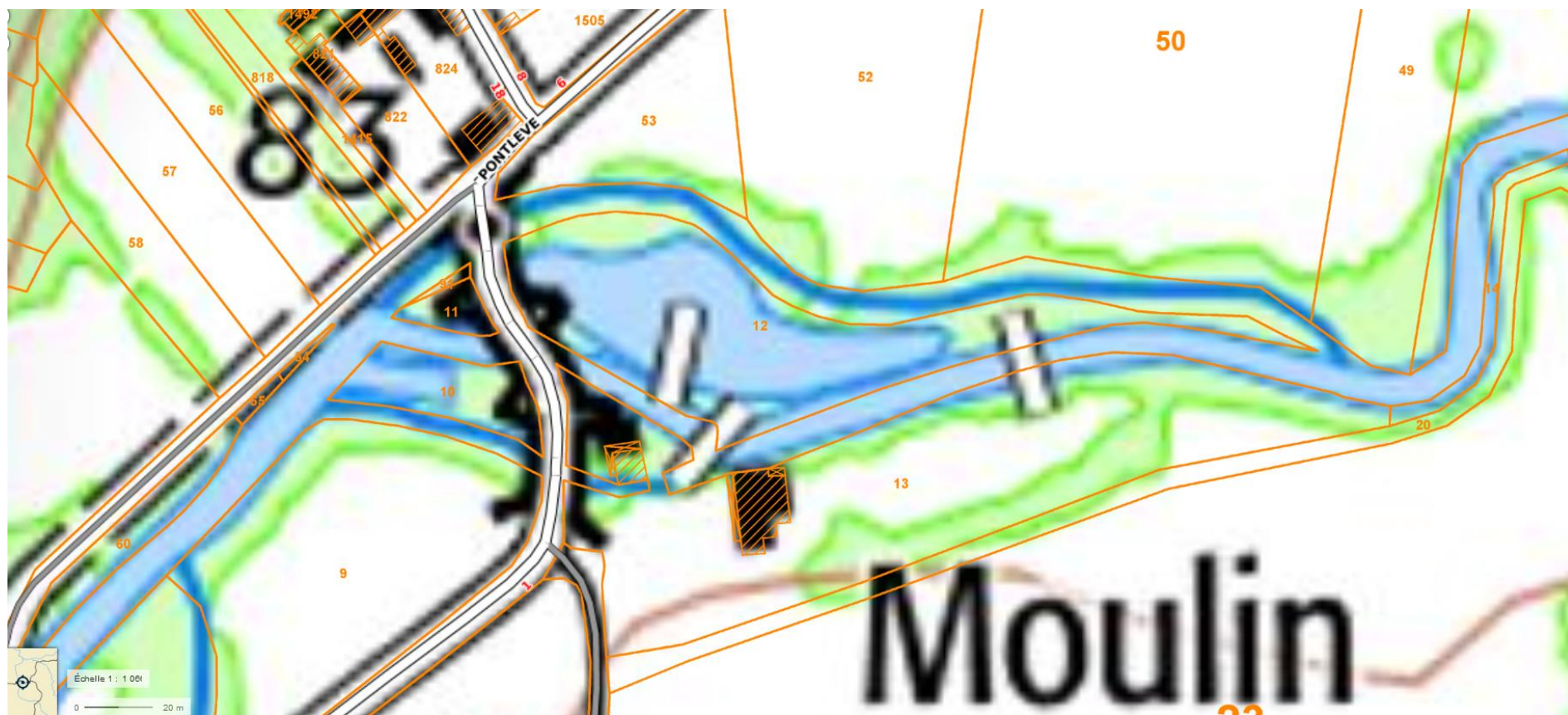


Figure 28. Extrait du plan cadastral sur la zone d'étude – Source : Géoportail

## 5.5 USAGES

### 5.5.1 Exploitation de la force motrice de l'eau

Le moulin Brandard ne fait plus l'objet d'une exploitation de la force motrice de l'eau.

L'ancienne roue du moulin est dégradée et n'est plus en mesure de fonctionner. Le propriétaire dit envisager à terme sa remise en état à titre d'agrément esthétique uniquement.

### 5.5.2 Pêche de loisir

L'activité de pêche de loisir est pratiquée sur le Betz, cours d'eau classé en première catégorie piscicole, avec un peuplement à dominante salmonicole.

Sur la zone d'étude, les secteurs de pêche sont gérés par l'Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) « la Gaulle du Loing ».

A noter que le bief du moulin de Brandard n'est pas ouvert à la pêche de loisir pour le grand public.

La configuration actuelle du cours d'eau et les espèces en présence se prêtent bien à la pêche au coup et au leurre.

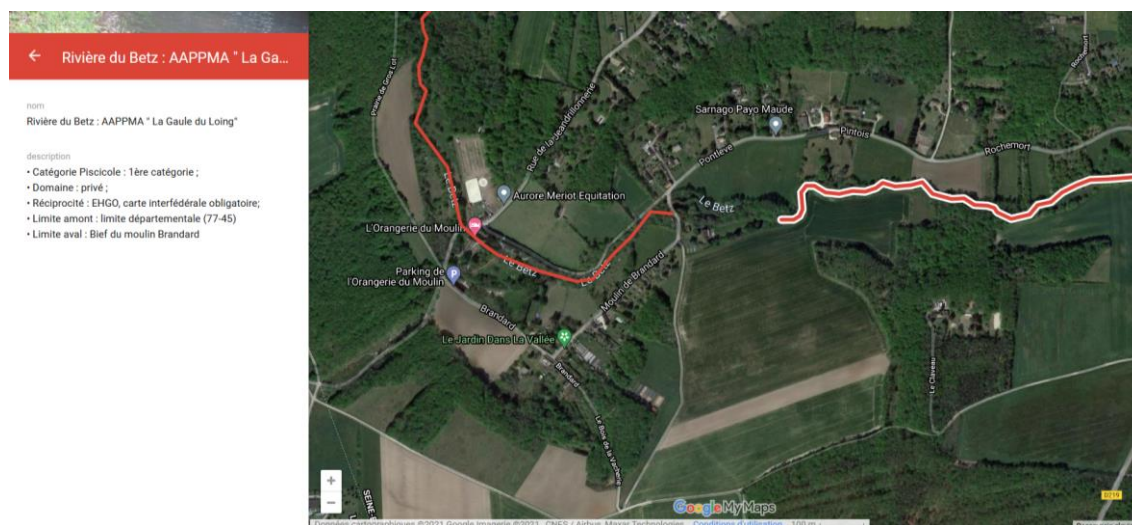


Figure 29. Localisation des parcours de pêche gérés par l'AAPPMA « la Gaulle du Loing » sur la zone d'étude

### 5.5.3 Prélèvements en lit majeur

La Banque du Sous-Sol (BSS) recense sur la zone d'étude uniquement un ancien forage de **40 m** de profondeur réalisé en **1984** à proximité du moulin Brandard et rebouché depuis.

### 5.5.4 Plan d'eau d'agrément et point d'eau incendie

Le relèvement artificiel et permanent de la ligne d'eau par les ouvrages transversaux en rivière est favorable également au relèvement du niveau d'eau, de la nappe



d'accompagnement, et à la stabilité de son niveau et donc à la formation de retenues d'eau d'agrément au sein même des cours d'eau ou en rive (en dérivation du cours d'eau ou par mise à jour de la nappe d'accompagnement).

Sur le secteur d'étude, la configuration du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard a été favorable à la création d'un plan d'eau en rive droite du bief, alimenté par ce dernier par deux buses (**Ø 200 et 400 mm**) situées à **90 m** environ en amont du moulin.

Le plan d'eau occupe une grande partie de l'espace élargi compris entre la rive droite du bief et la rive gauche du bras naturel court-circuité du Betz en amont de la rue du moulin Brandard.

L'étang est peu profond (**1.25 m** en moyenne), significativement envasé (épaisseur moyenne de vase de **0.45 m** environ) et forme une étendue d'eau de près de **2 234 m<sup>2</sup> (0.22 ha)**. La description plus détaillée du plan d'eau est donnée au paragraphe 6.2.5.

Le lieu offre un cadre paysager agréable pour le propriétaire du site, sans que ce dernier ne semble y accorder toutefois un fort attachement.

Le propriétaire évoque la présence abondante de poissons dans l'étang et en particulier de brochets de grande taille. Le milieu est en effet propice à la présence d'espèces d'eaux calmes dérivant fortement de la typologie de peuplement théorique attendue sur le Betz (espèces d'eaux fraîches et courantes).

Le plan d'eau constitue à ce jour un point d'eau incendie (PEI) référencé et accessible par le SDIS directement depuis la rue du moulin Brandard.

Pour ce type d'aménagement (réserve naturelle avec poteau d'aspiration), les contraintes de bon fonctionnement classiquement associées et exigées au règlement départemental de la D.E.C.I. sont les suivantes :

- Concernant le point d'eau :
  - Présence d'une aire d'aspiration ;
  - Profondeur d'aspiration sous la crépine > **0.8 m** ;
  - Distance « crépine – engin » ≤ **8 m** ;
  - Hauteur entre le point d'aspiration et le niveau d'eau le plus bas ≤ **6 m** ;
  - Accessibilité aux engins en tous temps et en toutes circonstances ;
  - Extrémité immergée comportant une crépine sans clapet ;
  - Signalisation du site.
- Concernant le dispositif d'aspiration:
  - Présence d'une aire d'aspiration ;
  - Présence d'une canalisation de type DN 100 avec ½ raccord pompier **Ø100 mm** ;
  - Présence de poteau d'aspiration de type H et S ;
  - Distance « raccordement – engin » ≤ **4 m** ;
  - Volume de réserve de **120 m<sup>3</sup>** ;
  - Fourniture possible d'un débit compris entre **30 et 120 m<sup>3</sup>/h**.

**Dans le cas présent**, la prise d'eau au point d'aspiration est constituée d'une canalisation en PVC qui s'enfonce dans la retenue. Comme précisé sur les fiches techniques pages suivantes, les exigences minimales de signalisation ne semblent pas être respectées.

**Vue du plan d'eau depuis la rive droite du bief du moulin Brandard**



**Vue de l'ouvrage de prise d'eau incendie connecté à l'étang et aménagé en bordure de la route du moulin Brandard**

**Poteau d'aspiration accessible depuis la route du moulin Brandard**



**Canalisation PVC s'enfonçant dans la retenue**







**Fiche technique 29 : Les exigences minimales de signalisation des PEI**

DECI  
Guide technique

Mise à jour le:  
05/10/2018

Objectif : Faciliter le repérage des PEI et connaître leur caractéristiques essentielles

Veille réglementaire :

- Norme NFS 61.221 (signalisation)
- Art 4.3.3.2 du Règlement départemental de défense extérieure contre l'incendie

La signalisation par **panneau** est **obligatoire** pour tous les P.E.I à l'exception des **P.I** normalisés.

**Symbole du panneau** : un disque avec flèche ; blanc sur fond rouge ou inversement.



Indique l'emplacement du P.E.I. (au droit de celui-ci ; la flèche vers le bas) ou signale sa direction (en tournant la flèche vers la gauche, vers la droite ou vers le haut). L'indication de la distance ou autre caractéristique d'accès peut figurer dans la flèche ou sur d'autres parties du panneau.

La couleur noire ou rouge et blanche peut être utilisée pour les indications locales.

Des mentions complémentaires peuvent être apposées, par exemple :

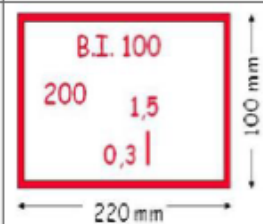
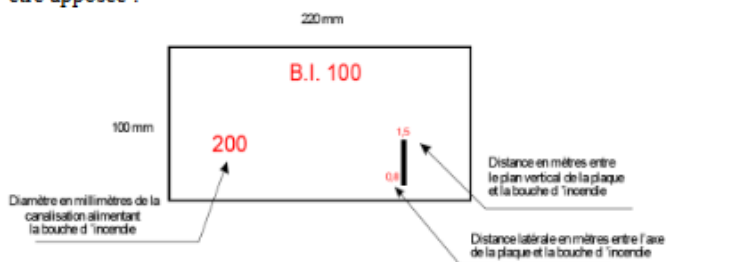
- A la périphérie du disque : l'indication de la nature du P.E.I. (B.I, point d'aspiration, citerne),
- Au centre du disque dans l'anneau : l'indication du volume en m<sup>3</sup> ou du débit en m<sup>3</sup>/h, du Ø de la canalisation en mm,
- La mention : « POINT D'EAU INCENDIE »,
- Le numéro d'ordre du P.E.I.,
- Les restrictions éventuelles d'usage.



**Panneau de type « signalisation d'indication »** rectangulaire de dimension 30 cm x 50 cm environ avec obligatoirement le numéro d'ordre.

Pour la signalisation des B.I autorisées, cette dimension peut être réduite pour apposition sur une façade, voire agrandies pour d'autres P.E.I..

Pour les B.I, une plaque de signalisation conforme à la norme NFS 61.221 doit être apposée :



Installation entre 0,5 m et 2 m environ du niveau du sol de référence

















	<b>Fiche technique 30 : La symbolique de signalisation et de cartographie</b>		DECI
			Guide technique
		Mise à jour le: 05/10/2018	
Objectif : Faciliter le repérage des PEI et connaître leur caractéristiques essentielles			
Veille réglementaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Norme NFS 61.221 (signalisation)</li> <li>• Art 4.3.3.4 du Règlement départemental de défense extérieure contre l'incendie</li> </ul>			
Afin d'identifier sur tout support cartographique les différents points d'eau incendie de la D.E.C.I., la symbolique ci-dessous constitue une règle commune à l'ensemble des acteurs. Elle peut être également utilisée sur les panneaux mentionnés à la fiche technique 30			
Poteau incendie DN80 ( $30 \text{ m}^3/\text{h} \leq D < 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) - Abréviation <b>P.I 80</b> <b>Cercle bleu et blanc (50%)</b>			
Poteau incendie DN100 ( $60 \text{ m}^3/\text{h} \leq D < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ) – Abréviation <b>P.I</b> <b>Cercle bleu</b>			
Poteau incendie DN150 ( $D \geq 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ) - Abréviation <b>P.I 150</b> <b>Cercle bleu entouré de parenthèses</b>			
Poteau incendie sur-pressé ou en pré-mélange – Abréviation <b>P.I</b> <b>Cercle jaune-orange</b>			
Bouche incendie- DN80 ( $30 \text{ m}^3/\text{h} \leq D < 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) – Abréviation <b>B.I 80</b> <b>Carré bleu</b>			
Bouche incendie- DN100 ( $60 \text{ m}^3/\text{h} \leq D < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ) – Abréviation <b>B.I 100</b> <b>Carré bleu</b>			
Bouche incendie- DN150 ( $D \leq 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ) – Abréviation <b>B.I 150</b> <b>Carré bleu</b>			
Puisard d'aspiration aménagé – Abréviation <b>PA</b> <b>Triangle bleu</b> (RAL 5012 ou RAL5015)			
Point d'aspiration aménagé – Abréviation <b>PA</b> <b>Triangle bleu</b> (RAL 5012 ou RAL5015). Le nombre des plateformes est indiqué dans le rectangle blanc			
Réserve ou citerne artificielle (aérienne ou enterrée) – Abréviation <b>CI</b> <b>Rectangle bleu</b> (RAL 5012 ou RAL5015). Volume en $\text{m}^3$ indiqué en lettre blanche.			
Réserve d'eau artificielle enterrée – Abréviation <b>CI</b> <b>Rectangle bleu hachuré</b> (RAL 5012 ou RAL5015). Volume en $\text{m}^3$ indiqué en lettre blanche			
Point de ravitaillement des avions bombardier d'eau et/ou hélicoptère bombardier d'eau <b>Deux triangles opposés bleu</b> (RAL 5012 ou RAL5015)			
Château d'eau avec prise de 70 mm			
Château d'eau avec prise de 100 mm			
Château d'eau avec prise de 150 mm			

Figure 30. Fiches extraites du guide technique du règlement départemental de la défense extérieure contre l'incendie – Source : <https://www.sdis77.fr>



## 5.6 SYNTHÈSE DES ÉCHANGES RÉALISÉS AVEC LE PROPRIÉTAIRE DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE

Les entretiens réalisés avec le propriétaire du site d'étude font part des observations suivantes :

- **Mr EDEN** se dit globalement favorable à un projet de restauration ambitieux de la continuité écologique et hydromorphologique du Betz sur sa propriété, accordant une part de débit plus soutenue et prioritaire au bras naturel en fond de vallée ;
- **Mr EDEN** ne porte pas d'attachement particulier au plan d'eau en rive droite du bief et admet que celui-ci peut être significativement réduit ou même supprimé si c'est dans l'intérêt du projet ;
- **Mr EDEN** se dit attaché au patrimoine hydraulique du site et souhaite qu'une alimentation en eau, même minimale, puisse être réservée sur le bief du moulin de façon à pouvoir à terme valoriser la roue à des fins d'agrément esthétique ;
- **Mr EDEN** se dit favorable à l'idée que le niveau d'eau sur le bief puisse être significativement réduit par rapport au niveau de retenue légal, comme c'est déjà le cas aujourd'hui, à la condition toutefois que des travaux de désenvasement et de diversification des formes du lit (par des banquettes granulaires ou végétalisées alternes) soient prévus en accompagnement du projet pour la mise en valeur de ce bras d'écoulement bordant les différents bâtiments.

## 5.7 ELEMENTS DE CONNAISSANCE SUR L'HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS ET TRAVAUX SUR LE COURS D'EAU

### 5.7.1 Aménagements anciens et antérieurs au XIX<sup>ième</sup> siècle

Le cours du Betz a été anciennement aménagé sur la zone d'étude pour l'alimentation du moulin Brandard comme nous renseigne la lecture attentive et comparative des plans anciens (carte de Cassini du XVIII<sup>ième</sup> siècle, carte d'Etat-Major du XIX<sup>ième</sup> siècle, cadastre Napoléonien ancien du début du XIX<sup>ième</sup> siècle).

L'analyse de ces documents appelle en effet les commentaires suivants :

- Le moulin Brandard était existant avant la Révolution française comme en atteste sa mention sur la carte de Cassini ;
- La configuration du complexe hydraulique et le tracé des différents bras d'écoulement du Betz au XIX<sup>ième</sup> siècle semblaient être proches de la configuration actuelle aux différences près suivantes :
  - Le plan d'eau situé entre le bief et le bras naturel en fond de vallée n'existait pas;
  - Les méandres du bras naturel en fond de vallée étaient plus développés.

La carte page suivante illustre ces observations.

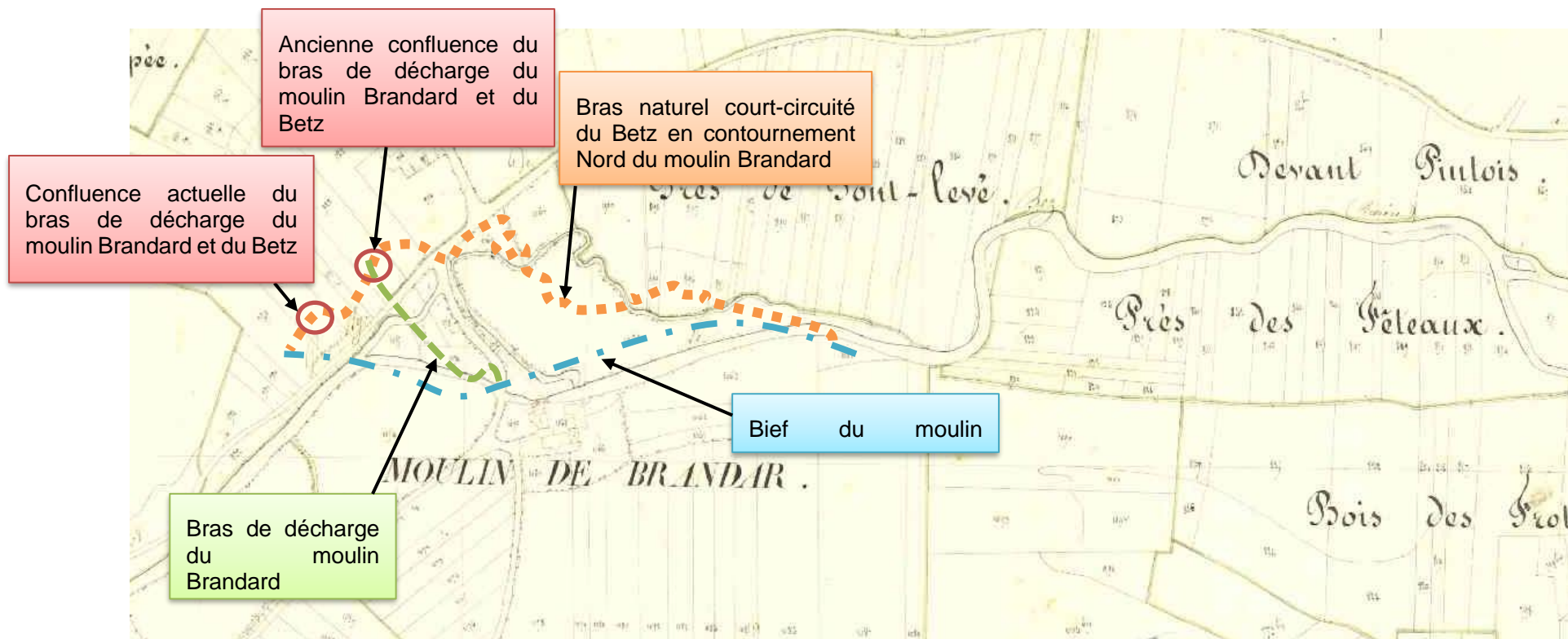


Figure 31 : Extrait du cadastre napoléonien sur la zone d'étude – Source : <http://archives-en-ligne.seine-et-marne.fr>

### 5.7.2 Aménagements antérieurs à la première moitié XX<sup>ème</sup> siècle

A la différence des plans du cadastre Napoléonien, le plan des abords du moulin Brandard datant du **28 avril 1937** fait état de la présence d'un nouveau pont double au droit de la rue du moulin Brandard, situé à mi-distance du bief et du bras naturel court-circuité en fond de vallée et connectant le bras de décharge du moulin à une nouvelle dérivation rejoignant le cours naturel du Betz en aval proche de cette même rue, et en amont immédiat de la confluence du canal de fuite du moulin avec le cours principal.

Ce plan met également en évidence :

- L'absence d'aménagement à cette époque du plan d'eau à proximité du moulin ;
- L'absence d'intervention sur les méandres du bras naturel court-circuité du Betz ;
- Le maintien de la connexion du bras de décharge du moulin avec le court naturel court-circuité en amont de la rue du moulin Brandard.

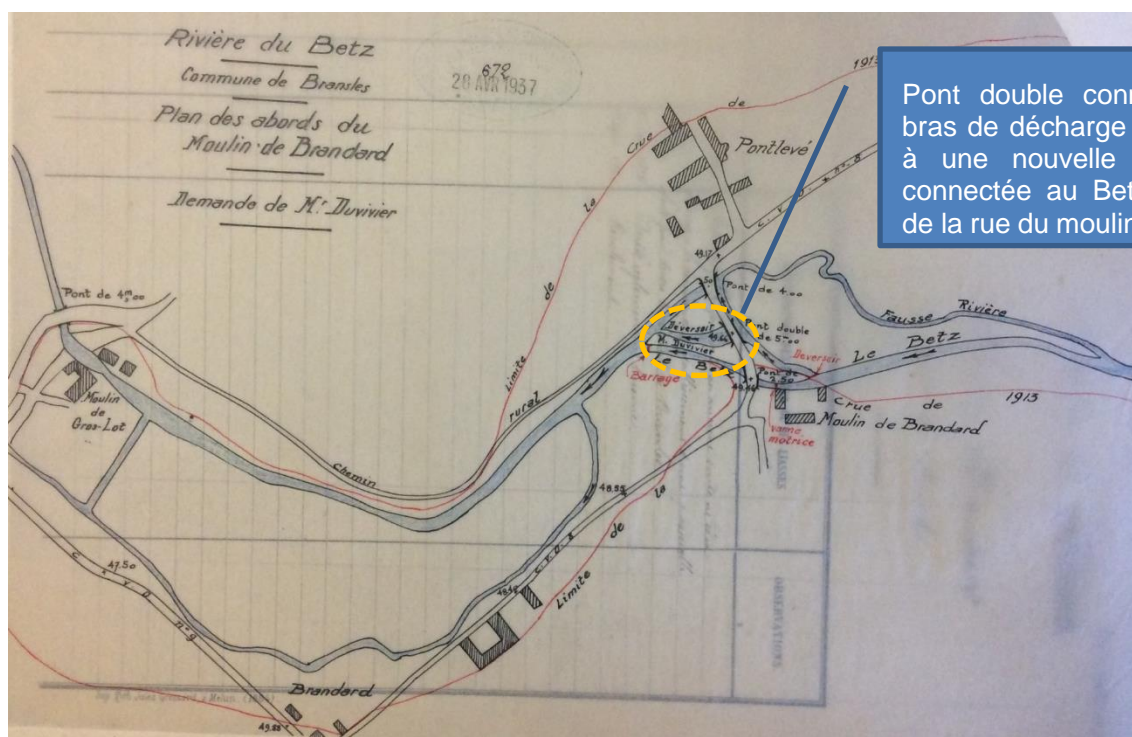


Figure 32 – Plan des abords du moulin Brandard datant du 28 avril 1937 - Source : Archives fournies par l'EPAGE du bassin du Loing

### 5.7.3 Aménagements postérieurs à la seconde moitié XX<sup>ème</sup> siècle

L'analyse des éléments d'archives à disposition et des photographies aériennes anciennes mettent en évidence la réalisation de travaux hydrauliques au droit du complexe hydraulique du moulin Brandard sur la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle. Il est à noter en effet :

- La création du plan d'eau à proximité du moulin de Brandard à la fin des années **60** ou tout début des années **70** (entre **1965** et **1972** d'après les photographies aériennes anciennes disponibles sur la zone d'étude) et



l'interruption à cette occasion de la connexion qui préexistait du bras de décharge du moulin avec le bras naturel court-circuité du Betz ;

- La rectification des méandres du bras naturel court-circuité du Betz entre **1982** (intervention projetée dans le plan topographique du cabinet **DELBARRE de 1982**) et **1987** ;
- La reconstruction sur cette même période du déversoir de décharge amont (remplacement par un déversoir en palplanches et béton).

Les éléments d'archives mis à disposition par l'EPAGE pour l'étude, et plus particulièrement les courriers de l'administration en charge de la Police des Eaux entre **1993 et 1995** à destination du propriétaire des lieux de l'époque, évoquaient pour projet la mise en place :

- D'une réhausse de **0.06 m** sur le déversoir de décharge amont ;
- D'une canalisation de diamètre **0.1 m** traversant le déversoir de décharge amont sur sa partie basse pour restitution en tout temps d'un débit minimum réservé sur le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée.

Les reconnaissances de terrain réalisées dans le cadre de l'étude n'ont pas permis de mettre en évidence la réalisation de ces deux dernières dispositions.

**Photographie aérienne de 1948 – Absence de plan d'eau et de rectification de méandre**



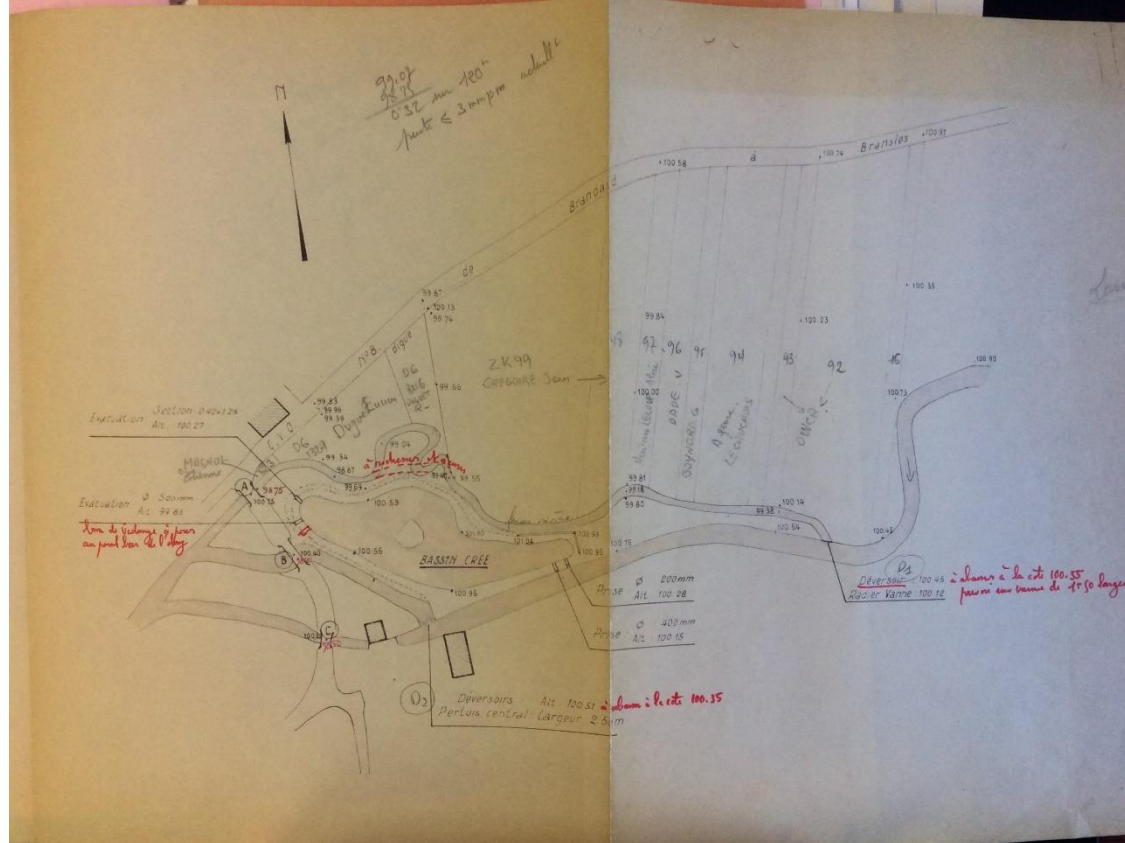
**Photographie aérienne de 1965 – Absence de plan d'eau et de rectification de méandre**



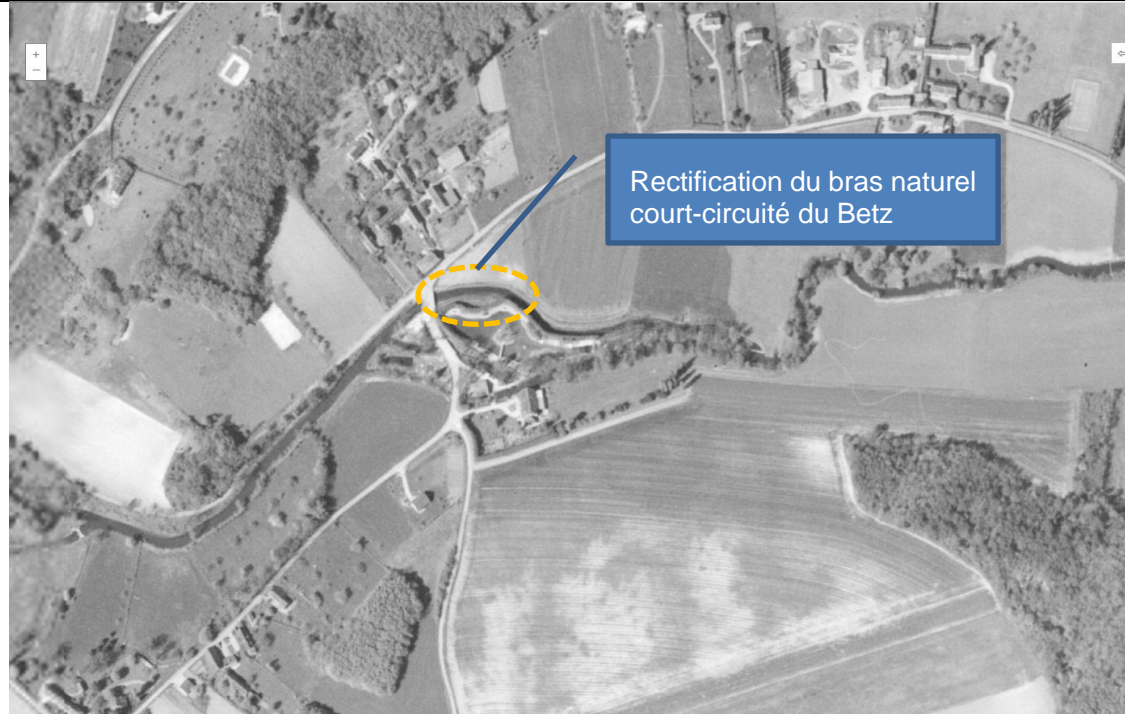
**Photographie aérienne de 1972 – Présence de plan d'eau et absence de rectification de méandre**



**Plan topographique de 1982 (cabinet DELBARRE)**  
**Action projetée de rectification du lit sur le bras naturel court-circuité et de réfection du déversoir de décharge amont (remplacement par un déversoir en palplanches et béton)**

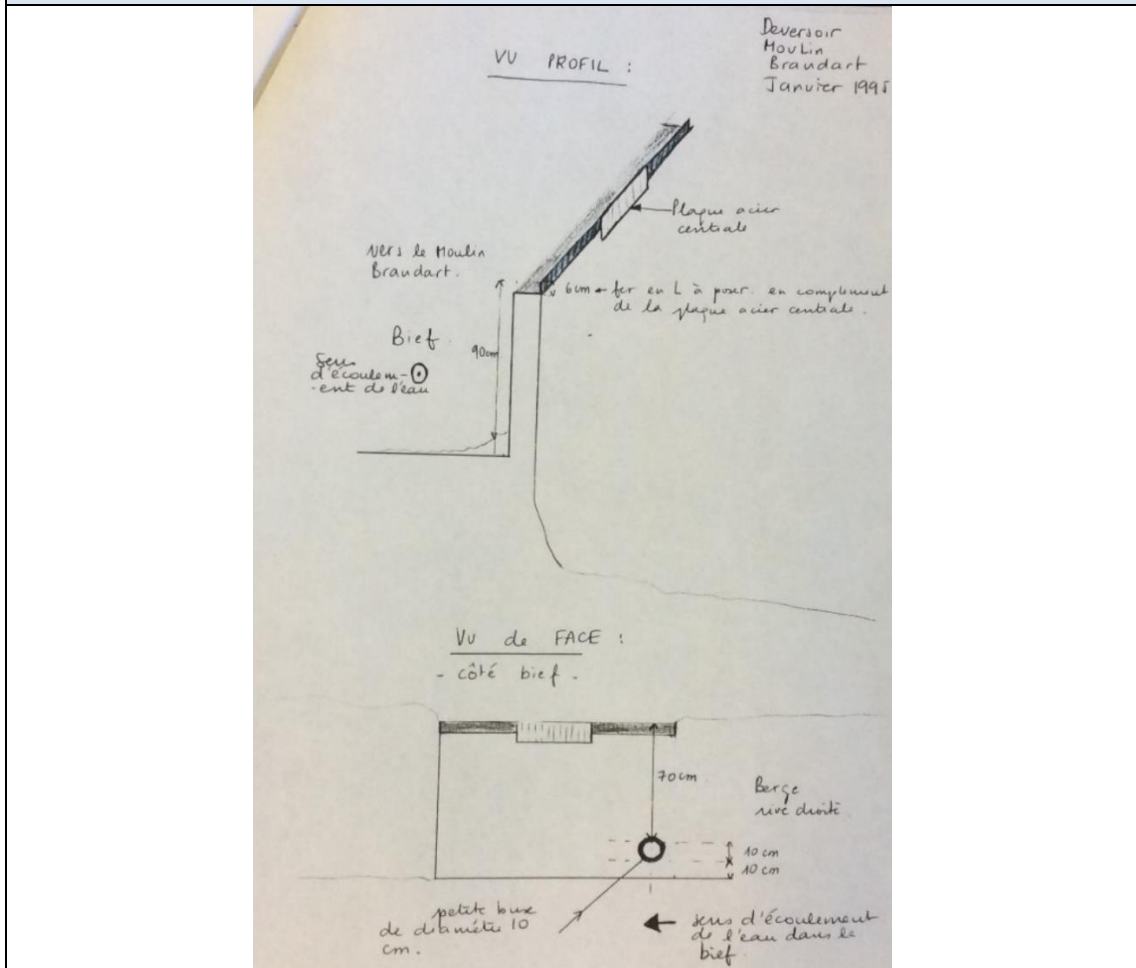


**Photographie aérienne de 1988**





**Schéma pour le projet de mise en œuvre d'une canalisation traversant le déversoir de décharge**  
- Source : DDT 77 - 1995





## 6 ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC

### 6.1 APPROCHE DESCRIPTIVE GLOBALE SUR LE SECTEUR D'ETUDE

#### 6.1.1 Organisation générale du réseau hydrographique

Les paragraphes ci-après donnent une description des principales caractéristiques hydromorphologiques du réseau hydrographique sur la zone d'étude, qui couvre l'amont du linéaire influencé par le moulin Brandard jusqu'à la confluence des bras en aval proche de la rue du moulin Brandard.

Les reconnaissances de terrain et l'analyse des données topographiques et photographies aériennes anciennes et récentes permet d'identifier les principaux segments homogènes suivants :

- **Segment 1 : Le Betz non influencé en amont du moulin Brandard.** Ce dernier est décrit en amont du linéaire influencé par le moulin Brandard sur une distance de **300 m** en amont de la confluence des deux bras entourant l'île au lieu-dit « Tous vents » ;
- **Segment 2 : Le Betz peu influencé en amont du moulin Brandard.** Ce dernier s'étend sur une distance de **412 m** entre la confluence des deux bras entourant l'île au lieu-dit « Tous vents » et le déversoir de décharge amont du moulin (OH1) à P12 ;
- **Segment 3 : Le Betz fortement influencé.** Ce linéaire correspond au bief perché du moulin Brandard. Il s'étend sur une distance de **200 m** entre le déversoir de décharge amont du moulin (OH1) à P12 et le vannage usinier du moulin de Brandard (OH5) ;
- **Segment 4 : Le canal de fuite du moulin Brandard.** Ce dernier s'étend sur une distance de **100 m** entre le vannage usinier du moulin Brandard (OH5) et la confluence avec le bras naturel court-circuité en fond de vallée à P22.
- **Segment 5 : Le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée.** Ce dernier s'étend sur une distance de **316 m** entre le déversoir de décharge amont du moulin (OH1) et la confluence avec le bras de décharge du moulin Brandard à P21 ;
- **Segment 6 : Le bras de décharge aval.** Ce dernier s'étend sur une distance de **100 m** entre le vannage de décharge du moulin (OH3) et la confluence avec le bras naturel court-circuité en fond de vallée à P21 ;

Le complexe hydraulique formé par le moulin Brandard se compose des ouvrages structurants suivants :

- Un déversoir de décharge en rive droite et en limite amont du bief à **200 m** en amont du moulin Brandard (OH1) ;
- Un vannage de décharge en rive droite du bief en amont proche du moulin Brandard (OH3) ;
- Le vannage usinier du moulin Brandard à l'extrémité aval du bief (OH5).

Il est à noter également la présence de quelques seuils et ouvrages de franchissements :

- Seuil sur le bras de décharge (OH7) en aval immédiat du vannage de décharge;

- Seuil sur le bras de décharge (**OH8**) entre le vannage de décharge et le pont **OH9** au droit de la rue du moulin Brandard ;
- Pont sur le bras naturel court-circuité du Betz au droit de la rue du moulin Brandard (**OH2**) ;
- Pont sur le bras de décharge du Betz au droit de la rue du moulin Brandard (**OH9**) ;
- Pont sur le canal de fuite du moulin Brandard au droit de la rue du même nom (**OH6**).



Figure 33 : Vue d'ensemble reportant les principaux segments, ouvrages et profils de la zone d'étude

### 6.1.2 Analyse du profil en long du bras principal du Betz sur la zone d'étude

De façon respective, la figure et le tableau pages suivantes:

- Illustre le profil en long du bras principal du Betz passant par le bief et le canal de fuite, avec report des profils s'établissant sur les principaux axes d'écoulements parallèles (bras secondaire amont et bras naturel court-circuité en fond de vallée) pour faciliter la comparaison ;
- Synthétise les principales variables hydromorphologiques d'intérêt.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- Le Betz présente sur la zone d'étude une pente moyenne de **0.3%** ;
- **Sur le segment 1 :**

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique jusqu'à la défluence des bras et via le bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents », les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci. Le bras principal contournant l'île par le Sud présente quant à lui une zone d'exhaussement continu et marqué du fond depuis la défluence jusqu'à **P31**, soit sur **160 m** environ, puis un court linéaire (**≈ 40 m**) à plus forte pente jusqu'à la confluence des bras. Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à **≈ 374 m<sup>3</sup>**. Il est possible que ce phénomène d'exhaussement trouve son origine :

- En une perte de compétence morphogène du fait de la diminution des débits liquides (répartition sur deux bras) à débits solides peu modifiés (report préférentiel de la charge solide en transit vers le bras Sud en lien avec la présence d'un ouvrage transversal en amont du bras secondaire Nord) ;
- En d'anciens travaux hydrauliques ayant eu pour objet de dériver une partie du cours d'eau en direction du coteau Sud pour former une chute d'eau exploitable. Le bras Sud pourrait alors constituer un bras d'origine artificielle tandis que le bras Nord s'apparenterait à l'ancien tracé naturel du cours d'eau en fond de vallée. L'absence de moulin visible à ce niveau à l'heure actuelle ou sur les plans anciens ne permet pas toutefois de valider cette hypothèse.

L'écoulement est à dominante lenticulaire en amont de l'île et sur le bras principal jusqu'au radier situé à **P31** du fait de la présence conjointe de ce haut fond et de l'ouvrage transversal en amont du bras Nord, significativement relevés par rapport au profil hydromorphologique théorique.

Sur la majeure partie du bras secondaire Nord et la partie aval du bras principal Sud (en aval de **P31**), les écoulements sont peu profonds et relativement courants et s'apparentent à des faciès de type radiers/plats courants.

La largeur à plein bord du lit est de l'ordre de **10 m** en amont et en aval de l'île et diminue jusqu'à **7 m** sur le bras principal Sud.

Compte tenu de la hauteur de berge moyenne observée (**≈ 1.2 m** / fond en amont de l'île et **≈ 1 m** / fond sur le bras principal Sud), la rapport Largeur / Hauteur à plein bord s'établit entre **7 et 8.5** ce qui est cohérent avec des cours naturels de plaine à berges cohésives (**≈ 6 à 8** en région Centre).

- **Sur le segment 2 :**

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique depuis la confluence des bras et jusqu'à **P7**, soit sur une distance de **100 m** environ, les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci, puis présente une zone d'exhaussement continu et marqué



du fond jusqu'en limite aval du segment, soit sur une distance de **300 m** environ jusqu'au droit du déversoir de décharge amont (**OH1**) du moulin Brandard.

Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à  $\approx 1313 \text{ m}^3$ . Ce phénomène est probablement favorisé par le ralentissement généralisé des écoulements sous l'influence des ouvrages du moulin Brandard.

L'écoulement est lent, homogène bien que peu profond jusqu'à **P9**, et s'apparente à un faciès de type plat lentique, puis le devient davantage à partir du méandre prononcé à **P10** (faciès de type chenal lentique).

La largeur à plein bord du lit est de l'ordre de **10 m** comme sur les portions d'écoulement plus naturelles à l'amont. La hauteur de berge y est un peu plus élevée ( $\approx 1.3 \text{ m}$ ) compte tenu de la présence de merlons de terre en rive bien que le rapport Largeur / Hauteur à plein bord reste conforme à la gamme de valeurs classiquement observée sur les cours d'eau naturels en région Centre en s'établissant à **7.9**.

- **Sur le segment 3 :**

Le profil de fond « dur » est relativement plat et significativement relevé par rapport au profil hydromorphologique théorique (relèvement continuellement croissant de l'amont vers l'aval, de **0.95 m** en moyenne et jusqu'à **1.17 m** localement) et témoigne du caractère artificiel du bras, lequel a été très anciennement creusé en déport du tracé naturel en fond de vallée et vers le coteau Sud à l'édification du moulin pour créer une chute d'eau exploitable à ce niveau.

Les très faibles vitesses d'écoulement qui y règnent, en lien avec le relèvement artificiel de la ligne d'eau et l'abaissement drastique de sa pente, ont conduit à un envasement généralisé et important du fond.

Ainsi, le volume de sédiments meubles (limons, vase, matière organique) accumulés sur cet axe est estimé à **800 m<sup>3</sup>** et s'établit sur une épaisseur moyenne de l'ordre de **0.5 m**.

La hauteur d'eau est particulièrement faible dans la configuration actuelle des ouvrages (vanne usinière ouverte) bien qu'elle ait pu être supérieure autrefois ( $\approx +0.4 \text{ m}$ ) lorsque la ligne d'eau était gérée à la cote légale de retenue.

La largeur à plein bord du lit est de **9 m** environ, soit un peu moins que sur les portions d'écoulement plus naturelles à l'amont ( $\approx 10 \text{ m}$ ). La hauteur de berge y est un peu plus élevée ( $\approx 1.4 \text{ m}$ ) compte tenu de la présence de merlons en rive bien que le rapport Largeur / Hauteur à plein bord reste conforme à la gamme de valeurs classiquement observée sur les cours d'eau naturels en région Centre en s'établissant à **6.3**.

- **Sur le segment 4 :**

Le profil de fond sur le canal de fuite du moulin est significativement relevé sur toute sa longueur par rapport au profil hydromorphologique théorique (**+0.53 m** en moyenne et jusqu'à **0.93 m**) localement et présente une pente accentuée sur sa partie la plus aval pour rejoindre le fond du lit naturel du Betz.

L'écoulement est globalement courant et peu profond en lien avec la forte pente et les faibles débits dérivés.

Le lit est beaucoup plus étroit (largeur à plein bord  $\approx 7 \text{ m}$ ) que sur les portions d'écoulement plus naturelles à l'amont ( $\approx 10 \text{ m}$ ) tout en conservant une hauteur de berge significative ( $\approx 1.3 \text{ m}$ ). Le rapport Largeur / Hauteur est faible ( $\approx 5.4$ ) et renvoie au caractère artificiel et encaissé du lit.

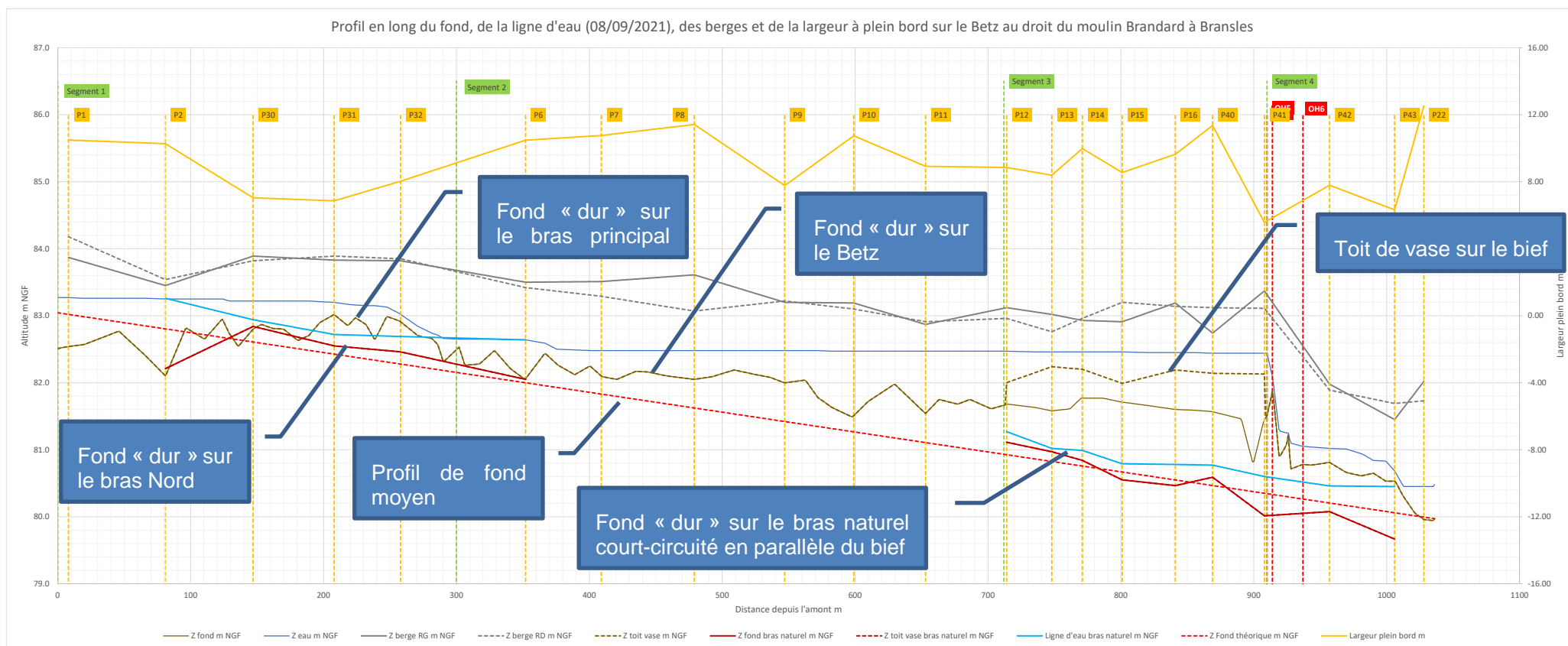


Figure 34. Profil en long du fond, des berges et des lignes d'eau sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude

Tronçon	Variation moyenne du fond / Profil théorique m	Surprofondeur maximum / profil théorique m	Exhaussement maximum / profil théorique m	Hauteur d'eau moyenne m	Hauteur de berge moyenne m	Largeur moyenne à plein bord m	Largeur moyenne pied de berge m
Segment 1	0.09	-0.70	0.68	0.47	1.1	8.5	6.9
Segment 1 – Amont défluence	-0.39	-0.70	0.00	0.72	1.2	10.4	9.1
Segment 1 – Bras principal Sud	0.40	0.00	0.68	0.34	1.0	7.2	5.5
Segment 2	0.46	0.00	0.80	0.50	1.3	9.9	7.4
Segment 3	0.95	0.00	1.17	0.33	1.4	9.1	7.8
Segment 4	0.53	0.00	0.93	0.27	1.3	7.0	3.5

Tableau 5. Principales variables hydromorphologique d'intérêt sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude

### 6.1.3 Analyse du profil en long du bras naturel court-circuité du Betz sur la zone d'étude (segment 5)

De façon respective, la figure et le tableau pages suivantes :

- Reporte le profil en long du bras naturel court-circuité du Betz en aval du déversoir de décharge (**OH1**) du moulin Brandard et contournant le site par le Nord ;
- Synthétise les principales variables hydromorphologiques d'intérêt.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique, les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci.

Il se situe à une altimétrie significativement plus basse que le bief du moulin (**-0.95 m** en moyenne) et le canal de fuite (**-0.53 m** en moyenne) mettant en évidence le caractère « perché » de ces derniers.

A l'étiage, et dans la configuration actuelle des ouvrages (vanne usinière du moulin ouverte), les écoulements sont interrompus au droit du déversoir de décharge amont (**OH1**) si bien que le bras naturel court-circuité se trouve à sec en de nombreux endroits. Les mouilles forment toutefois des vasques d'eau formant un abris précaire pour une partie des espèces aquatiques (observations lors des reconnaissances de terrain de fin d'été de chabots et de macroinvertébrés sous les pierres dans les poches d'eau résiduelles).

En moyennes et hautes eaux annuelles, les écoulements sont globalement courants et peu profonds et s'apparentent à des alternances de faciès de type radiers/plats courants.

La largeur à plein bord du lit est particulièrement importante, de l'ordre de **11 m**, au regard de celle observée sur les portions d'écoulement les plus naturelles en amont (**≈ 10 m**) et de l'hydrologie réduite sur ce bras du fait du partage des eaux opéré avec le bief du moulin Brandard. La largeur en pied de berge (**≈ 6 m**) reste comparable à celle observée sur les sections d'écoulement amont les plus naturelles.

La hauteur de berge est également importante (**≈ 1.9 m** / fond) et significativement supérieure à celle observée sur les autres segments (**≈ 1-1.4 m**) en lien notamment avec la réalisation de travaux hydrauliques passés (rectification/recalibrage) et la formation d'un merlon épais en rive droite.



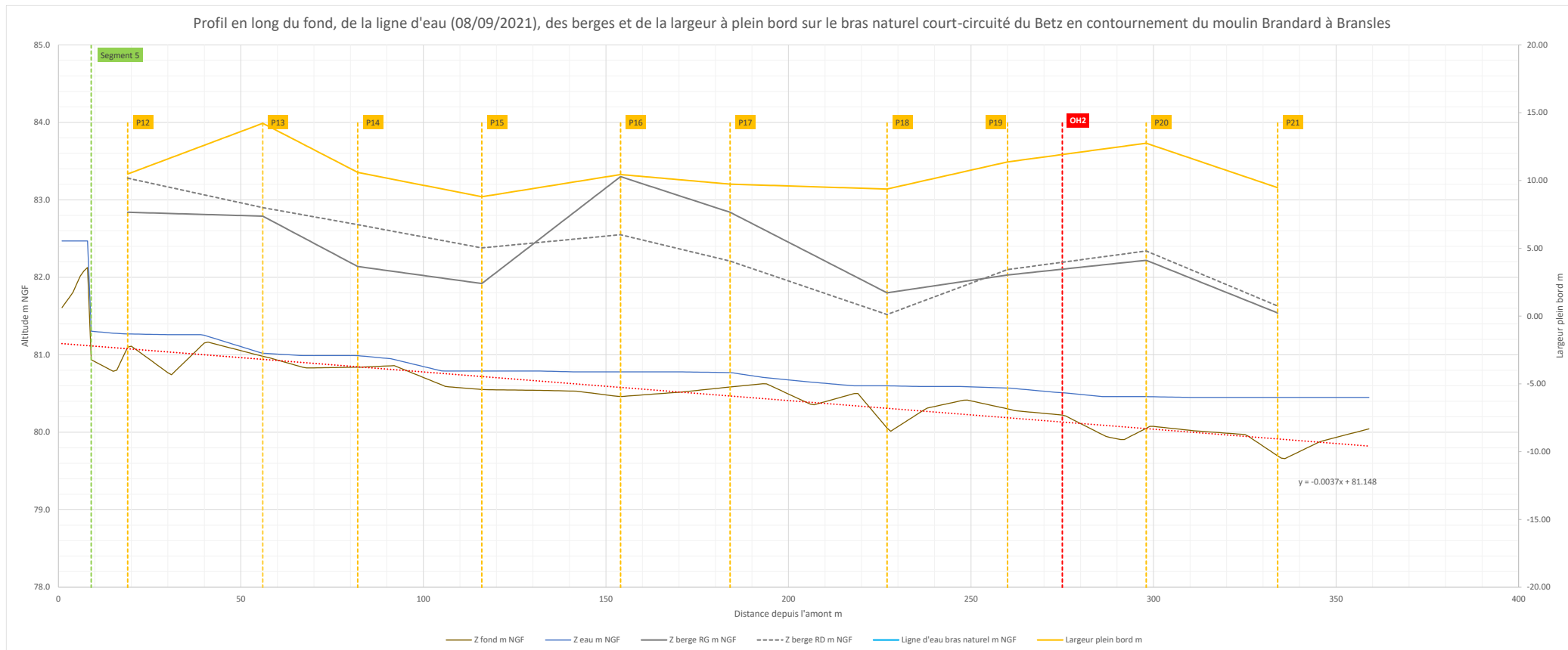


Figure 35. Profil en long du fond, des berges et des lignes d'eau sur le bras naturel court-circuité du Betz à l'échelle de la zone d'étude

Tronçon	Variation moyenne du fond / Profil théorique m	Surprofondeur maximum / profil théorique m	Exhaussement maximum / profil théorique m	Hauteur d'eau moyenne m	Hauteur de berge moyenne m	Largeur moyenne à plein bord m	Largeur moyenne pied de berge m
Segment 5	-0.02	-0.29	0.19	0.27	1.9	10.8	5.7

Tableau 6. Principales variables hydromorphologique d'intérêt sur le bras naturel court-circuité du Betz à l'échelle de la zone d'étude

#### 6.1.4 Potentiel d'érodabilité des berges

Le potentiel d'érodabilité des berges est déterminé par analyse visuelle d'une ou plusieurs portions de berge non végétalisées.

Dans le cas présent, les berges du Betz présentent un profil relativement homogène sur toute leur hauteur et apparaissent composées en grande majorité de matériaux cohésifs terreux à dominante argilo-limoneuse et de pierres de diamètres variables en plus faible quantité.

Il est à noter la plus forte proportion de matériaux granulaires en partie basse de berge.

**Le Betz présente ainsi un potentiel d'érodabilité plutôt faible** comme en témoigne d'ailleurs la faible mobilité du tracé révélée par l'analyse diachronique.

Les berges sont susceptibles d'être érodées sur les portions dépourvues de végétation stabilisatrice principalement, ou à l'approche de singularités constituées par cette même végétation : chute d'arbre provoquant une encoche d'érosion en rive, arbre en travers du lit reportant les contraintes hydrauliques sur la rive opposée, arbre fortement penché ou en avance sur le sommet de berge à l'origine de courants de recirculation en aval ou créant des courants accélérés en arrière en cas de crue par exemple etc.

A ce jour les principaux facteurs de déstabilisation des berges ne semblent pas être de nature hydraulique en priorité (les vitesses et contraintes érosives demeurant relativement modestes) mais plutôt liés aux singularités représentées par la végétation bien que celle-ci assure plus globalement une fonction structurante des berges que déstabilisatrice.

A noter que le potentiel d'érodabilité des berges est réduit sur le bief du moulin et le bras de décharge du fait de la présence de protections de berge (tunage bois en rive droite du bief et murs de soutènement maçonnés en amont du bras de décharge et sur la partie aval du bief notamment).



*Figure 36 Exemple de profil de berge subvertical structuré par le racinaire des arbres et faisant apparaître des éléments pierreux dans une matrice terreuse à dominante cohésive*



*Figure 37 Exemple de profil de berge subvertical faisant apparaître des éléments pierreux en plus forte proportion dans une matrice terreuse à dominante cohésive*

### 6.1.5 Caractérisation du substrat sur le Betz

Dans le cadre de l'étude, des prélèvements de sédiments ont été effectués sur les portions d'écoulements les plus courantes du Betz en amont de la zone d'influence du moulin Brandard.

Ces derniers ont été effectués au niveau de la couche superficielle du substrat, représentative de la fraction la plus grossière des alluvions en présence (couche d'armure caillouteuse surmontant la fraction gravelo-sableuse).

La courbe granulométrique des 100 échantillons prélevés (protocole de Wolman) est présentée sur la figure page suivante.

Sur le bras naturel court-circuité du Betz, la couche d'armure des alluvions est constituée en majorité de cailloux fins ( $\Phi$  16-32 mm,  $\approx$  46% en nombre) mêlés à une matrice de graviers grossiers ( $\Phi$  8-16 mm,  $\approx$  11% en nombre). Elle présente également une fraction significative ( $\approx$  40% en nombre) de cailloux grossiers ( $\Phi$  32-64 mm). Le diamètre médian des alluvions de surface du matelas alluvial est de l'ordre de 28 mm et 90% des éléments présentent un diamètre inférieur à 52 mm.

Les alluvions présentes sous la couche d'armure sont quant à elles majoritairement composée de sables grossiers ( $\Phi$  0.5-2 mm) et de graviers fins ( $\Phi$  2-8 mm).

Dans l'emprise des zones influencées par les ouvrages transversaux, le matelas alluvial est parfois recouvert par des matériaux fins (sables/limons) mêlés par endroits à des débris de matière organique.

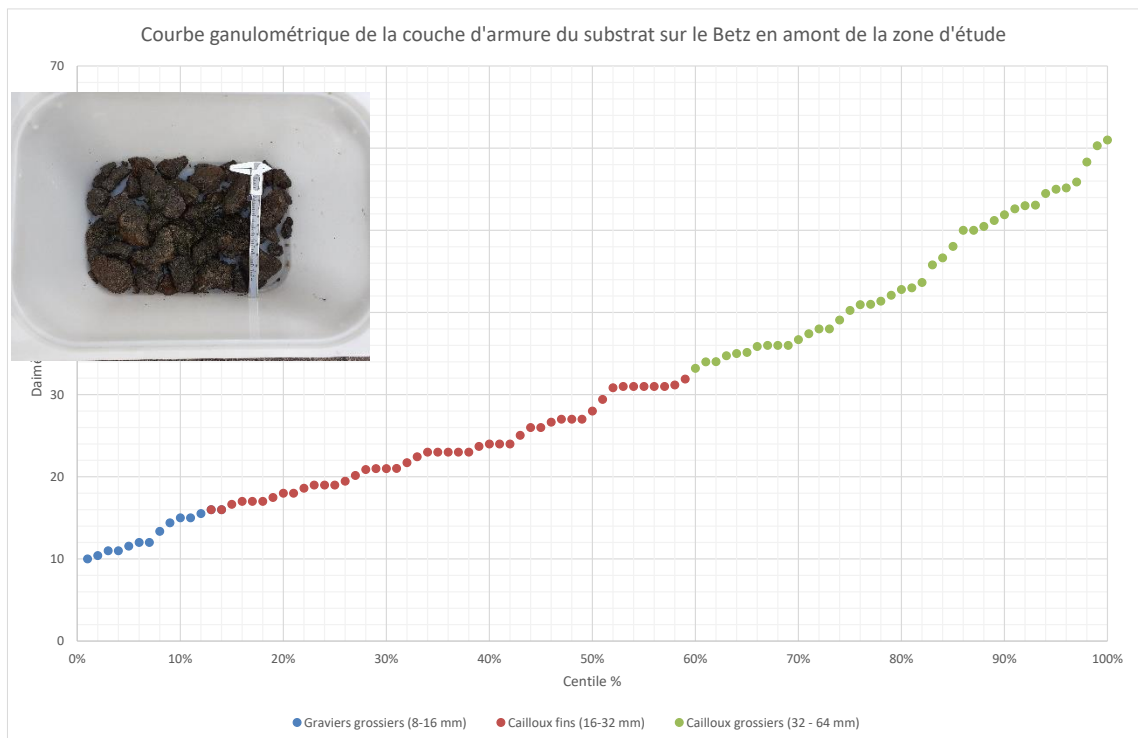


Figure 38 : Courbe granulométrique (en nombre d'éléments et non en poids) représentative de la couche d'armure des alluvions présentes sur les portions d'écoulements courantes du Betz

### 6.1.6 Typologie géodynamique du cours d'eau

**D'une façon générale**, la possibilité de résorber les altérations observées, voire de les supprimer est fortement dépendante du type de cours d'eau considéré, et en particulier de l'intensité de son activité géodynamique, elle-même conditionnée par :

- **Les caractéristiques géomorphologiques** : géométrie, substrats, intensité des processus d'érosion latérale et verticale et de transport solide ;
- **Les caractéristiques écologiques globales** ;
- **Les capacités d'ajustement géomorphologique** suite à des travaux de restauration.

Il est reconnu d'une façon générale que :

- Plus un cours d'eau est puissant ;
- Plus ses berges sont facilement érodables ;
- Plus les apports solides sont importants ;

Alors :

- Meilleure est la garantie de réponse positive du système ;
- Plus rapides sont les résultats ;
- Plus grande est la pérennité des bénéfices écologiques de la restauration ;
- Moindre est le coût, puisque le cours d'eau effectue lui-même une partie du travail de restauration.

La capacité d'ajustement géomorphologique peut être appréciée par le positionnement du cours d'eau sur la grille de typologie suivante, en croisant des critères de puissance, d'érodabilité des berges et de potentiel d'apports solides.



	1	2	3	4
Puissance – W	< 10 W/m <sup>2</sup>	10-30 W/m <sup>2</sup>	30-100 W/m <sup>2</sup>	> 100 W/m <sup>2</sup>
Erodabilité des berges – B	Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Potentiel d'apports solides – A	Nul	Faible	Moyen	Fort

Figure 39. Grille de typologie géodynamique des cours d'eau – Source : Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau – AESN

**La puissance spécifique** est déterminée à partir des caractéristiques géométriques moyennes de la section du cours d'eau, de sa pente et du débit de crue de plein bord considéré comme débit morphogène.

Il est classiquement admis qu'un cours d'eau a la capacité d'ajuster naturellement et à court terme sa morphologie suite à une altération ou des travaux de restauration, dès lors que la puissance spécifique atteint un seuil de l'ordre de **25-35 W/m<sup>2</sup>**.

**L'érodabilité des berges** influe sur ce seuil. Un cours d'eau peu puissant pourra ainsi présenter une activité géodynamique significative si les berges sont facilement érodables. A l'inverse, l'activité géodynamique d'un cours d'eau, même puissant, pourra être fortement abaissée lorsque les berges sont essentiellement composées de matériaux fortement cohésifs.

Il est à signaler enfin que les processus d'auto-ajustements géomorphologiques ne sont possibles et n'ont d'effets durables que si **le potentiel d'apport solide** en provenance de l'amont est suffisant. La charge sédimentaire grossière joue en effet un rôle majeur sur les processus d'activation de l'érosion latérale, de reconstitution et de renouvellement permanent du substrat et des formes du lit.

**Dans le cas présent**, le calcul de la puissance spécifique du cours d'eau est effectué par application de la formule suivante, en valorisant les résultats de modélisation hydraulique :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot J / l$$

Avec :

*P* : masse volumique de l'eau prise égale à 1000 g/l

*g* : constante gravitationnelle prise égale à 9.81 N/m<sup>2</sup>

*J* : Pente moyenne de la ligne d'eau en m/m;

*Q* : Débit morphogène en m<sup>3</sup>/s pris égal ici au débit de crue journalier biennal ;

*L* : Largeur du lit à plein bord en m.

**Sur la zone d'étude, la puissance spécifique est de l'ordre de 2 W/m<sup>2</sup> dans l'emprise du linéaire peu influencé (segment 2).**

**Compte tenu par ailleurs de l'érodabilité des berges et du potentiel d'apports solides jugés faibles, le score géodynamique du cours d'eau est également jugé faible.**

## 6.2 APPROCHE DESCRIPTIVE PAR SEGMENT

### 6.2.1 Segment 1 : Le Betz non influencé en amont du moulin Brandard

**Le segment 1 correspond au cours du Betz non influencé en amont du moulin Brandard.**

Ce dernier est décrit en amont du linéaire influencé par le moulin Brandard sur une distance de **300 m** en amont de la confluence des deux bras entourant l'île au lieu-dit « Tous vents ».

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique jusqu'à la défluence des bras et via le bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents », les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci. Le bras principal contournant l'île par le Sud présente quant à lui une zone d'exhaussement continu et marqué du fond depuis la défluence jusqu'à **P31**, soit sur **160 m** environ, puis un court linéaire ( $\approx 40$  m) à plus forte pente jusqu'à la confluence des bras. Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à  $\approx 374$  m<sup>3</sup>. Il est possible que ce phénomène d'exhaussement trouve son origine :

- En une perte de compétence morphogène du fait de la diminution des débits liquides (répartition sur deux bras) à débits solides peu modifiés (report préférentiel de la charge solide en transit vers le bras Sud en lien avec la présence d'un ouvrage transversal en amont du bras secondaire Nord) ;
- En d'anciens travaux hydrauliques ayant eu pour objet de dériver une partie du cours d'eau en direction du coteau Sud pour former une chute d'eau exploitable. Le bras Sud pourrait alors constituer un bras d'origine artificielle tandis que le bras Nord s'apparenterait à l'ancien tracé naturel du cours d'eau en fond de vallée. L'absence de moulin visible à ce niveau à l'heure actuelle ou sur les plans anciens ne permet pas toutefois de valider cette hypothèse.

L'écoulement est à dominante lenticule en amont de l'île et sur le bras principal jusqu'au radier situé à **P31** du fait de la présence conjointe de ce haut fond et de l'ouvrage transversal en amont du bras Nord, significativement relevés par rapport au profil hydromorphologique théorique.

Sur la majeure partie du bras secondaire Nord et la partie aval du bras principal Sud (en aval de **P31**), les écoulements sont peu profonds et relativement courants et s'apparentent à des faciès de type radiers/plats courants.

Le tracé du cours d'eau est relativement sinueux (notamment sur le bras principal contournant l'île par le Sud) et s'oriente selon une direction Est / Ouest.

Le fond du lit présente une couche d'armure caillouteuse bien visible au niveau des sections d'écoulement les plus courantes, et pouvant être recouverte sur les marges du lit et sur les zones de plus faible courantologie par des dépôts sablo-limoneux voire vaseux de faible épaisseur.

Le profil en travers du lit est relativement régulier (profil de type trapézoïdal), et peut présenter en zone courbe une légère dissymétrie entre chaque rive (le côté le plus profond étant observé en intrados de méandre).

La largeur à plein bord du lit est de l'ordre de **10 m** en amont et en aval de l'île et diminue jusqu'à **7 m** sur le bras principal sud.

Les berges présentent un profil subvertical au contact de l'eau et présentent une hauteur faible à moyenne ( $\approx 1.2$  m en moyenne par rapport au fond du lit en amont de l'île et  $\approx 1$  m / fond sur le bras principal Sud). De ce fait, le rapport Largeur / Hauteur à plein bord s'établit entre **7 et 8.5** ce qui est cohérent avec des cours naturels de plaine à berges cohésives ( $\approx 6$  à **8** en région Centre).

Les matériaux de berge sont globalement de nature cohésive en partie supérieure (limons, argiles), et à plus forte proportion en cailloux grossiers et pierres fines en partie inférieure.

La ripisylve est continue et formée d'essences arbustives et arborées classiquement rencontrées en bordure de cours d'eau (aulne glutineux, frêne commun, saule, chêne pédonculé, érable sycomore, cornouiller, noisetier, sureau...). Elle se limite à un simple cordon rivulaire sauf au droit de l'île et au Sud de celle-ci où elle s'étend sous la forme d'un boisement alluvial.

L'occupation des sols en lit majeur est quant à elle dominée par des espaces agricoles et il est à noter l'absence d'habitations particulières en bordure du cours d'eau.

Le tissu racinaire de la ripisylve structure les berges, diversifie les habitats et crée en particulier des abris intéressants pour la faune piscicole.

D'une façon générale, la morphologie du lit paraît favorable à la vie piscicole, pour les espèces rhéophiles ainsi que pour les espèces d'eaux calmes classiquement rencontrées sur la partie aval du cours d'eau.

Il est à noter la présence d'un petit ouvrage rustique formé de l'agencement de gros blocs en limite amont du bras contournant l'île par le Nord. Ce dernier ne pose pas de problématique de franchissement piscicole particulière mais participe à relever la ligne d'eau en amont et à limiter les débits écoulés sur cet axe.

La cartographie d'ensemble, le tableau de synthèse et les photographies ci-après reportent et illustrent l'ensemble de ces observations.





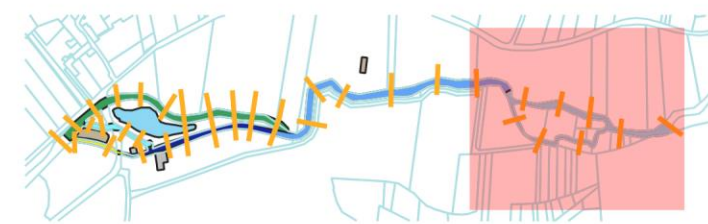
# Étude et suivi des travaux de restauration de la continuité écologique du Betz à Bransles – Moulin Brandard



**BASSIN DU LOING**  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC D'AMÉNAGEMENT  
ET DE GESTION DES EAUX



- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ★ Ouvrages                        | Observations surfaciques |
| — Profils en travers              | □ Segment 1              |
| Observations_Linéaires            | □ Segment 2              |
| - - - Radier / Plat courant       | □ Segment 3              |
| - - - Plat lent                   | □ Segment 4              |
| - - - Chenal lentique             | □ Segment 5              |
| — Protection de berge             | □ Segment 6              |
| — Endiguements / remblais         | □ Plan d'eau             |
| Observations ponctuelles          | □ Ancien plan d'eau      |
| ● Autre                           | □ Bâtiment               |
| ▲ Embacle                         | □ Ile                    |
| ★ Ouvrage                         |                          |
| ▲ Erosion                         |                          |
| ● Radier / Haut fond              |                          |
| ■ Annexe                          |                          |
| ● Espèces exotiques envahissantes |                          |
| ● Végétation aquatique            |                          |
| ● Mouille                         |                          |
| ● Atterrissement - Sable/Vase/MO  |                          |
| ● Risberme                        |                          |







50 0 50 100 m



<b>Segment 1</b>	<b>Le Betz non influencé en amont du moulin Brandard</b>				
<b>PK amont m</b>	0	<b>PK aval m</b>	300	<b>Longueur m</b>	300
<b>Z fond amont m NGF</b>	82.51	<b>Z fond aval m NGF</b>	82.47	<b>Pente %</b>	≈ nulle
<b>Largeur au miroir m</b>	≈ 9.1 m en amont de l'île ≈ 5.5 m sur le bras Sud	<b>Largeur à plein bord m</b>	≈ 10.4 m en amont de l'île ≈ 7.2 m sur le bras Sud	<b>Hauteur de berge / fond m</b>	≈ 1.2 m en amont de l'île ≈ 1 m sur le bras Sud
<b>Faciès d'écoulement</b>	Chenal lentique en amont de l'île Plat lent puis radiers/plats courant sur le bras Sud radiers/plats courant sur le bras Nord	<b>Granulométrie du fond</b>	Cailloux fins + dépôts limoneux voire vaseux sur les marges du lit et les secteurs lentiques	<b>Matériaux dominants en berge</b>	Matériaux cohésifs en partie supérieure et à plus forte proportion en pierres fines en partie basse
<b>Profil du lit</b>	Trapézoïdal, légèrement dissymétrique	<b>Style du tracé en plan</b>	Méandrique	<b>Sinuosité</b>	Modeste à marquée sur le bras Sud
<b>Profil en long</b>	<p>Profil en long du fond, de la ligne d'eau (08/09/2021), des berges et de la largeur à plein bord sur le Betz au droit du moulin Brandard à Bransles</p>				





<p><b>Faciès de type chenal lentique en amont de l'île – Tissu racinaire de la ripisylve bien développé sur les berges et formant de nombreux abris piscicoles – Ombrage important</b></p>	<p><b>Faciès de type chenal lentique à la défluence des bras – Formation de banquettes de sédiments meubles sur les marges du lit</b></p>
	
<p><b>Alternance de plats lents et courants sur le bras principal contournant l'île par le Sud</b></p>	<p><b>Alternance de radiers/plats courants sur le bras secondaire contournant l'île par le Nord – Fond du lit formé d'alluvions grossières (pierre/cailloux)</b></p>
	

*Tableau 7. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 1*



## 6.2.2 Segment 2 : Le Betz peu influencé en amont du moulin Brandard

**Le segment 2 correspond au cours du Betz peu influencé en amont du moulin Brandard** et s'étend sur une distance de **412 m** entre la confluence des deux bras entourant l'île au lieu-dit « Tous vents » et le déversoir de décharge amont du moulin (**OH1**) à **P12**.

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique depuis la confluence des bras et jusqu'à **P7**, soit sur une distance de **100 m** environ, les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci, puis présente une zone d'exhaussement continu et marqué du fond jusqu'en limite aval du segment soit sur une distance de **300 m** environ jusqu'au droit du déversoir de décharge amont (**OH1**) du moulin Brandard.

Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à  $\approx 1313 \text{ m}^3$ . Ce phénomène est probablement favorisé par le ralentissement généralisé des écoulements sous l'influence des ouvrages du moulin Brandard.

L'écoulement y est lent, homogène et peu profond jusqu'à **P9** (faciès de type plat lentique), puis le devient davantage à partir du méandre prononcé à **P10** (faciès de type chenal lentique).

La largeur à plein bord du lit est de l'ordre de **10 m** comme sur les portions d'écoulement plus naturelles à l'amont. La hauteur de berge y est un peu plus élevée ( $\approx 1.3 \text{ m}$ ) compte tenu de la présence de merlons en rive bien que le rapport Largeur / Hauteur à plein bord reste conforme à la gamme de valeurs classiquement observée sur les cours d'eau naturels en région Centre en s'établissant à **7.9**.

Comme sur le segment amont :

- Le tracé du cours d'eau est relativement sinueux (notamment sur le bras principal contournant l'île par le Sud) et s'oriente selon une direction Est / Ouest ;
- Le fond du lit présente une couche d'armure caillouteuse bien visible, et peut être recouverte sur les marges du lit et sur les zones de plus faible courantologie par des dépôts sablo-limoneux voire vaseux de faible épaisseur ;
- Le profil en travers du lit est relativement régulier (profil de type trapézoïdal), et peut présenter en zone courbe une légère dissymétrie entre chaque rive (le côté le plus profond étant observé en intrados de méandre) ;
- Les matériaux de berge sont globalement de nature cohésive en partie supérieure (limons, argiles), et à plus forte proportion en cailloux grossiers et pierres fines en partie inférieure ;
- La ripisylve est continue et formée d'essences arbustives et arborées classiquement rencontrées en bordure de cours d'eau (aulne glutineux, frêne commun, saule, chêne pédonculé, érable sycomore, cornouiller, noisetier, sureau...). Elle se limite à un simple cordon d'arbres en sommet de berge ;
- Le tissu racinaire de la ripisylve structure les berges, diversifie les habitats et crée en particulier des abris intéressants pour la faune piscicole.

Il est à noter toutefois:

- Le caractère exondé, à l'étiage, du tissu racinaire des arbres en berge. Cela témoigne de de l'abaissement de la ligne d'eau dans la configuration actuelle des ouvrages du moulin Brandard par rapport à l'ancienne cote de retenue ( $\approx +0.4 \text{ m}$  cote de retenue actuelle), laquelle a limité par le passé le développement des racines plus en profondeur ;
- La plus forte présence de terriers de ragondins en rive, en lien avec l'effet de retenue qui implique un ennoisement plus marqué des talus (les entrées de terriers de ragondins se faisant généralement sous l'eau) ;
- La présence d'un petit bâtiment construit au bord de l'eau au droit de la parcelle **n°46** ( $\approx$  Profil topographique **P8**) ;

- La présence de deux anciennes prises d'eau en rive droite (hors d'eau dans la configuration actuelle des ouvrages du moulin Brandard) alimentant un ancien réservoir au droit de la parcelle **n°48** (≈ Profil topographique **P9**) ;
- La présence d'un merlon étroit et continu sur une grande partie de la rive gauche mais également en rive droite au droit de la parcelle **n°48** (≈ Profil topographique **P10**).

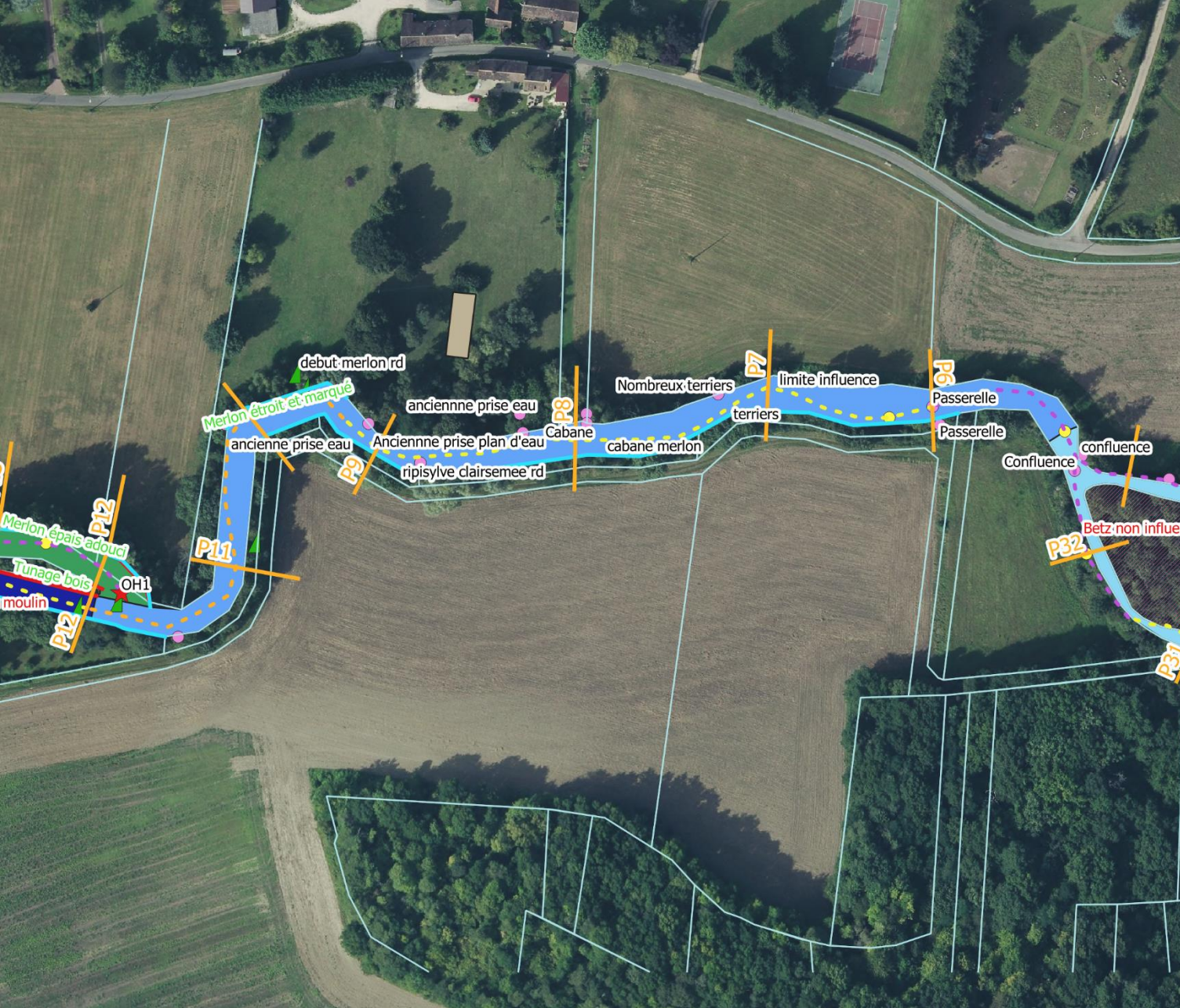
D'une façon générale, la morphologie du lit paraît favorable à la vie piscicole, pour les espèces rhéophiles ainsi que pour les espèces d'eaux calmes classiquement rencontrées sur la partie aval du cours d'eau.

La cartographie d'ensemble, le tableau de synthèse et les photographies ci-après reportent et illustrent l'ensemble de ces observations.

# Étude et suivi des travaux de restauration de la continuité écologique du Betz à Bransles – Moulin Brandard

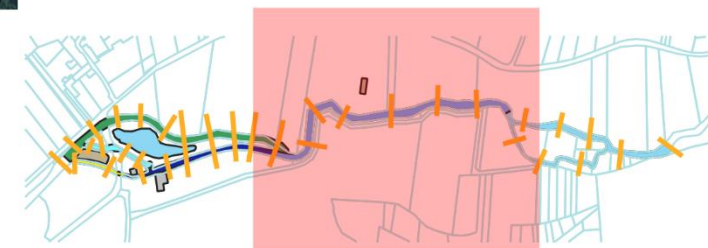


**BASSIN DU LOING**  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC D'AMÉNAGEMENT  
ET DE GESTION DES EAUX



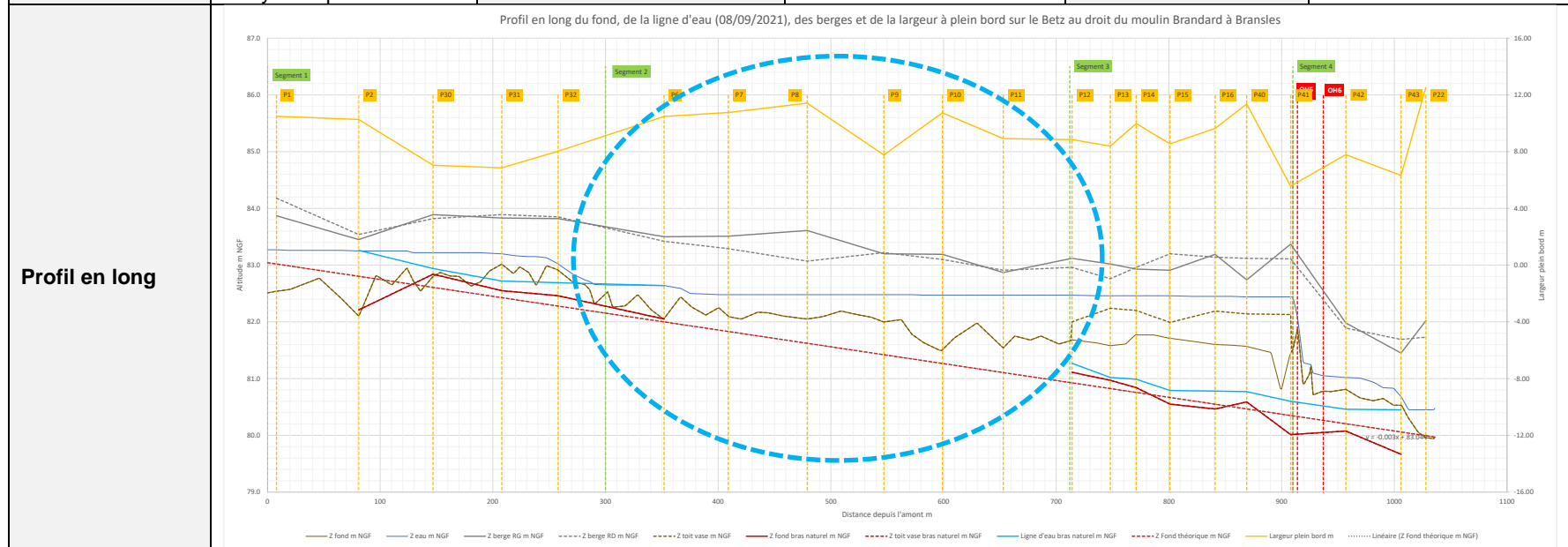
- ★ Ouvrages
- Profils en travers
- Observations\_Linéaires**
- - - Radier / Plat courant
- - - Plat lent
- - - Chenal lentique
- Protection de berge
- Endiguements / remblais
- Observations ponctuelles**
- Autre
- ▲ Embacle
- ★ Ouvrage
- ▲ Erosion
- Radier / Haut fond
- Annexe
- Espèces exotiques envahissantes
- Végétation aquatique
- Mouille
- Atterrissement - Sable/Vase/MO
- Risberme
- Observations surfaciques**
- Segment 1
- Segment 2
- Segment 3
- Segment 4
- Segment 5
- Segment 6
- Plan d'eau
- Ancien plan d'eau
- Bâtiment
- Ile

50 0 50 100 m

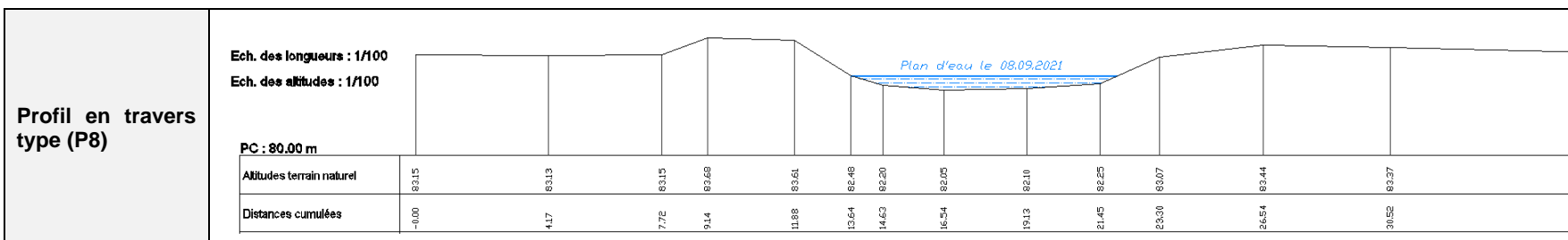




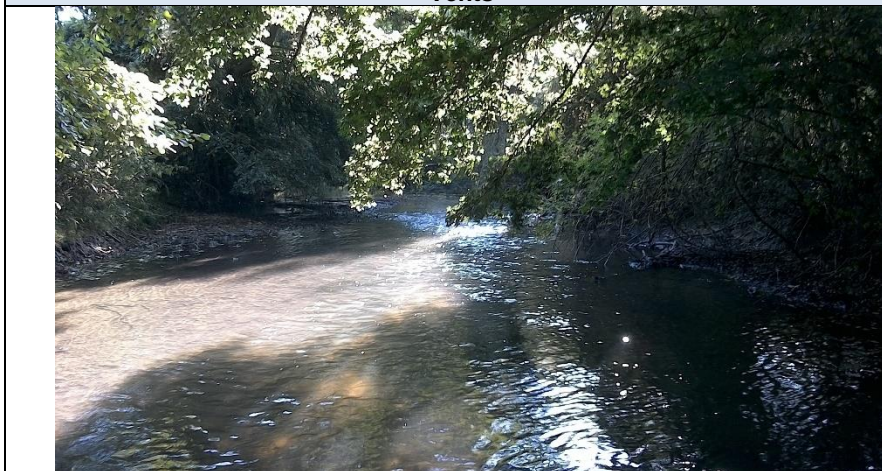
<b>Segment 2</b>	<b>Le Betz peu influencé en amont du moulin Brandard</b>				
<b>PK amont m</b>	300	<b>PK aval m</b>	712	<b>Longueur m</b>	412
<b>Z fond amont m NGF</b>	82.51	<b>Z fond aval m NGF</b>	81.67	<b>Pente %</b>	≈ 0.2%
<b>Largeur au miroir m</b>	≈ 7.4	<b>Largeur à plein bord m</b>	≈ 9.9	<b>Hauteur de berge / fond m</b>	≈ 1.3 m
<b>Faciès d'écoulement</b>	Plat lent jusqu'à P9 puis chenal lentique jusqu'à P12	<b>Granulométrie du fond</b>	Cailloux fins + dépôts limoneux voire vaseux sur les marges du lit et les secteurs lentiques	<b>Matériaux dominants en berge</b>	Matériaux cohésifs en partie supérieure et à plus forte proportion en pierres fines en partie basse
<b>Profil du lit</b>	Trapézoïdal, légèrement dissymétrique	<b>Style du tracé en plan</b>	Méandrique	<b>Sinuosité</b>	Moderée










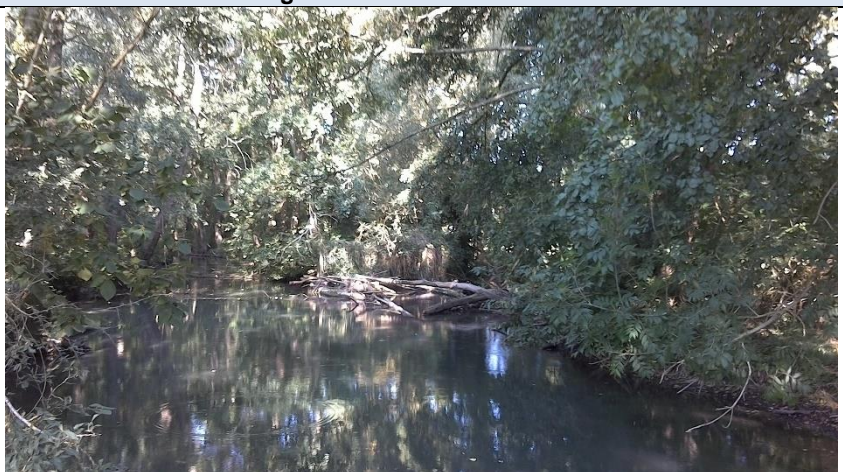
**Vue du radier marquant la limite d'influence amont des ouvrages du moulin Brandard (aval de la confluence des bras contournant l'île au lieu-dit « Tous Vents »**



**Petit bâtiment en bordure rive droite du Betz au droit de la parcelle cadastrale n°46 (≈ Profil topographique P8)**





<p><b>Vue amont → aval depuis la rive droite au droit de la parcelle cadastrale n°46 (≈ Profil topographique P8)</b></p>	<p><b>Vue amont → aval depuis la rive droite au droit de la parcelle cadastrale n°46 (≈ Profil topographique P8)</b></p>
	
<p><b>Vue d'un arbre tombé en travers du lit (≈ Profil topographique P11)</b></p>	<p><b>Vue amont → aval de l'extrémité aval du segment 2 à l'approche du déversoir de décharge amont OH1 du moulin Brandard</b></p>
	

*Tableau 8. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 2*

### 6.2.3 Segment 3 : Le Betz fortement influencé en amont du moulin Brandard

**Le segment 3 correspond au bief du moulin Brandard**, et s'étend sur une distance de **200 m** entre le déversoir de décharge amont du moulin (**OH1**) à **P12** et le vannage usinier du moulin de Brandard (**OH5**).

Le profil de fond « dur » est relativement plat et significativement relevé par rapport au profil hydromorphologique théorique (relèvement continuellement croissant de l'amont vers l'aval, de **0.95 m** en moyenne et jusqu'à **1.17 m** localement) et témoigne du caractère artificiel du bras, lequel a été très anciennement creusé en déport du tracé naturel en fond de vallée et vers le coteau Sud à l'édification du moulin pour créer une chute d'eau exploitable à ce niveau.

Les très faibles vitesses d'écoulement qui y règnent, en lien avec le relèvement artificiel de la ligne d'eau et l'abaissement drastique de sa pente, ont conduit à un envasement généralisé et important du fond.

Ainsi, le volume de sédiments meubles (limons, vase, matière organique) accumulés sur cet axe est estimé à  $\approx 800 \text{ m}^3$  et s'établit sur une épaisseur moyenne de l'ordre de **0.5 m**.

La hauteur d'eau est particulièrement faible dans la configuration actuelle des ouvrages (vanne usinière ouverte) bien qu'elle ait pu être supérieure autrefois ( $\approx +0.4 \text{ m}$ ) lorsque la ligne d'eau était gérée à la cote légale de retenue.

La largeur à plein bord du lit est de **9 m** environ, soit un peu moins que sur les portions d'écoulement plus naturelles à l'amont ( $\approx 10 \text{ m}$ ). La hauteur de berge y est un peu plus élevée ( $\approx 1.4 \text{ m}$ ) compte tenu de la présence de merlons en rive bien que le rapport Largeur / Hauteur à plein bord reste conforme à la gamme de valeurs classiquement observée sur les cours d'eau naturels en région Centre en s'établissant à **6.3**.

Contrairement aux segments amont :

- Le tracé du cours d'eau est rectiligne ;
- Le fond du lit est fortement envasé sur toute sa longueur ;
- La berge en rive droite est soutenue sur la quasi-totalité de sa longueur par une protection rustique et vétuste de type tunage bois ;
- Les berges sont protégées sur la partie aval du bief (à partir du bâtiment rive gauche et du vannage de décharge rive droite et jusqu'à l'ancien moulin) par des murets de soutènement maçonnés.

La ripisylve reste malgré tout continue et bien développée sur les deux rives, quoiqu'un peu plus clairsemée qu'à l'amont, sauf à l'extrémité aval du bief où elle laisse la place aux bâtiments et autres aménagements (terrasse bétonnée en rive gauche) associés à l'ancien moulin. Ce dernier semble avoir été réaménagé en garage.

Il est à noter la forte accumulation de vase et de bois mort sur la grille anti-flottant située en amont du ponceau **OH4** qui surplombe l'extrémité aval du bief, à l'origine d'une perte de charge et donc d'un dénivelé d'eau significatif à son passage, limitant à l'amont l'effet d'abaissement produit par le relèvement total de l'ancienne vanne usinière **OH5**.

D'une façon générale, la morphologie du lit paraît défavorable à la vie piscicole caractéristique du contexte.

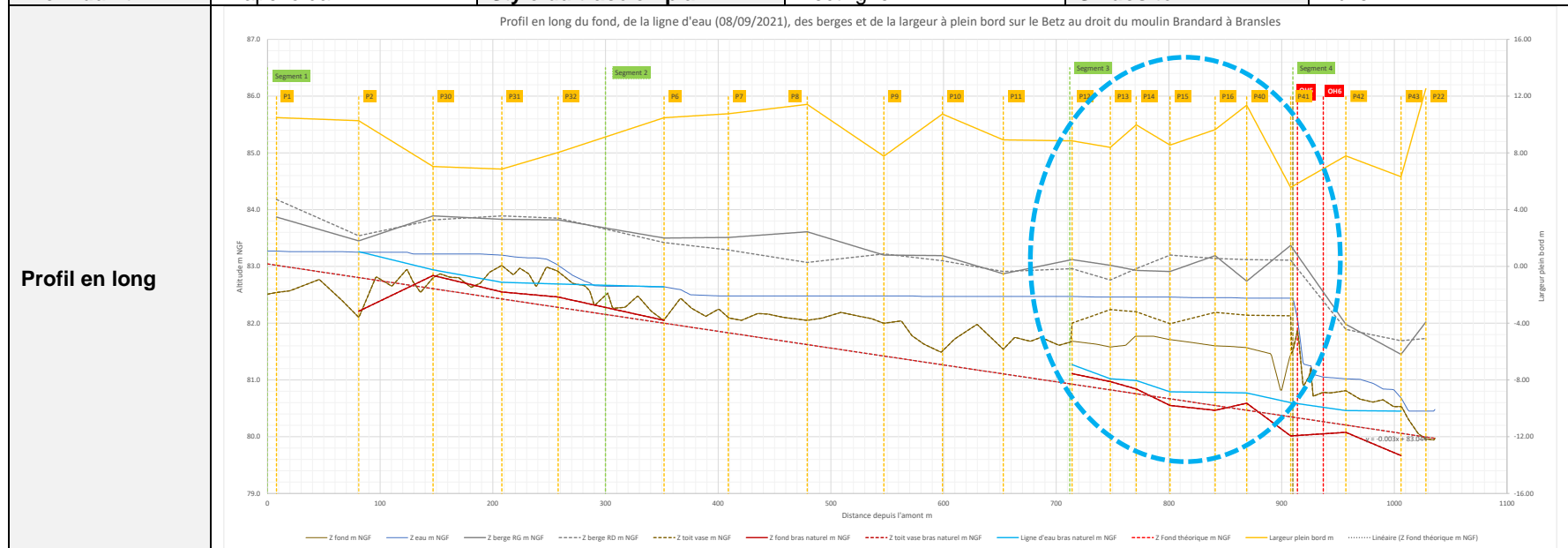
La cartographie d'ensemble, le tableau de synthèse et les photographies ci-après reportent et illustrent l'ensemble de ces observations.



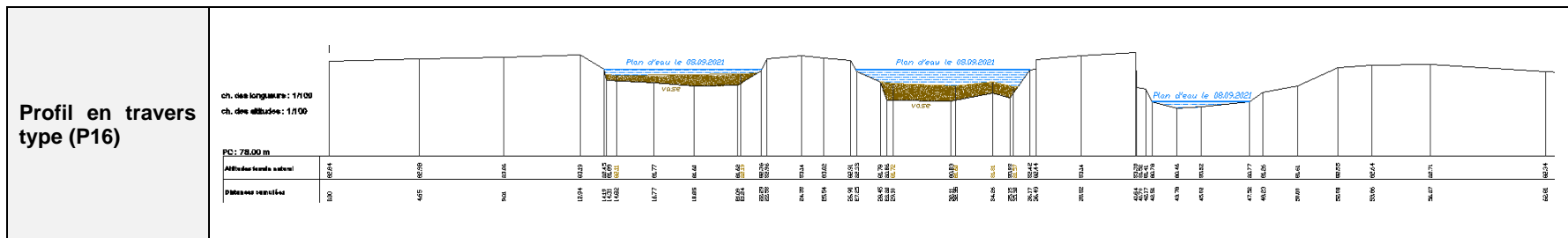




<b>Segment 3</b>	<b>Le Betz fortement influencé en amont du moulin Brandard</b>				
<b>PK amont m</b>	712	<b>PK aval m</b>	912	<b>Longueur m</b>	200
<b>Z fond amont m NGF</b>	81.67	<b>Z fond aval m NGF</b>	81.91 (radier OH5)	<b>Pente %</b>	≈ nulle
<b>Largeur au miroir m</b>	≈ 7.8	<b>Largeur à plein bord m</b>	≈ 9.1	<b>Hauteur de berge / fond m</b>	≈ 1.4 m
<b>Faciès d'écoulement</b>	Plat lent	<b>Granulométrie du fond</b>	Vase + matière organique	<b>Matériaux dominants en berge</b>	Matériaux cohésifs en partie supérieure et à plus forte proportion en pierres fines en partie basse
<b>Profil du lit</b>	Trapézoïdal	<b>Style du tracé en plan</b>	Rectiligne	<b>Sinuosité</b>	Nulle







**Vue depuis la rive gauche d'un amoncellement de bois mort sur fond envasé en limite amont du bief du moulin Brandard**



**Vue amont → aval depuis la rive gauche du bief du moulin Brandard – Ecoulement lent et peu profond sur fond envasé, ripisylve continue sur les deux rives et protection de berge rustique et vétuste de type tunage bois en rive droite**









<p>Vue aval → amont du bief du moulin Brandard depuis la rive gauche (≈ Profil topographique P13-P14) – Formation d'une banquette de sédiments meubles en rive gauche en lien avec la faible dynamique d'écoulement et la surlargeur</p>	<p>Vue amont → aval du bief du moulin Brandard depuis la rive gauche (≈ Profil topographique P15) – Vue de la prise d'eau amont de l'étang situé en rive droite du bief</p>
	
<p>Vue du bâtiment d'habitation en rive gauche du bief à l'approche de l'ancien moulin Brandard</p>	<p>Vue de l'ancien moulin Brandard à l'extrémité aval du bief</p>
	

Tableau 9. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 3



#### 6.2.4 Segment 5 : Le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée

Le **segment 5** correspond au bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée. Ce dernier s'étend sur une distance de **316 m** entre le déversoir de décharge amont du moulin (**OH1**) et la confluence avec le bras de décharge du moulin Brandard à **P21**.

Le profil en long du lit concorde relativement bien avec le profil de fond hydromorphologique théorique, les radiers et mouilles en présence oscillant quelque peu autour de celui-ci.

Il se situe à une altimétrie significativement plus basse que le bief du moulin (**-0.95 m** en moyenne) et le canal de fuite (**-0.53 m** en moyenne) mettant en évidence le caractère « perché » de ces derniers.

A l'étiage, et dans la configuration actuelle des ouvrages (vanne usinière du moulin ouverte), les écoulements sont interrompus au droit du déversoir de décharge amont (**OH1**) si bien que le bras naturel court-circuité se trouve à sec en de nombreux endroits (écoulement intermittent). Les mouilles forment toutefois des vasques d'eau formant un abris précaire pour une partie des espèces aquatiques (observations lors des reconnaissances de terrain de fin d'été de chabots et de macroinvertébrés sous les pierres dans les poches d'eau résiduelles).

En moyennes et hautes eaux annuelles, les écoulements sont globalement courants et peu profonds et s'apparentent à des alternances de faciès de type radiers/plats courants.

La largeur à plein bord du lit est particulièrement importante, de l'ordre de **11 m**, au regard de celle observée sur les portions d'écoulement les plus naturelles en amont ( $\approx 10$  m) et de l'hydrologie réduite sur ce bras du fait du partage des eaux opéré avec le bief du moulin Brandard. La largeur en pied de berge ( $\approx 6$  m) reste comparable à celle observée sur les sections d'écoulement amont les plus naturelles. La hauteur de berge est également importante ( $\approx 1.9$  m / fond) et significativement supérieure à celle observée sur les autres segments ( $\approx 1-1.4$  m) en lien notamment avec la réalisation de travaux hydrauliques passés (rectification/recalibrage) et la formation d'un merlon épais en rive droite. De ce fait, le rapport Largeur / Hauteur à plein bord s'établit à **5.8**, ce qui est plutôt bas (profil encaissé) et révélateur des travaux hydrauliques passés.

Comme sur le **segment 1** amont :

- Le fond du lit présente une couche d'armure caillouteuse bien visible au niveau des sections d'écoulement les plus courantes;
- Le profil en travers du lit est relativement régulier (profil de type trapézoïdal), et peut présenter en zone courbe une légère dissymétrie entre chaque rive (le coté le plus profond étant observé en intrados de méandre) ;
- Les matériaux de berge sont globalement de nature cohésive en partie supérieure (limons, argiles), et à plus forte proportion en cailloux grossiers et pierres fines en partie inférieure.
- La ripisylve est continue en rive droite et formée d'essences arbustives et arborées classiquement rencontrées en bordure de cours d'eau (aulne glutineux, frêne commun, saule, chêne pédonculé, érable sycomore, cornouiller, noisetier, sureau...). Elle se caractérise toutefois par la prédominance d'espèces non indigènes et non adaptées aux bordures de rivière en rive gauche (résineux de forte hauteur en bordure du plan d'eau) ;
- La morphologie du lit paraît favorable à la vie piscicole caractéristique du contexte en l'absence de rupture d'écoulement ;

Il est à noter sur ce segment la présence:

- D'un épais merlon au profil adouci en rive droite (merlon de curage), dont l'origine remonte probablement à d'anciens travaux hydrauliques
- D'un mur de soutènement en béton entre **P15 et P17** (sur  $\approx 25$  ml), soit au niveau de la mince bande de terrain qui sépare le cours d'eau de la pointe amont de

l'étang, présentant des signes de fragilité et dont les fondations semblent être en surplomb du lit actuel;

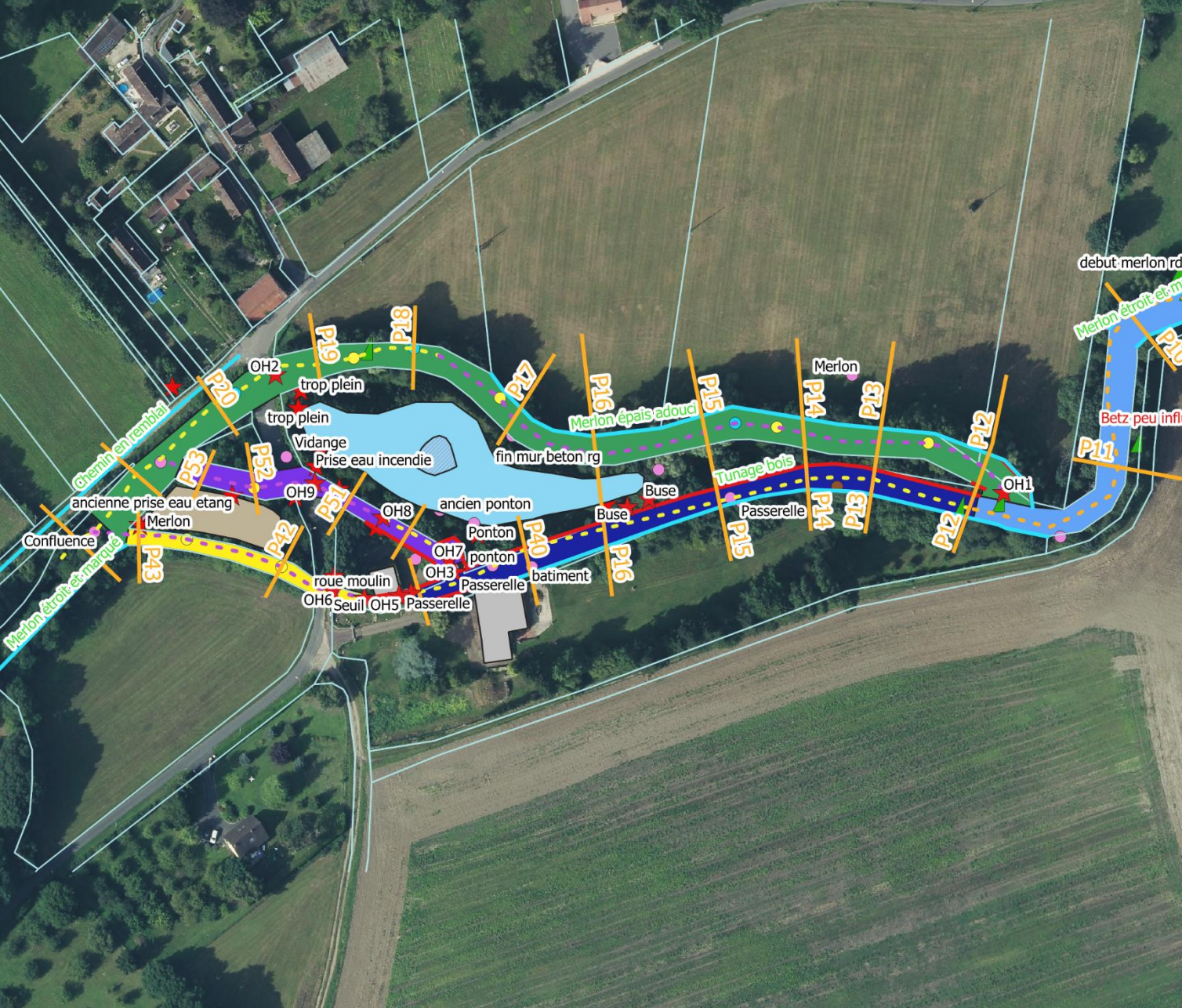
- D'une clôture grillagée sur l'ensemble de la rive gauche.

La cartographie d'ensemble, le tableau de synthèse et les photographies ci-après reportent et illustrent l'ensemble de ces observations.

Étude et suivi des travaux de restauration de la continuité écologique du Betz à Bransles – Moulin Brandard

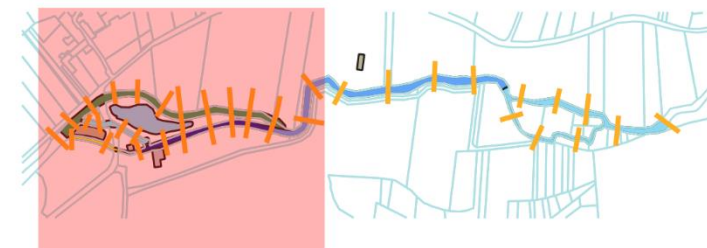


BASSIN DU LOING  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC D'AMÉNAGEMENT  
ET DE GESTION DES EAUX



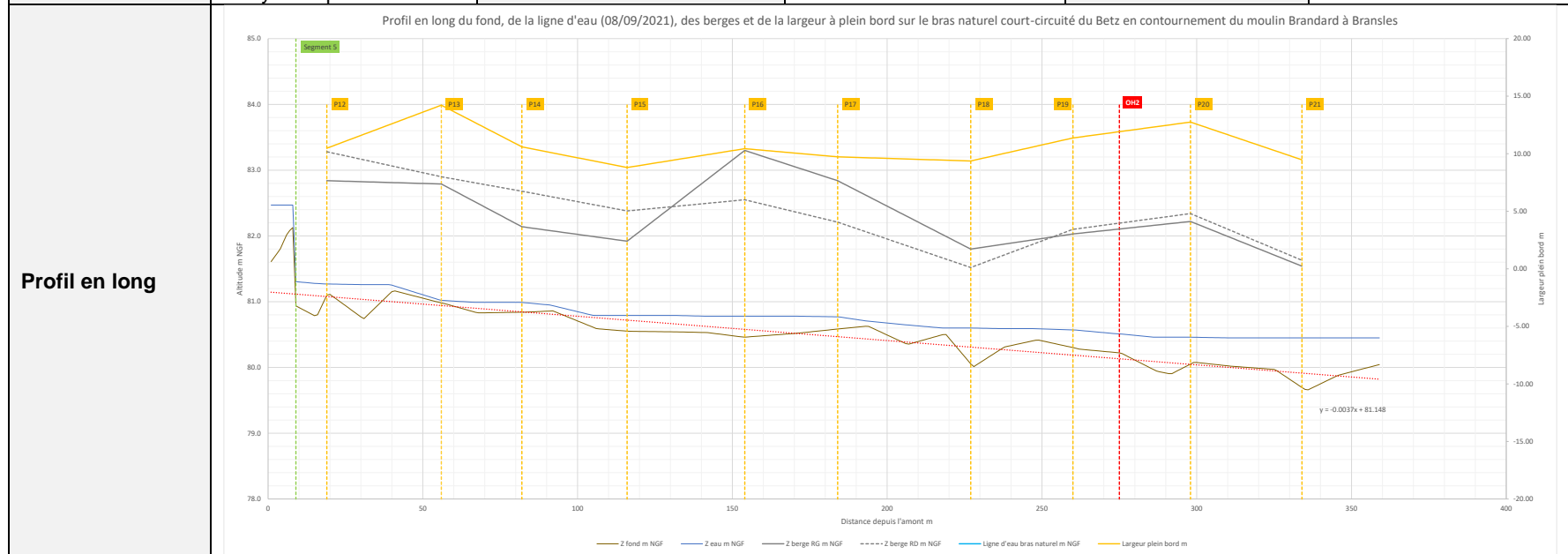
- ★ Ouvrages
- Profils en travers
- Observations\_Linéaires**
- - - Radier / Plat courant
- - - Plat lent
- - - Chenal lentique
- Protection de berge
- Endiguements / remblais
- Observations ponctuelles**
- Autre
- ▲ Embacle
- ★ Ouvrage
- ▲ Erosion
- Radier / Haut fond
- Annexe
- Espèces exotiques envahissantes
- Végétation aquatique
- Mouille
- Atterrissement - Sable/Vase/MO
- Risberme
- Observations surfaciques**
- Segment 1
- Segment 2
- Segment 3
- Segment 4
- Segment 5
- Segment 6
- Plan d'eau
- Ancien plan d'eau
- Bâtiment
- Ile

50 0 50 100 m

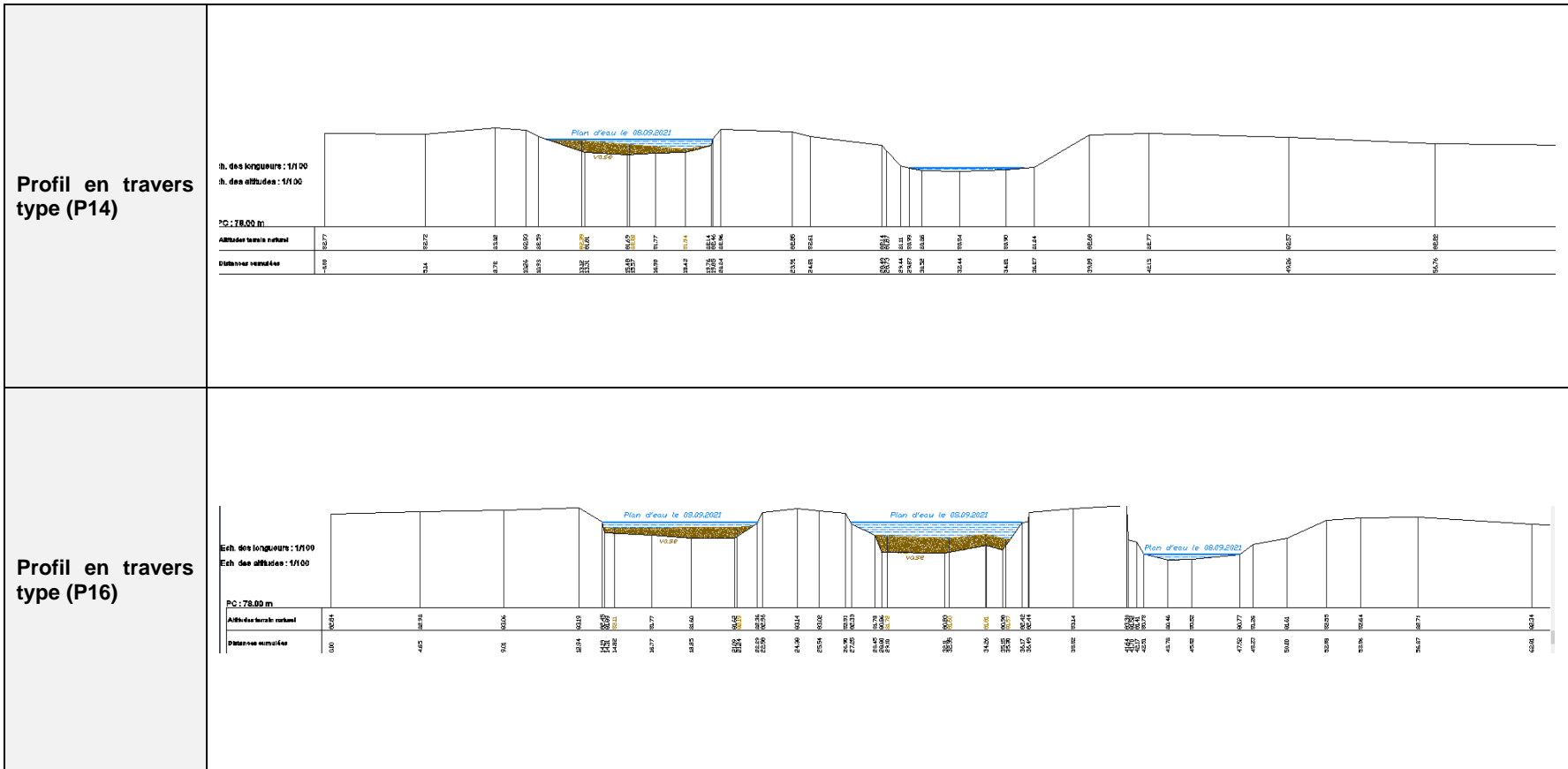




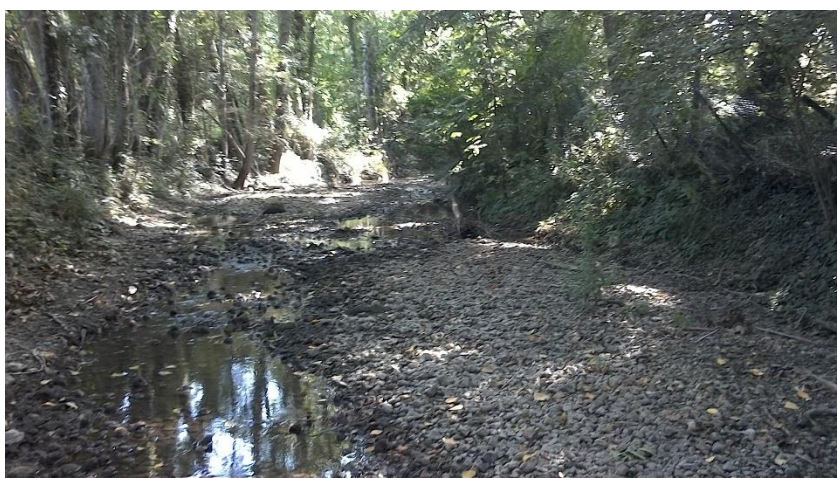



<b>Segment 5</b>	<b>Le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée</b>				
<b>PK amont m</b>	9	<b>PK aval m</b>	359	<b>Longueur m</b>	350
<b>Z fond amont m NGF</b>	≈ 81.11	<b>Z fond aval m NGF</b>	≈ 80.04	<b>Pente %</b>	0.37%
<b>Largeur au miroir m</b>	≈ 5.7 m	<b>Largeur à plein bord m</b>	≈ 10.8 m	<b>Hauteur de berge / fond m</b>	≈ 1.9 m
<b>Faciès d'écoulement</b>	Écoulements intermittents Alternance radiers / radiers/plats en présence d'eau	<b>Granulométrie du fond</b>	Cailloux fins dominants	<b>Matériaux dominants en berge</b>	Matériaux cohésifs en partie supérieure et à plus forte proportion en pierres fines en partie basse
<b>Profil du lit</b>	Trapézoïdal, légèrement dissymétrique	<b>Style du tracé en plan</b>	Méandriforme	<b>Sinuosité</b>	Modeste







<p><b>Vue amont → aval du bras naturel court-circuité du Betz à l'approche de la rue du moulin Brandard – Présence d'embacles de bois mort dans le lit</b></p>	<p><b>Vue depuis la rive droite du bras naturel court-circuité du Betz du mur de soutènement en béton en rive gauche entre P15 et P17 (pointe amont étang)</b></p>
	
<p><b>Vue des matériaux granulaires constituant le fond du lit de morphologie diversifiée, à l'étiage et en quasi absence d'écoulement sur le bras</b></p>	<p><b>Alternance de radiers/plats courants en période d'hydrologie favorable</b></p>
	

*Tableau 10. Synthèse des principales caractéristiques hydromorphologiques sur le segment 4*

## 6.2.5 Plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard

Un étang en rive droite du Betz a été aménagé à la fin des années **60** ou tout début des années **70** (entre **1965** et **1972** d'après les photographies aériennes anciennes), par décaissement du lit majeur sur la parcelle cadastrale **n°12** et création :

- D'ouvrages de prises d'eau sur le bief (2 buses avec grilles piscicoles de diamètre **200 mm** et **400 mm**), situés en pointe Est du plan d'eau;
- D'un organe de vidange en direction du bras de décharge du moulin (buse de diamètre **800 mm** traversant le mur obstruant l'arche rive droite du pont **OH9** de la rue du moulin Brandard et précédée d'un batardeau), situé en pointe Sud-Ouest du plan d'eau;
- D'un point d'aspiration incendie (PEI accessible depuis le pont **OH9** de la rue du moulin Brandard, canalisation reliée à une buse de diamètre **500 mm** en prise sur l'étang), situé également en pointe Sud-Ouest du plan d'eau ;
- D'un ouvrage de décharge en direction du bras naturel court-circuité (exutoire du déversoir de décharge en amont rive droite du pont **OH10** de la rue du moulin Brandard), situé en pointe Nord-Ouest du plan d'eau ;
- D'un ouvrage de décharge en direction du bras de décharge du moulin), situé en pointe Ouest du plan d'eau ;

L'étang a une forme globalement ovale et allongée selon une direction Est-Ouest. Il s'étend sur une surface en eau de **2 234 m<sup>2</sup>** ( $\approx$  **0.22 ha**) et présente en son centre une île circulaire de **142 m<sup>2</sup>**.

La cote de fond « dur » moyenne ( $\approx$  **80.84 m NGF**) est bien inférieure à celle observée sur le bief du moulin ( $\approx$  **81.7 m NGF**) et légèrement supérieure à celle observée sur le bras naturel court-circuité ( $\approx$  **80.5 à 80.3 m NGF** d'amont en aval parallèlement au plan d'eau).

Il est à noter un envasement généralisé et significatif du plan d'eau, le toit de vase se situant à une cote de **81.31 m NGF** (soit une épaisseur moyenne de vase de l'ordre de **0.45 m**).

Dans la configuration actuelle des ouvrages du moulin, la profondeur en eau moyenne est significative, de l'ordre de **1.25 m** et sans variations marquées sur l'étendue du plan d'eau. Une zone un peu plus profonde est décelée toutefois dans la pointe Ouest du plan d'eau, en amont proche des ouvrages de vidange et de décharge.

Le volume de retenue est modeste, de l'ordre de **2 800 m<sup>3</sup>** (**3 842 m<sup>3</sup>** en l'absence de vase). Le renouvellement moyen des eaux peut atteindre plusieurs jours toutefois en période estivale lorsque les apports sont les plus faibles (quelques litres/seconde seulement) favorisant alors le réchauffement et l'anoxie de l'eau.

Les berges sont protégées sur tout le pourtour de l'étang par des plaques de béton jointives dont certaines tendent à s'affaisser sous le poids des terres retenues à leur amont.

Le terrain naturel compris entre l'étang et le bras naturel court-circuité fait office de digue de séparation entre ces masses d'eau. Ce dernier apparaît fortement boisé par des résineux de grande taille.

En dehors des rives, la forte pénétration de lumière, combinée à l'eutrophisation des eaux, contribuent à favoriser le développement de la végétation et algues aquatiques.



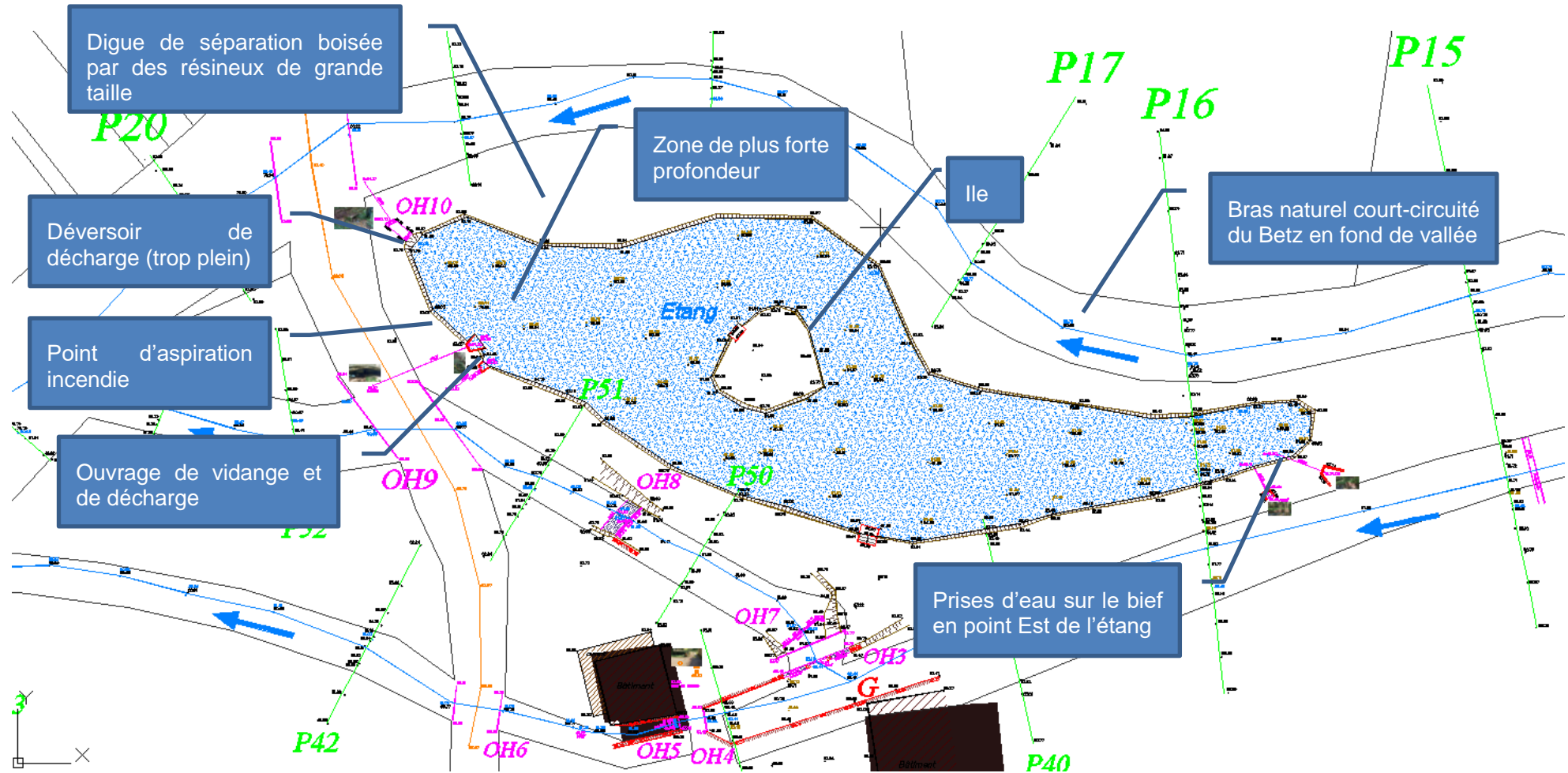


Figure 40. Vue en plan au droit du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard



Rive gauche

Rive droite



X : 685837.97  
Y : 6782297.69



Ech. des longueurs : 1/50  
Ech. des altitudes : 1/50

PC : 81.00 m

		83.05			
		82.97			
		seuil			
Altitudes Ouvrage	82.73	83.05	82.56	83.05	82.87
Distances cumulées	-0.00	0.91	0.95	2.04	3.02
Divers le 20.08.2021	longueur de l'ouvrage : 3.2m seuil aval : 82.32m				







Vue amont



Vue aval

Figure 41. Vue en coupe du déversoir de décharge du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard



<p><b>Vue de l'étang depuis son extrémité Est</b></p>	<p><b>Vue des alignements d'arbres résineux de grandes tailles en bordure Nord du plan d'eau</b></p>
	
<p><b>Vue de la partie Est de l'étang</b></p>	<p><b>Vue de l'île au centre du plan d'eau</b></p>
	

*Tableau 11. Photographies du plan d'eau en rive droite du bief du moulin Brandard*



## 6.2.6 Critères de forme à considérer pour les sections naturelles du Betz sur la zone d'étude

L'analyse des données topographiques couplée aux reconnaissances de terrain à permis de mettre en évidence les critères de forme à considérer pour les sections du Betz considérées comme les plus naturelles à l'échelle de la zone d'étude.

La section **P6** située à l'aval de la confluence des bras et en amont du linéaire influencé par le moulin Brandard reflète de ce point vue les caractéristiques morphologiques suivantes :

- Largeur du lit à plein bord  $\approx 10.5$  m ;
- Largeur mouillée à l'étiage  $\approx 8$  m ;
- Hauteur de berge  $\approx 1.4$  m ;
- Rapport largeur/Hauteur  $\approx 7.5$ .

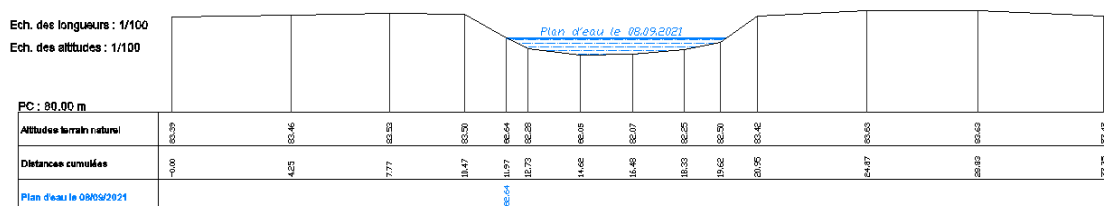


Figure 42. Profil en travers du cours d'eau à P6



Figure 43. Vue de la physionomie générale du cours d'eau à P6

En comparaison, le cours d'eau présente un profil largement rectifié et recalibré en limite aval de la zone d'étude (**P22**) comme en témoigne notamment la présence d'un merlon de curage conséquent en rive gauche du cours d'eau.

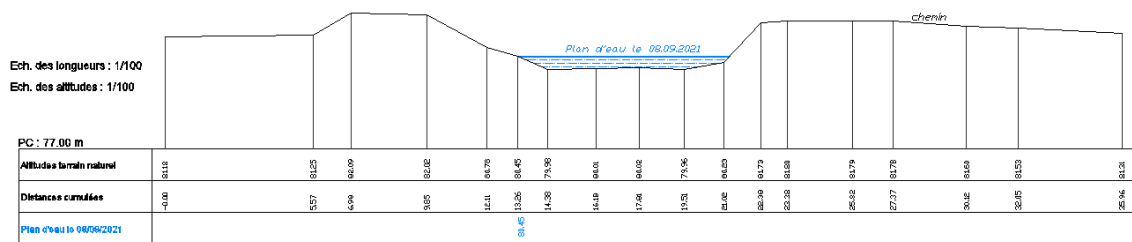


Figure 44. Profil en travers du cours d'eau à P6

A ce niveau, la section présente en effet les caractéristiques morphologiques suivantes :

- Largeur du lit à plein bord  $\approx 12.5$  m (+20% / P6) ;
- Largeur mouillée à l'étiage  $\approx 8$  m ( $\approx$  P6) ;
- Hauteur de berge  $\approx 2.06$  m (+32% / P6) ;
- Rapport largeur/hauteur  $\approx 6$  (-20% / P6).

## 6.3 DESCRIPTION DES OUVRAGES

### 6.3.1 Ouvrages hydrauliques structurants du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard

#### a) Déversoir de décharge amont du moulin Brandard (OH1)

La régulation des flux parvenant au moulin Brandard est permise, en association avec les ouvrages usiniers et de décharge au plus proche du moulin (OH3 et OH5), par un déversoir de décharge latéral situé en rive droite du cours d'eau à environ **200 m** en amont du moulin Brandard. Il marque l'endroit en aval duquel le cours d'eau mis en bief apparaît distinctement perché.

Il s'apparente à ce jour sur sa face aval à un rideau de palplanches métalliques vertical fiché sur le fond et les rives et soutenant un ancien massif maçonné à son amont immédiat lequel constitue un reliquat d'un ancien déversoir maçonné dont la cote de surverse se situait autrefois, à en croire le plan topographique de **1982**, à **0.06 m** seulement sous la crête de déversoir du vannage au plus proche du moulin soit à la cote **82.78 m NGF** ou encore à **+ 0.22 m** par rapport à la cote d'arase supérieure actuelle du rideau de palplanches.

Ce même plan faisait mention d'une vanne de décharge dans le seuil dont le radier était situé à **0.39 m** sous la crête de déversoir du vannage au plus proche du moulin.

A noter que cette partie d'ouvrage ancienne n'a pu être clairement mise en évidence, à l'exception d'une partie de muret qui émerge en rive gauche, compte tenu de son enfouissement sous une forte épaisseur de vase et de bois morts.

L'ouvrage actuel ne comporte plus de vanne mais il est à noter l'existence d'une plaque métallique insérée dans une échancrure centrale de faible hauteur.

Le seuil se poursuit par une fosse de dissipation de faible profondeur, se refermant à quelques mètres à l'aval pour former le bras naturel court circuité du Betz.

Les points d'ancrage de l'ouvrage en rive ainsi que la berge faisant face à l'ouvrage en rive droite et le fond du lit en pied de chute sont confortés et protégés des phénomènes d'érosion par des recharges d'enrochements de gros calibre.



D'une façon générale, l'ouvrage ne semble pas présenter de désordres structurels apparents.

Il est sensible à l'encombrement par les corps flottants et ne semble pas faire l'objet d'une gestion et d'un entretien régulier. L'existence d'une clôture en rive gauche du déversoir et en limite de propriété du moulin Brandard limite les possibilités d'accès direct par le propriétaire ce qui peut expliquer en partie cette absence d'entretien.

A noter enfin que les reconnaissances de terrain n'ont pu mettre en évidence :

- L'existence d'une réhausse ou d'une buse franchissant l'ouvrage tels qu'évoqués dans les courriers d'archives de **1993 à 1995** de l'administration en charge de la Police des Eaux. Il est fait l'hypothèse que ces dispositions n'ont finalement pas été appliquées au site ;
- L'existence de réels phénomènes de sous-cavement en pied de chute.

Il est rappelé enfin que l'ouvrage n'est pas cité comme faisant partie du complexe hydraulique dans le règlement d'eau de **1876**. L'existence du bras de décharge à l'établissement du document laisse à penser toutefois qu'un ouvrage existait déjà probablement à cette époque.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont données dans le tableau ci-après.

Longueur déversante du seuil (m)	13.36
Cote du fond du lit en amont de la crête de seuil (m NGF IGN 69)	≈ 81.61 (-0.3 m / radier du vannage usinier et des vannes de décharge du moulin)
Cote de la crête (m NGF IGN 69)	82.56 (+0.65 m / radier du vannage usinier et des vannes de décharge du moulin)
Cote du fond du lit en aval de la crête de seuil (m NGF IGN 69)	Variable ≈ 80.94 – 81.16
Niveau d'eau amont le 08/09/2021 (basses eaux)	82.47
Niveau d'eau aval le 08/09/2021 (basses eaux)	81.31
Chute totale le 08/09/2021 (basses eaux)	1.16

Tableau 12. Principales caractéristiques dimensionnelles du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard



Figure 45. Vue depuis l'aval du déversoir de décharge amont OH1 du moulin Brandard





*Figure 46. Vue depuis l'amont du déversoir de décharge amont OH1 du moulin Brandard*



*Figure 47. Vue depuis l'aval de la plaque métallique insérée dans une échancrure centrale du déversoir*

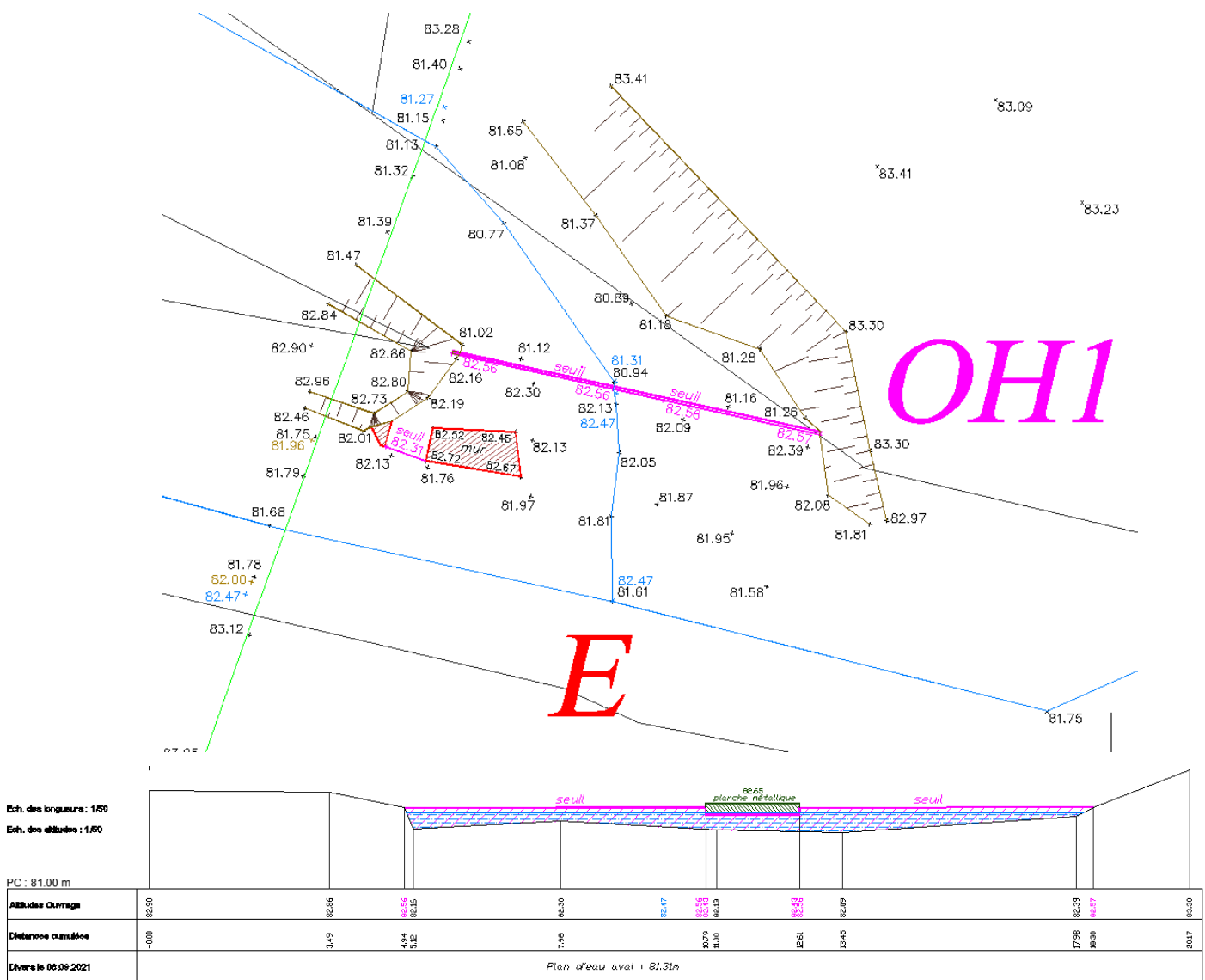


Figure 48. Extraits de la vue en plan et en coupe du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard

### b) Ouvrage de décharge du moulin Brandard (OH3)

L'ouvrage de décharge du moulin Brandard (OH3) se situe en rive droite du bief à 15 m en amont du vannage usinier (OH5). Il se compose de deux parties de déversoirs maçonnés en bon état de conservation apparent encadrant un vannage formé de deux vannes levantes en bois à crémaillères métalliques en mauvais état de conservation et à priori non manœuvrables en l'état.

Celles-ci sont maintenues entrouvertes et n'ont jamais été manœuvrées par le propriétaire actuel soit depuis de nombreuses années.

L'ouverture formée sous les vannes est toutefois très fortement obstruée en amont par des dépôts de vase et de bois morts, ce qui limite les flux d'eau restitués au bras de décharge.

L'ouvrage est surplombé d'une passerelle de réalisation plus récente, s'appuyant notamment sur les bajoyers en pierre des vannes et obstruant leur débouché, favorisant là encore l'encombrement par les corps flottants (branchages essentiellement).



Le dénivelé d'eau au passage du vannage est limité du fait du relèvement de ligne d'eau par un seuil mince transversal situé à quelques mètres seulement en aval du vannage de décharge.

Ce dernier restitue les eaux dérivées vers le bras de décharge du moulin, dont les rives sont protégées sur sa partie amont par des murs de soutènement maçonnés.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont données dans le tableau ci-après.

Longueur déversante des déversoirs (m)	3.26 m (à gauche des vannes depuis l'amont) + 2.86 m (à droite des vannes depuis l'amont)
Largeur d'ouverture cumulée des vannes	2.4 m
Cote du fond du lit en amont de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	≈ 81.62 (≈ fond en amont du déversoir de décharge amont OH1)
Cote de la crête de déversoir (m NGF IGN 69)	82.84 m NGF = <b>Cote légale de retenue</b>
Cote du fond du lit en aval immédiat de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	81.87
Longueur déversante du déversoir OH7 immédiat en aval (m)	3.26 m (à gauche des vannes depuis l'amont) + 2.86 m (à droite des vannes depuis l'amont)
Cote de la crête de déversoir OH7 (m NGF IGN 69)	≈ 82.10
Cote du fond du lit en aval immédiat de l'ouvrage OH7 (m NGF IGN 69)	80.81
Niveau d'eau amont le 08/09/2021 (basses eaux)	82.44
Niveau d'eau aval le 08/09/2021 (basses eaux)	81.87
Chute totale le 08/09/2021 (basses eaux)	0.57

Tableau 13. Principales caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage de décharge (OH3) du moulin Brandard

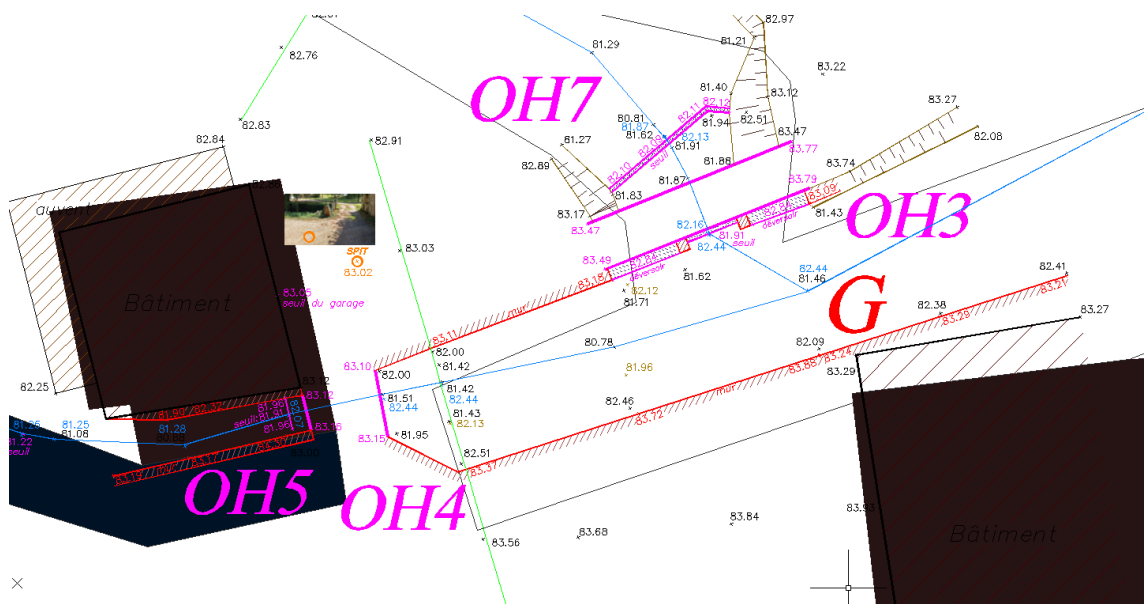


Figure 49. Vue depuis l'amont de l'ouvrage de décharge OH3 du moulin Brandard





Figure 50. Vue depuis l'aval de l'ouvrage de décharge OH3 du moulin Brandard





Ech. des longueurs : 1/50

Ech. des altitudes : 1/50

PC : 80.00 m

<b>Altitudes Ouvrage</b>	83.49 83.07 82.84	81.71 82.12	81.62 82.84	82.91 82.97 82.18 82.24	82.44	82.95 83.95 82.84	83.25 83.09 81.42 82.12
<b>Distances cumulées</b>	0.00 0.09 0.42 0.66		3.34 3.82			6.82 6.69	9.47 9.87 9.70
<b>Divers le 08.09.2021</b>	Plan d'eau aval : 82.13m						

Figure 51. Extraits de la vue en plan et en coupe de l'ouvrage de décharge (OH3-OH7) du moulin Brandard

### c) Vannage usinier du moulin Brandard (OH5)

Le vannage usinier du moulin Brandard est situé à l'extrémité aval du bief qui l'alimente et s'apparente à un déversoir en pierre longeant la façade Sud du bâtiment surmonté d'une ancienne vanne usinière en bois munie de crémaillère métallique à manœuvre manuelle en mauvais état de conservation apparent.

A l'heure actuelle, la vanne est maintenue en position relevée et n'est jamais manœuvrée par le propriétaire du moulin.

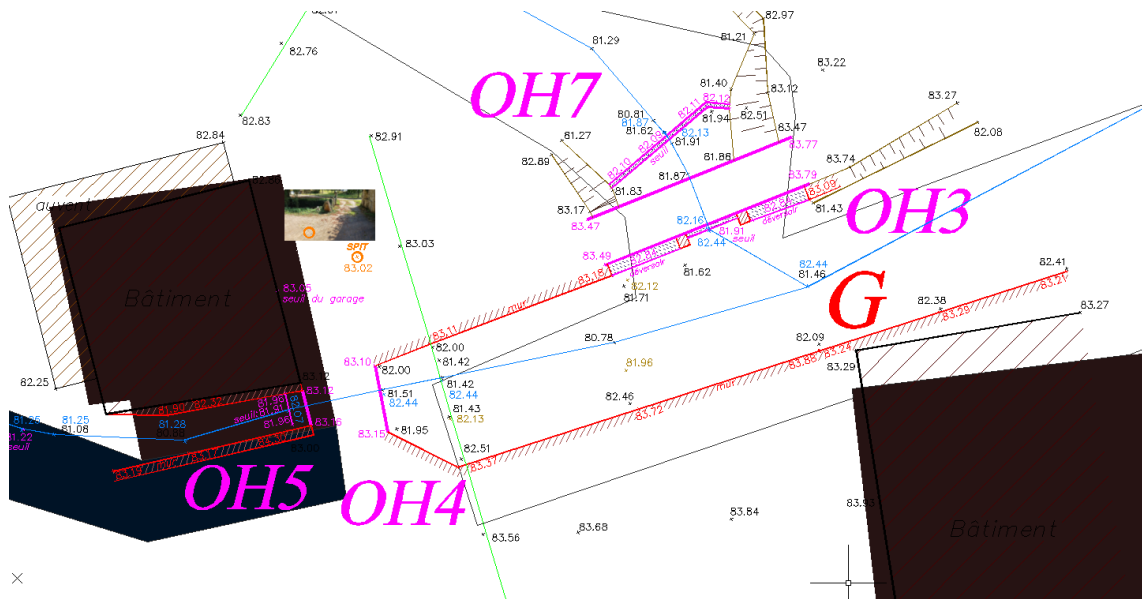
Le déversoir se poursuit vers l'aval en épousant une forme courbe, à l'image de la roue de moulin qui le surplombe toujours, et débouche sur le canal de fuite qui conflue lui-même avec le cours principal du Betz à **100 m** environ en aval.

Compte tenu de l'ouverture permanente de la vanne usinière, et du calage de la crête du déversoir de décharge amont **OH1** à **- 0.22 m** sous la cote de surverse de l'ouvrage de décharge **OH3**, le niveau d'eau actuel sur le bief se situe bien en-dessous de la cote légale de retenue.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage, ayant pu être mesurées lors des relevés topographiques, sont données dans le tableau suivant.

<b>Cote radier (m NGF IGN 69)</b>	81.91 au centre – 81.96 en bordure
<b>Largeur totale du vannage (m)</b>	1.39
<b>Nombre de vannes</b>	1
<b>Niveau d'eau amont le 08/09/2021 (basses eaux)</b>	82.07
<b>Niveau d'eau aval le 08/09/2021 (basses eaux)</b>	81.28
<b>Chute totale le 08/09/2021 (basses eaux)</b>	0.79

Tableau 14. Principales caractéristiques du vannage usinier du moulin Brandard (OH5)



Rive gauche Rive droite

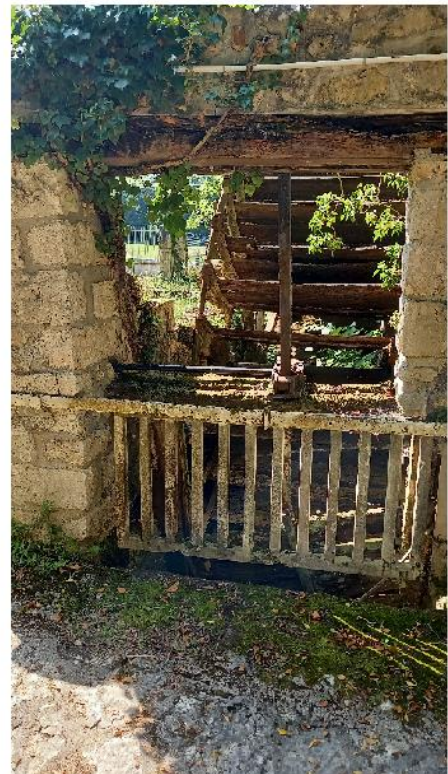
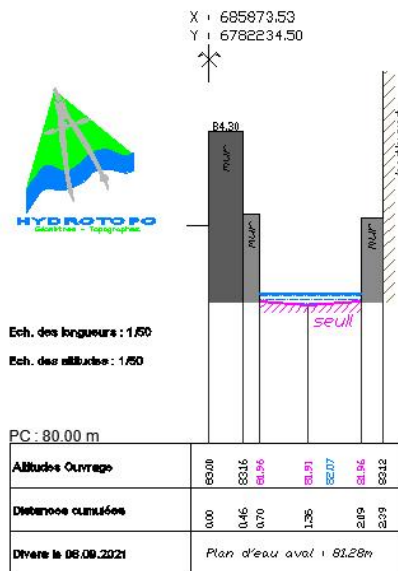


Figure 52 : Vue en coupe et en plan du vannage usinier du moulin de Platteville (OH35)

Il est à signaler que le vannage usinier est surmonté d'un ouvrage de franchissement muni d'une grille métallique anti-flottant à son amont (OH4).

L'accumulation de vase et de bois morts y est telle qu'elle se traduit par une perte de charge significative et donc un dénivelé d'eau à l'étiage significatif à son passage (0.37 m observé entre l'amont et l'aval de la grille le 8 septembre 2021 en régime de basses eaux).



## 6.3.2 Autres ouvrages d'intérêt

### a) Ouvrage transversal en amont du bras secondaire contournant l'île par le Nord

Il est à noter l'existence d'un ouvrage transversal en limite amont du bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents ».

Ce dernier s'apparente à un agencement de gros blocs d'aspect relativement rustique et réservant en son centre une échancrure et un passage d'eau de faible largeur.

Cet ouvrage participe, en association avec le radier présent à **P31** sur le bras principal Sud, à relever la ligne d'eau en amont et à ralentir les écoulements à ce niveau.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont données dans le tableau ci-après.

Cote d'échancrure (m NGF IGN 69)	83.19 m NGF
Cote du fond du lit en amont de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	≈ 82.77
Cote du fond du lit en aval immédiat de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	82.24
Largeur d'échancrure (m)	≈ 1.6
Niveau d'eau amont le 08/09/2021 (basses eaux)	83.25
Niveau d'eau aval le 08/09/2021 (basses eaux)	83.13
Chute totale le 08/09/2021 (basses eaux)	0.12

Tableau 15. Principales caractéristiques de l'ouvrage situé en limite amont du bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents »



Figure 53. Vue depuis l'aval de l'ouvrage situé en limite amont du bras secondaire contournant par le Nord l'île au lieu-dit « Tous Vents »

## b) Déversoir sur le bras de décharge du moulin Brandard (OH8)

Il est à noter l'existence d'un seuil transversal (OH8) sur le bras de décharge du moulin entre le vannage de décharge OH3 et le pont de la rue du moulin Brandard (OH9).

Ce dernier s'apparente à un déversoir maçonné épais de parement à faible pente et surmonté d'une mince réhausse en crête. La rive gauche est protégée par un mur de soutènement maçonné se prolongeant sur toute la rive amont jusqu'à l'ouvrage de décharge OH3.

La composition du corps de maçonnerie n'est pas connue bien que probablement formé d'éléments de pierres et moellons hourdés au mortier de chaux.

L'ouvrage présente un bon état de conservation apparent. Le seuil ne présente pas de réelle fosse de dissipation en aval. Les reconnaissances de terrain n'ont par ailleurs pas permis de mettre en évidence de réels phénomènes de sous-cavement en pied de chute.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont données dans le tableau ci-après.

Longueur déversante (m)	4.93
Cote du fond du lit en amont de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	81.48
Cote de la crête de déversoir (m NGF IGN 69)	81.81
Cote du fond du lit en aval immédiat de l'ouvrage (m NGF IGN 69)	80.74
Hauteur de la réhausse en crête (m)	0.35
Niveau d'eau amont le 08/09/2021 (basses eaux)	81.85
Niveau d'eau aval le 08/09/2021 (basses eaux)	81.05
Chute totale le 08/09/2021 (basses eaux)	0.8

Tableau 16. Principales caractéristiques dimensionnelles du déversoir OH8 sur le bras de décharge du moulin Brandard



Figure 54. Vue depuis l'aval du déversoir OH8 sur le bras de décharge du moulin Brandard

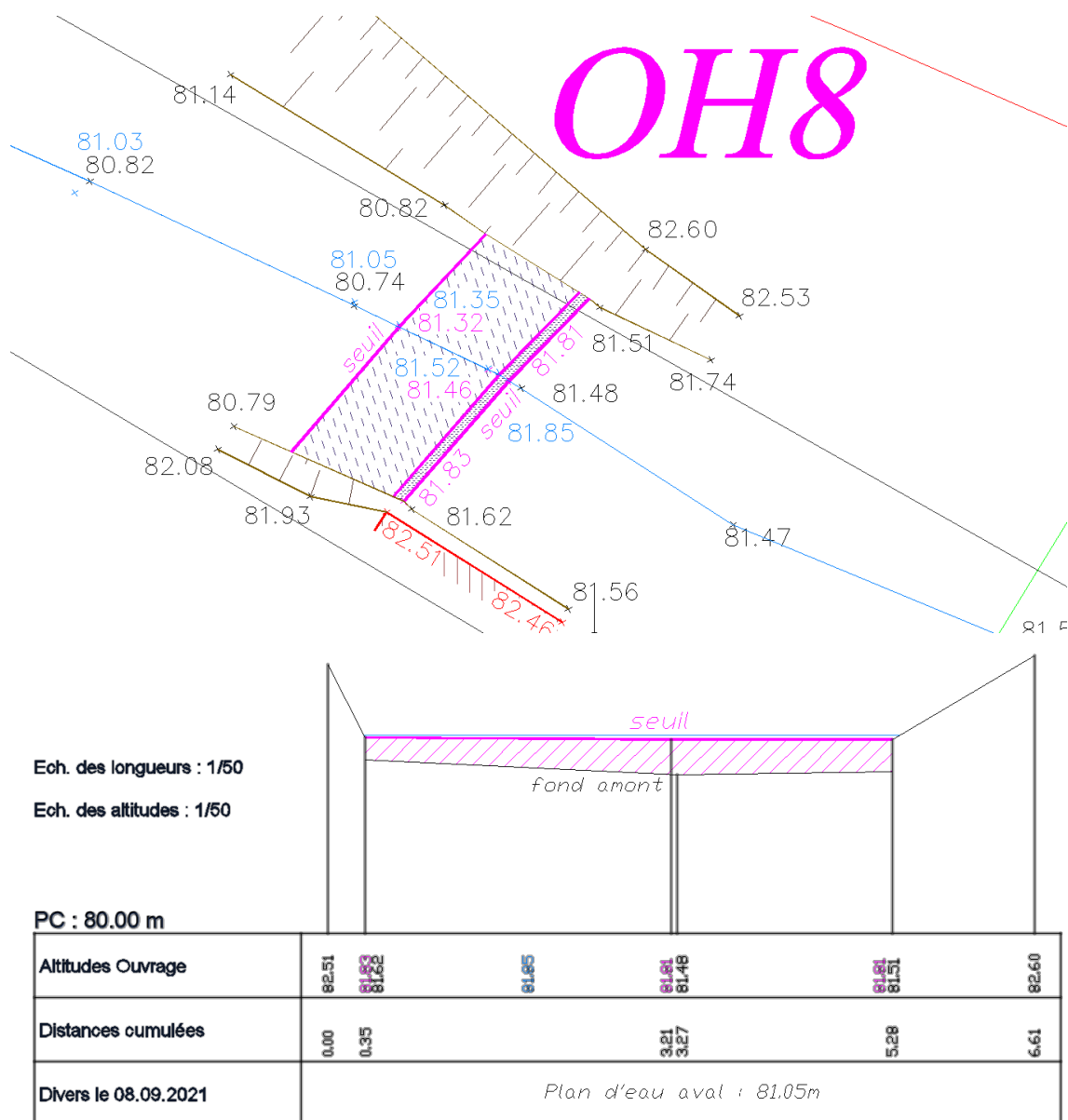


Figure 55. Extraits de la vue en plan et en coupe de l'ouvrage de décharge (OH3-OH7) du moulin Brandard

### c) Ponts de la rue du moulin Brandard (OH2 – OH6 – OH9)

Les tableaux pages suivantes listent et récapitulent les principales caractéristiques dimensionnelles des principaux ouvrages de franchissement présents sur la zone d'étude.



**Photographie**

**Le Betz à Bransles**

Ouvrage : OH 2  
Pont : rue du Pont levé



Rive gauche

Rive droite

X : 685833.31  
Y : 6762306.03



Ech. des longueurs : 1/50  
Ech. des altitudes : 1/50

PC : 79.00 m

	53.31								63.30
	Parapet 0.70m								
					81.87				
<b>Altitudes Ouvrage</b>	81.00	80.92	80.96	80.45	81.87	81.51	80.52	80.84	80.76
<b>Distances cumulées</b>	-0.00	0.78	1.70	3.67	4.99	6.43	7.72	9.36	9.68
<b>Divers le 06.08.2021</b>	longueur de l'ouvrage : 10.7m Fond aval : 79.94m								

**Description**

**OH2 - Betz – Segment 5 – PK 275**

Pont de la rue du moulin Brandard

1 pont arche maçonné sans radier apparent

Largeur de passage : 10.7 m

Largeur d'ouverture maximale : 8.6 m

Cote sous voute : 81.87 m NGF

Cote fond minimale : 80.18 m NGF

### Le Betz à Bransies

Ouvrage : OH 9 - coupe amont  
Pont : rue du Pont levé

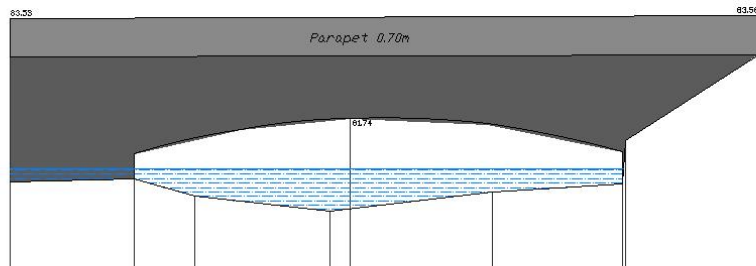
Altimétrie : NGF-IGN 1969

Rive gauche



Rive droite

X : 68594817  
Y : 678226917



Ech. des longueurs : 1/60  
Ech. des altitudes : 1/60

PC : 79.00 m

Altitude Ouvrage	81.65	81.74	81.74	81.74	81.63	81.41	81.23	81.24	82.28
Distances cumulées	0.00	0.23	3.32	15.74	6.11	8.45	11.82	11.82	13.43
Clavier le 08.08.2021	longueur de l'ouvrage : 9.5m Fond aval : 80.47m								

### OH9 - Betz – Segment 7 – PK 62

Pont de la rue du moulin Brandard – Face Amont

1 pont arche maçonné sans radier apparent

Largeur de passage : 10.7 m

Largeur d'ouverture maximale : 8.8 m

Cote sous voûte : 81.74 m NGF

Cote fond minimale : 80.06 m NGF

## Le Betz à Bransles

Ouvrage : OH 9 - coupe aval  
Pont : rue du Pont levé

Planimétrie : Lambert 93  
Altimétrie : NGF-IGN 1969

Rive gauche



Rive droite

X : 685837.56  
Y : 6782270.26



Est. des longueurs : 1/50  
Est. des altitudes : 1/50

PC : 79.00 m

Altitudes Ouvrage	83.58	83.10	82.74	83.09	83.66	84.17	83.95	83.95	83.77	83.23	83.04	83.23	83.14	83.25	83.41	83.69	82.39
Distances cumulées	-0.00	1.31	2.92	3.72	4.41	4.61	6.42	6.42	6.87	8.22	9.47	10.83	12.14	13.25	14.41	15.69	17.00
Divers le 06.05.2021	longueur de l'ouvrage : 9.5m																

## OH9 - Betz – Segment 7 – PK 62

Pont de la rue du moulin Brandard – Face Aval

1 pont double arche maçonné sans radier apparent

**Arche droite condamnée**

Largeur de passage : 10.7 m

Largeur d'ouverture maximale arche droite : 5 m

Cote sous voute arche droite : 81.85 m NGF

Cote fond minimale arche droite : 80.34 m NGF



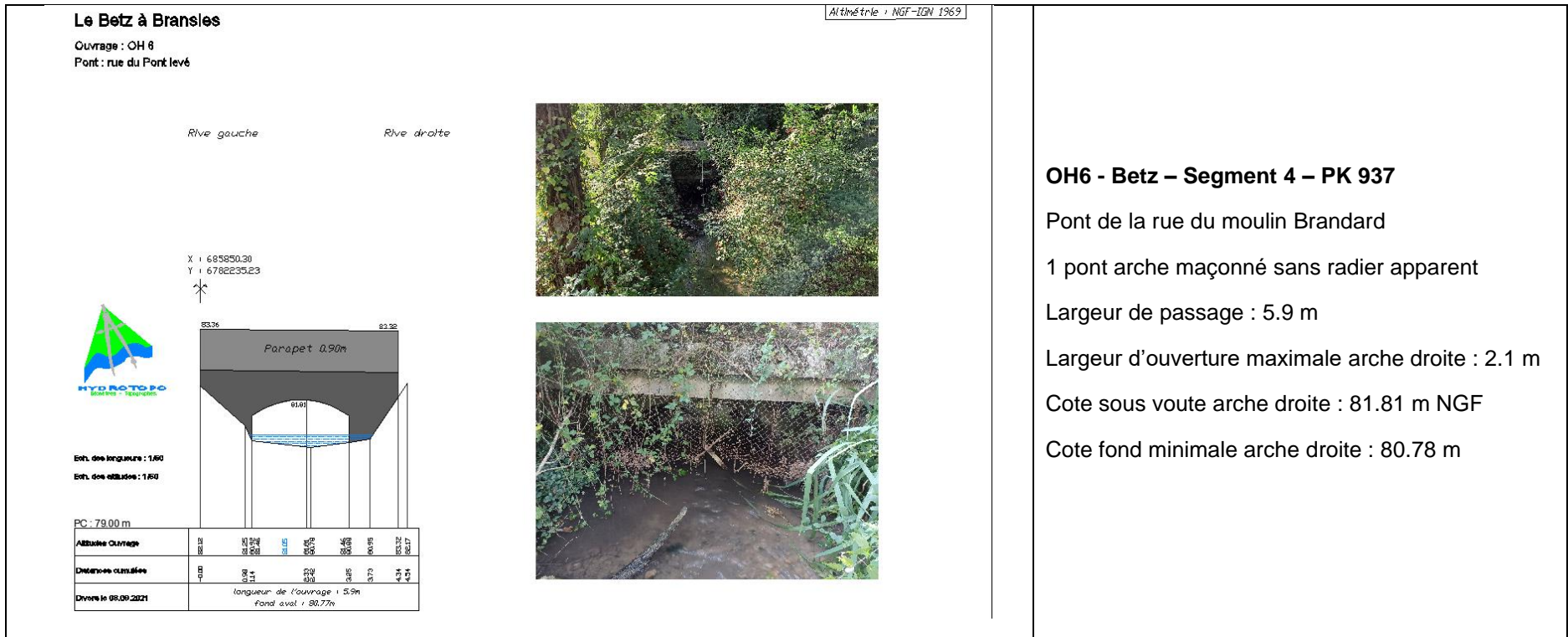


Tableau 17. Principales caractéristiques dimensionnelles des principaux ouvrages de franchissement présents sur la zone d'étude

## 6.4 EVALUATION DES IMPACTS ACTUELS DES OUVRAGES

### 6.4.1 Analyse du fonctionnement hydraulique et des impacts des ouvrages actuels sur la répartition des eaux et les niveaux d'eau

#### a) Préambule

L'analyse géodynamique et écologique du secteur préalablement menée est complétée ici par une analyse hydraulique en vue :

- De caractériser les principales variables d'écoulement actuelles (hauteurs d'eau, vitesses, contraintes tractrices) pour les régimes hydrologiques ordinaires non débordants ;
- D'apprécier finement les impacts des scénarios d'aménagements sur le fonctionnement du cours d'eau:
  - Effets sur la ligne d'eau ;
  - Effets sur la répartition des eaux entre bras d'écoulement et prises d'eau;
  - Effets sur les vitesses d'écoulements et les contraintes érosives sur le fond, les berges et au droit des infrastructures.
- De confirmer la faisabilité hydraulique des scénarios d'aménagement ;
- D'analyser, le cas échéant, le fonctionnement hydraulique des dispositifs de franchissement piscicoles.

A ce stade, l'analyse a été réalisée pour la situation actuelle par la mise en œuvre d'un modèle hydraulique **1D**.

Ce dernier sera modifié et mis en œuvre par la suite pour modéliser les impacts des scénarios d'aménagement.

#### b) Méthodologie générale

La méthodologie générale pour la modélisation hydraulique est la suivante :

- Identification des tronçons élémentaires de vallée ;
- Identification des ouvrages et infrastructures conditionnant les écoulements ;
- Choix du type de modélisation le plus adapté (1D, 1D à casiers, 1D multifilaire, 1D/2D, 2D) en fonction notamment des besoins de l'étude, de la configuration du site, des données disponibles ou pouvant être recueillies et du caractère opérationnel de l'outil (équilibre rapidité/précision des calculs en fonction des scénarios à modéliser et des éventuelles itérations à mener);
- Construction du modèle hydraulique par la représentation des différentes entités préidentifiées (profils en travers de cours d'eau en 1D, loi cote/volume pour les zones de stockage en 1D à casiers, maillage 2D en 1D/2D et 2D, canalisations pour les réseaux pluviaux ...), le renseignement des lois d'échanges entre ces entités, et l'intégration des divers ouvrages conditionnant les écoulements ;
- Paramétrage du modèle sur la base des caractéristiques générales préalablement identifiées (coefficients de rugosités, coefficients de pertes de charge des ouvrages...);
- Calage et validation du modèle sur la base de lignes d'eau mesurées ;
- Comparaison des lignes d'eau calculées à celles réellement mesurées, et ajustement des paramètres du modèle si besoin jusqu'à adéquation des

valeurs dans la limite de tolérance fixée (+/- 5-10 cm pour les régimes hydrologiques ordinaires) ;

- Mise en œuvre du modèle hydraulique avec pour entrées les débits caractéristiques précédemment déterminés ;
- Exploitation des résultats
- Représentation des lignes d'eau et vitesses d'écoulement en lit mineur ;
- Analyse de la répartition des eaux entre bras d'écoulement et prises d'eau ;
- Indication de la puissance spécifique du cours d'eau, des contraintes érosives en lit mineur et des matériaux susceptibles d'être transportés.

### c) Construction du modèle et configurations testées

Dans le cas présent, la construction du modèle a été étendue sur l'ensemble du linéaire de cours d'eau où les données topographiques ont été levées et a considéré une représentation filaire (**1D**) des écoulements en lit mineur valorisant les données de profils en travers levés.

Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques du modèle construit dans le cadre de l'étude.

Type modèle	Limite amont	Limite aval	Longueur m	Nombre de profils travers	Nombre d'ouvrages modélisés
Filaire - 1D	P1	P22 (aval confluence des bras)	1036 m sur le bras principal (segments 1, 2, 3, 4) 359 m sur le bras naturel court-circuité 116 m sur le bras de décharge (segment 6)	38	10

Tableau 18. Principales caractéristiques du modèle d'écoulement construit pour les besoins de l'étude

Le modèle a été calé et mis en œuvre pour :

- La configuration ancienne des ouvrages associés au moulin Brandard (**configuration C1**) avec gestion du niveau d'eau à la cote légale de retenue (**82.84 m NGF**) ;
- Vanne usinière (**OH5**) entrouverte ;
- Vannes de décharge (**OH3**) fermées puis ouverture progressive avec l'élévation des débits pour le maintien de la cote légale et le libre écoulement des eaux ;
- Déversoir de décharge amont élevé à son ancienne cote de surverse (surverse à **82.78 m NGF** soit **+ 0.22 m** / surverse actuelle) ;
- La configuration habituelle des ouvrages associés au moulin Brandard (**configuration C2**) :
  - Vanne usinière (**OH5**) ouverte ;
  - Vannes de décharge (**OH3**) entrouvertes et d'ouverture significativement occultée (accumulation de vase/bois morts...) ;
  - Grille anti-flottant en amont du ponceau en limite aval du bief du moulin (**OH4**) d'ouverture significativement occultée (accumulation de vase/bois morts...) ;
  - Plaque occultant l'échancrure du déversoir de décharge amont (**OH1**).

## d) Hypothèses de modélisation

Le modèle d'écoulement a été mis en œuvre pour les régimes hydrologiques suivants :

- Débit d'étiage de référence : **QMNA5** ;
- Débit médian : **Module Interannuel** ;
- Débit moyen : **Module Interannuel** ;
- Débit de hautes eaux annuelles : **Double Module** ;
- Débit de plein bord estimé par itération du modèle hydraulique sur les **segments 1 et 2 à  $\approx 4.25 \text{ m}^3/\text{s}$**  (période de retour journalière estimée à **1.9 ans**).
- Débits classés : **DC10, DC20, DC30, DC40, DC50, DC60, DC70, DC80, DC90**.

Concernant la modélisation des débits classés, seule la répartition des eaux au droit des principaux ouvrages est restituée, les profils en long de lignes d'eau n'étant représentés que pour les 5 autres régimes hydrologiques de référence précités.

Les conditions aux limites en aval du modèle sont représentées par une loi de tarage (relation Cotes/débits), établie par calcul à différents débits de la courbe de remous s'établissant en amont du moulin de Gros Lot, en considérant un coefficient de rugosité de **20** et la pente naturelle du cours d'eau sur le secteur, soit **0.3%**.

## e) Calage du modèle

### *Méthodologie*

Le calage du modèle consiste à ajuster les paramètres hydrauliques de façon à ce que les résultats de modélisation concordent avec un jeu d'observations de terrain.

Les coefficients retenus doivent être cohérents avec les valeurs classiquement employées sur des cours d'eau comparables.

Les paramètres de calage des modèles hydrauliques, qui visent à représenter les pertes de charges linéaires et singulières, sont les suivants :

- **Les coefficients de Strickler du lit mineur et du lit majeur** : ces coefficients représentent la capacité de frottement des différentes parties du lit. Ils dépendent, pour le lit mineur, essentiellement de la nature du fond, pour le lit moyen et le lit majeur, du couvert végétal et de l'occupation des sols (présence de bosquets ou de bois, nature des cultures, zones de pâturages...);
- **Les coefficients de perte de charge des ouvrages** : ils traduisent les conditions d'entonnement en amont d'un ouvrage. Ils permettent d'ajuster localement la ligne d'eau en amont d'un ouvrage donné. Les coefficients de perte de charge aux ouvrages seront déterminés à partir de la forme de ceux-ci et en particulier leur entonnement et des abaques existants.

Le calage des modèles en lit mineur peut être effectué sur la base des niveaux d'eau levés et du débit du cours d'eau mesurés ou estimé le jour correspondant.

Les coefficients de Strickler en lit mineur ont été déterminés en première approche à partir des observations de terrain et de l'application de la formule de Cowan.

$$K = 1/[(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4).m]$$



Matériaux constitutifs de berge	Terre	n0	0.028
	Graviers fins		0.03
	Graviers grossiers		0.035
Degré d'irrégularité	Très faible	n1	0
	Faible		0.003
	Moyen		0.008
	Important		0.015
Variation de section	Progressive	n2	0
	Occasionnelle		0.003
	Fréquente		0.012
Présence d'obstacles	Négligeable	n3	0.002
	Faible		0.01
	Appréciable		0.025
	Elevé		0.045
Végétation	Basse	n4	0.005
	Moyenne		0.01
	Haute		0.035
	Très haute		0.075
Méandrement	Faible	m	1
	Appréciable		1.15
	Fort		1.3

Figure 56. Ordre de grandeur des paramètres de la formule de Cowan

L'application de cette formule au secteur d'étude permet d'estimer un coefficient de Strickler de l'ordre de **22**:

- Matériaux constitutifs des berges : **terre** ;
- Degré d'irrégularité : **faible** ;
- Variation de section : **occasionnelles** ;
- Présence d'obstacles : **négligeable** ;
- Végétation : **moyenne** ;
- Méandrement : **faible**.

#### **Application au secteur d'étude**

La figure ci-après reporte les lignes d'eau mesurées le **08 septembre 2021**, pour débit mesuré sur le Betz de **0.18 m<sup>3</sup>/s** (soit un régime de basse eaux classique de fin de période estivale), et modélisées. Leur correspondance peut être jugée très satisfaisante compte tenu :

- D'un écart moyen des lignes d'eau de **0.02 m** seulement;
- Du pourcentage significatif de valeurs présentant un faible écart : **100% des écarts sont compris entre +/- 5 cm**.

Les coefficients de Strickler obtenus en première approche par la formulation de Cowan ont été légèrement modifiés pour optimiser la correspondance des lignes d'eau (coefficient finalement retenus de **20**).

**Le modèle peut être considéré comme validé (du moins pour les écoulements contenus dans le lit mineur) et apte à reproduire de façon satisfaisante les variables hydrauliques relatives à des régimes hydrologiques variés et pas ou peu débordants.**

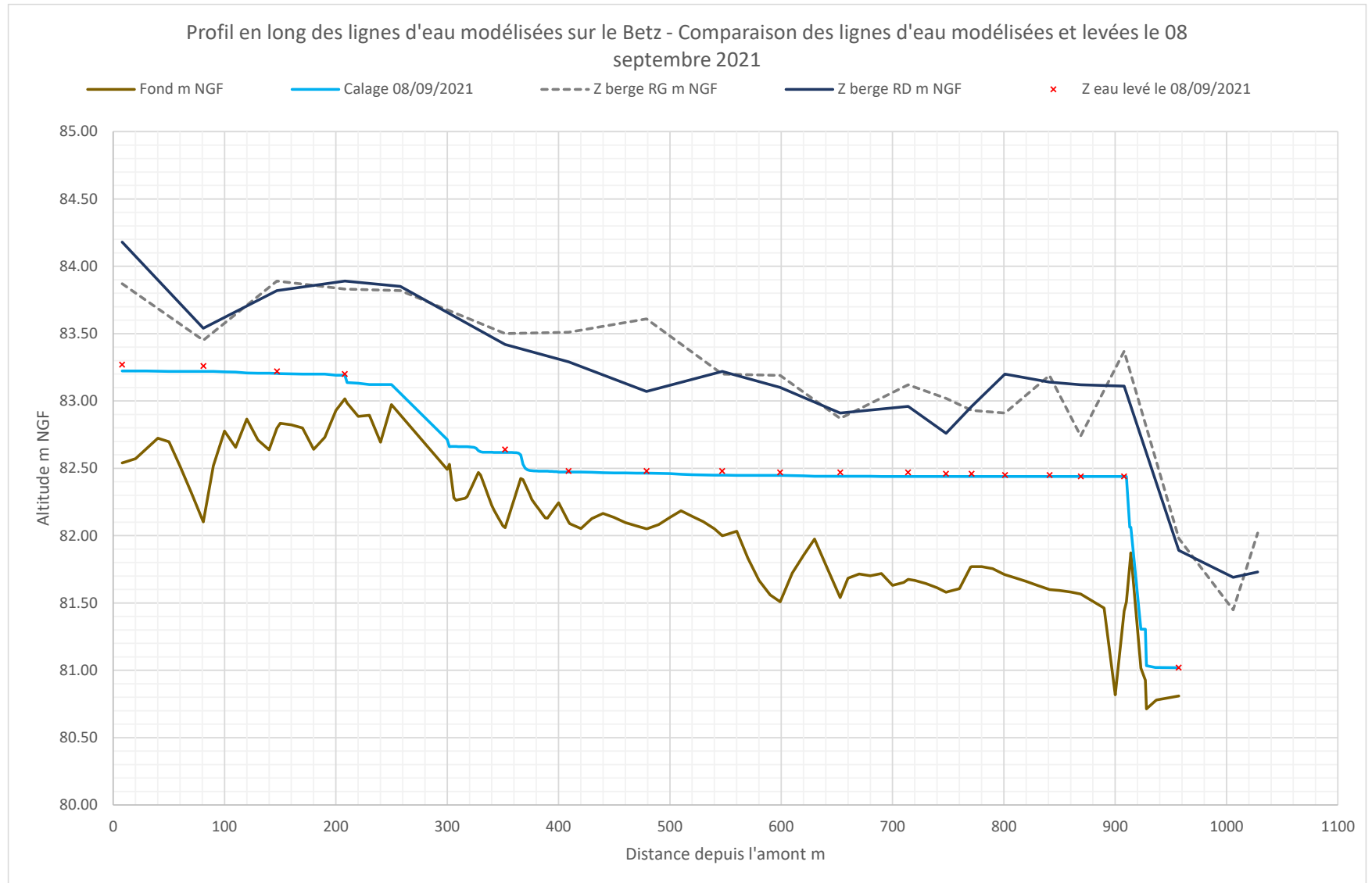


Figure 57 Comparaison des lignes d'eau mesurées le 8 septembre 2021 et modélisées sur le bras principal du Betz à l'échelle de la zone d'étude pour le débit du jour correspondant (0.18 m<sup>3</sup>/s en amont de la zone d'étude, soit pour un régime de basses eaux)

**p) Mise en œuvre du modèle pour différents régimes hydrologiques ordinaires et analyse des résultats**

***Incidence de la configuration des ouvrages du moulin Brandard sur la répartition des eaux entre bras d'écoulement et prises d'eau***

La figure et le tableau pages suivantes reportent la répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude pour les régimes hydrologiques ordinaires (débits classés) et pour les deux configurations testées (**C1** – Gestion ancienne de la retenue à la cote légale et **C2** – configuration actuelle et habituelle).

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- **Dans la configuration actuelle et habituelle des ouvrages du moulin (configuration C2) :**

Le bief du moulin Brandard capte la totalité des débits du Betz jusqu'à un débit total de l'ordre de **0.22 m<sup>3</sup>/s**, soit un débit non atteint **30%** du temps en année normale. L'écoulement sur le bras naturel court-circuité en fond de vallée est alors totalement interrompu pour ces régimes de basses eaux qui représentent une fraction importante du temps en année normale.

Pour les régimes hydrologiques plus soutenus, la part de débit restituée au bras naturel court-circuité augmente à mesure que le débit total du cours d'eau s'accroît bien que le bief reste le bras d'écoulement dominant plus de **80%** du temps en année normale. Ainsi, le bras naturel court-circuité ne devient dominant qu'en régime de hautes eaux annuelles (au-delà du **DC80**).

A l'étiage et jusqu'à **20%** du temps en année normale, le bras de décharge dérive la majeure partie des débits du cours d'eau depuis le bief du moulin. L'importance des débits dérivés diminue rapidement toutefois avec l'élévation des débits du cours d'eau ( $\approx 1/4$  du débit total seulement en régime médian et **10%** au **DC90**).

Le canal de fuite est quant à lui dominant à l'échelle du site pour les débits de basses eaux (entre **DC20** et jusqu'au régime médian).

**En synthèse**, la dominance des écoulements est représentée successivement, pour une évolution croissante des débits par le bras de décharge (à l'étiage), le canal de fuite du moulin (jusqu'au régime médian), puis le bras naturel court-circuité en fond de vallée (moyennes et hautes eaux annuelles).

- **Dans la configuration ancienne des ouvrages du moulin avec gestion à la cote légale de retenue (configuration C1) :**

Le bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée capte la totalité des débits du Betz jusqu'au débit médian soit la moitié de l'année environ, renversant la répartition observée à l'heure actuelle, reste le bras d'écoulement dominant jusqu'au **DC90** soit **90%** du temps en année normale.

La dérivation d'un débit au droit du moulin de Brandard ne semble possible, dans l'hypothèse du maintien de la cote légale de retenue, qu'au-delà du régime médian ce qui peut sembler particulièrement étonnant dans une logique d'optimisation de l'exploitation de la force motrice de l'eau.

Pour les régimes hydrologiques ordinaires, celle-ci peut être maintenue par simple ouverture de la vanne usinière sans recourir à la manœuvres des vannes de décharges, limitant drastiquement les débits dérivés sur le bras qui se situe dans leur prolongement.

	Débits classés									
Régime hydrologique	DC5	DC10	DC20	DC30	DC40	DC50	DC60	DC70	DC80	DC90
Débit total m3/s	0.096	0.129	0.166	0.215	0.29	0.37	0.46	0.58	0.80	1.21
<b>Configuration</b>										
<b>C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue</b>										
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s - C1	0.096	0.129	0.166	0.215	0.29	0.37	0.37	0.38	0.42	0.54
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	100%	100%	100%	100%	100%	99%	80%	65%	53%	44%
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s - C1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s - C1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.01	0.09	0.20	0.38	0.67
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	0%	0%	0%	0%	0%	1%	20%	35%	47%	56%
<b>Configuration</b>										
<b>C2 - Configuration actuelle et habituelle</b>										
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s - C2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.10	0.19	0.28	0.48	0.86
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	0%	0%	0%	0%	9%	26%	41%	49%	61%	71%
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s - C2	0.058	0.069	0.080	0.089	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	60%	53%	48%	41%	34%	27%	22%	18%	14%	10%
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s - C2	0.038	0.060	0.086	0.126	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	40%	47%	52%	59%	57%	47%	37%	32%	25%	19%
<b>Configuration</b>										
<b>Impact de C1 --&gt; C2</b>										
Ecart de débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s	-0.096	-0.129	-0.166	-0.215	-0.26	-0.27	-0.18	-0.09	0.06	0.32
Ecart de débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	-100%	-100%	-100%	-100%	-91%	-72%	-40%	-16%	8%	27%
Ecart de débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s	0.058	0.069	0.080	0.089	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
Ecart de débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	60%	53%	48%	41%	34%	27%	22%	18%	14%	10%
Ecart de débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s	0.038	0.060	0.086	0.126	0.16	0.17	0.08	-0.01	-0.18	-0.44
Ecart de débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	40%	47%	52%	59%	57%	45%	17%	-2%	-22%	-37%

Tableau 19. Répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude pour les deux configurations testées



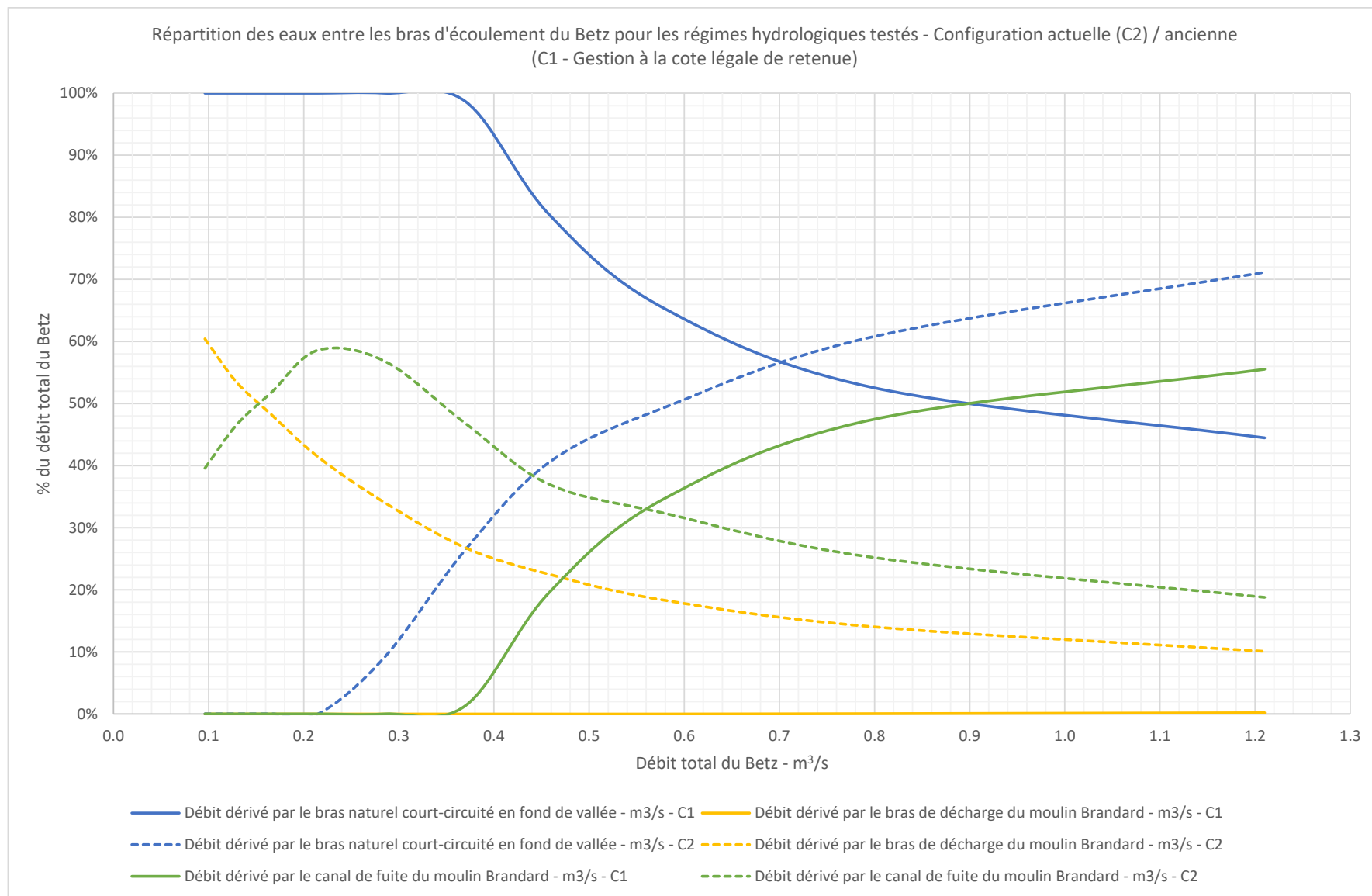


Figure 58. Répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude pour les deux configurations testées

### ***Incidences de la configuration des ouvrages du moulin Brandard sur la ligne d'eau***

La figure page suivante reporte le profil en long des lignes d'eau modélisées sur la zone d'étude à l'état actuel pour différents régimes hydrologiques ordinaires (**QMNA5, débit médian, module, double module, Plein bord – QJ1.9**) et pour les deux configurations testées (**C1 – Gestion ancienne de la retenue à la cote légale et C2 – configuration actuelle et habituelle**).

Les tableaux pages suivantes reportent les principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes, calculées par segment homogène, ainsi que les hauteurs de chutes observées au droit du déversoir de décharge amont.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants pour l'ensemble des régimes hydrologiques ordinaires:

- **Dans la configuration actuelle et habituelle des ouvrages du moulin (configuration C2) :**

Le complexe hydraulique formé par le moulin de Brandard influence la ligne d'eau jusqu'en limite amont du **segment 2**, soit à **412 m** en amont du déversoir de décharge **OH1** et **712 m** en amont du moulin Brandard.

**Sur le segment 1**, l'écoulement est à dominante lentique en amont de l'île et sur le bras principal jusqu'au radier situé à **P31 (0.8 m** de profondeur et **0.15 m/s** en moyenne au module) du fait de la présence conjointe de ce haut fond et de l'ouvrage transversal en amont du bras Nord, significativement relevés par rapport au profil hydromorphologique théorique.

Sur la partie aval du bras principal Sud (en aval de **P31**), les écoulements sont peu profonds et davantage courants et s'apparentent à des faciès de type radiers/plats courants (**0.42 m** de profondeur et **0.23 m/s** en moyenne au module).

**Sur la partie amont du segment 2 (jusqu'à P9)**, l'écoulement est moyennement lent (**0.24 m/s** en moyenne au module) et profond (**0.49 m** en moyenne au module) et s'apparente à un faciès de type plat lent.

En aval du méandre prononcé à **P10 (partie aval du segment 2)**, l'écoulement est encore plus lent (**0.14 m/s** au module) et profond (**0.87 m** au module) jusqu'au déversoir de décharge amont (**OH1**) du moulin Brandard et s'apparente à un faciès de type chenal lentique.

**Sur le segment 3** (bief du moulin), l'écoulement est très lent (**0.09 m/s** en moyenne au module) et de profondeur modeste (**0.48 m**), celle-ci étant limitée par la forte épaisseur de vase en présence et l'ouverture totale de la vanne usinière du moulin.

**Sur le segment 4**, l'écoulement est globalement courant et peu profond (**0.3 m/s** et **0.3 m** de profondeur en moyenne au module) en lien avec la plus forte pente de fond et les faibles débits dérivés.

- **Dans la configuration ancienne des ouvrages du moulin avec gestion à la cote légale de retenue (configuration C1):**

Le linéaire influencé reste sensiblement le même qu'en configuration actuelle (**712 m** en amont du moulin Brandard), c'est-à-dire qu'il ne s'étend pas vraiment en amont de la confluence des bras qui entourent l'île au lieu-dit « Tous Vents ».

L'écoulement est toutefois ralenti (**-0.05 à -0.06 m** en moyenne au module sur l'ensemble de la zone d'influence ) et de plus forte profondeur (**+0.19 m** sur le bief du moulin Brandard) dans l'emprise du linéaire influencé.

La hauteur de chute au droit du déversoir de décharge amont (**OH1**) du moulin Brandard est quant à elle significative et varie peu pour l'ensemble des régimes hydrologiques ordinaires et quel que soit la configuration des ouvrages du moulin, bien qu'elle semble moindre actuellement (**1.23 m** au module) que par le passé (**1.44 m** au module) lorsque la cote du déversoir était plus élevée.

Le régime de plein bord sur les **segments 1 et 2** est quant à lui atteint pour un débit de l'ordre de **4.25 m<sup>3</sup>/s** soit un débit de crue journalier de période de retour estimée par ajustement de Gumbel à **1.9 ans** ce qui est cohérent avec les occurrences de débordement des cours d'eau naturels de plaine (classiquement comprises entre **1.5 et 3 ans**).

Régime hydrologique	QMNA5	Débit médian	module	double module	Plein bord
Débit total m3/s	0.100	0.37	0.58	1.15	4.25

Configuration ancienne - C1					
Z eau amont OH1 m NGF	82.81	82.84	82.84	82.86	82.97
Z eau aval OH1 m NGF	81.31	81.41	81.41	81.45	81.66
Chute - OH1 - m	1.50	1.43	1.44	1.41	1.31

Configuration actuelle - C2					
Z eau amont OH1 m NGF	82.36	82.58	82.61	82.66	82.84
Z eau aval OH1 m NGF	81.27	81.30	81.39	81.50	81.78
Chute - OH1 - m	1.09	1.29	1.23	1.16	1.06

Impacts de la configuration actuelle / ancienne					
Z eau amont OH1 m NGF	-0.45	-0.26	-0.23	-0.19	-0.13
Z eau aval OH1 m NGF	-0.04	-0.12	-0.02	0.06	0.13
Chute - OH1 - m	-0.41	-0.14	-0.21	-0.25	-0.25

Tableau 20. Hauteurs de chute au droit du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques ordinaires et les deux configurations testées

Tronçon	QMNA5 - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue		Débit médian - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue		module - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue		double module - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue		Plein bord - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	
	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s
Segment 1	0.51	0.05	0.58	0.13	0.63	0.18	0.73	0.26	1.18	0.43
Segment 1 amont	0.68	0.04	0.75	0.11	0.80	0.15	0.92	0.22	1.39	0.37
Segment 1 aval	0.32	0.07	0.38	0.17	0.42	0.22	0.51	0.32	0.91	0.47
Segment 2 - Amont P9	0.58	0.03	0.62	0.10	0.64	0.16	0.70	0.27	1.08	0.55
Segment 2 - Aval P9	1.06	0.02	1.09	0.06	1.10	0.09	1.12	0.18	1.30	0.53
Segment 3	0.67	0.00	0.71	0.00	0.71	0.04	0.72	0.12	0.77	0.34

Tronçon	QMNA5 - C2 - Configuration actuelle et habituelle		Débit médian - C2 - Configuration actuelle et habituelle		module - C2 - Configuration actuelle et habituelle		double module - C2 - Configuration actuelle et habituelle		Plein bord - C2 - Configuration actuelle et habituelle	
	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s	Hauteur moyenne tronçon m	d'eau / Vitesse moyenne tronçon m/s
Segment 1	0.51	0.05	0.58	0.13	0.63	0.18	0.73	0.26	1.18	0.43
Segment 1 amont	0.68	0.04	0.75	0.11	0.81	0.15	0.92	0.22	1.39	0.37
Segment 1 aval	0.31	0.08	0.37	0.18	0.42	0.23	0.51	0.32	0.90	0.47
Segment 2 - Amont P9	0.27	0.12	0.43	0.19	0.49	0.24	0.61	0.33	1.05	0.57
Segment 2 - Aval P9	0.61	0.04	0.84	0.09	0.87	0.14	0.94	0.23	1.20	0.56
Segment 3	0.19	0.09	0.45	0.08	0.48	0.09	0.52	0.09	0.71	0.09



Tronçon	QMNA5 - Impact de C1 --> C2		Débit médian - Impact de C1 --> C2		module - Impact de C1 --> C2		double module - Impact de C1 --> C2		Plein bord - Impact de C1 --> C2	
	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Segment 1 amont	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Segment 1 aval	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00
Segment 2 - Amont P9	-0.31	0.09	-0.19	0.08	-0.15	0.08	-0.10	0.06	-0.03	0.02
Segment 2 - Aval P9	-0.44	0.03	-0.25	0.03	-0.22	0.04	-0.18	0.05	-0.09	0.03
Segment 3	-0.48	0.09	-0.26	0.08	-0.23	0.05	-0.19	-0.03	-0.06	-0.24

Tableau 21. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes par segment pour les deux configurations testées

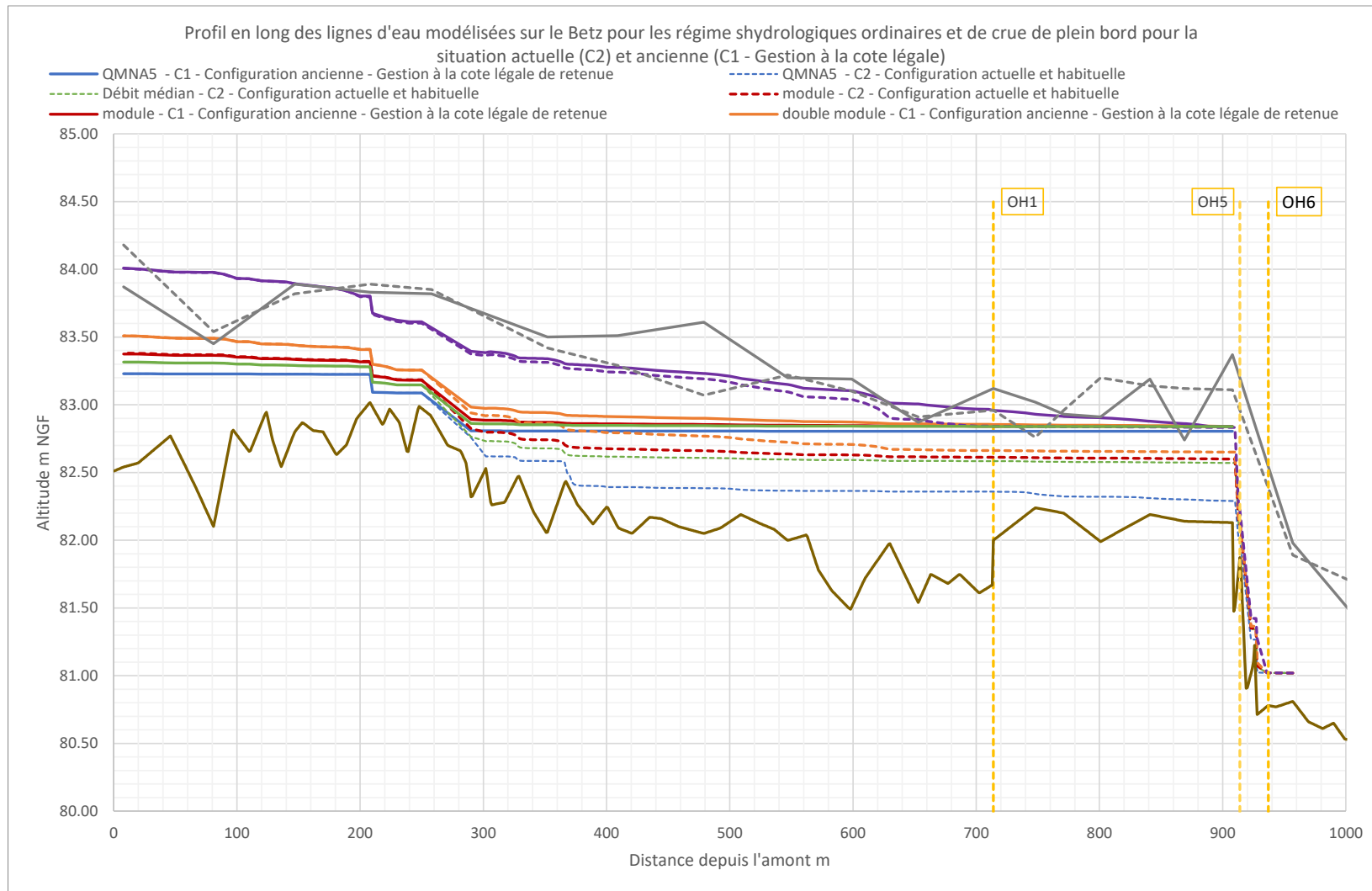


Figure 59. Profil en long des lignes d'eau modélisées sur le bras principal du Betz à l'échelle de la zone d'étude pour les régimes hydrologiques et les deux configurations testées

## 6.4.2 Impacts des ouvrages sur le transit sédimentaire

### a) Préambule

Le cours d'eau transporte naturellement des matériaux solides qui proviennent soit du bassin versant, soit du fond ou des berges du lit mineur, soit enfin du lit majeur.

Les sédiments sont transportés selon deux mécanismes fondamentaux :

- **Le charriage** : déplacement de matériaux plutôt grossiers (sable, graviers et cailloux) en interaction avec le lit mineur et participant à son façonnement. Ce mode de transport n'est généralement activé qu'en période de hautes eaux ;
- **La suspension** : entrainement par le courant turbulent, dans toute la section d'écoulement, de particules fines (argiles, limons) sans interaction avec le fond, mais participant au façonnement des berges et à l'alluvionnement du lit majeur.

Les phénomènes d'érosion et de dépôt façonnent le lit des cours d'eau selon une double variabilité :

- **Dans l'espace** : zones privilégiées d'érosion et de dépôts;
- **Dans le temps** : transport généralisé en crue, dépôts en régime moyen.

Les formes des rivières et les faciès d'écoulements associés évoluent en fonction de variables de « contrôle » imposées par le climat et la géologie du bassin versant : débit liquide, débit solide, géométrie de la vallée, nature du boisement du bassin versant, couverture végétale des berges, caractéristiques granulométriques et mécaniques des matériaux des berges.

D'une façon générale, le cours d'eau adopte une géométrie qui lui permet d'évacuer les débits liquides et solides qui lui parviennent.

Le débit dominant, c'est-à-dire le débit liquide pour lequel le volume solide transporté est maximal compte tenu de la durée pendant laquelle ce débit est atteint en année hydrologique moyenne, a un rôle morphogène maximal. Il correspond classiquement au débit de plein bord dont la période de retour est généralement comprise entre **1.5 et 3 ans**.

Il s'établit ainsi un équilibre « dynamique », c'est-à-dire un ajustement permanent autour d'une géométrie moyenne, appelé également « respiration » lorsque l'on parle spécifiquement du niveau du lit.

Le relèvement artificiel de la ligne d'eau induit par les ouvrages transversaux introduit un déséquilibre dans le fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau. En effet, le ralentissement important de l'écoulement dans l'emprise des zones d'influence limite fortement les possibilités de charriage des matériaux grossiers et favorise le dépôt des particules fines et le colmatage des substrats.

### b) Analyse qualitative du transport sédimentaire

Le paragraphe 6.1.2 rend compte des observations relatives à l'hydromorphologie du Betz sur la zone d'étude. En synthèse, du point de vue du transit sédimentaire, la description des segments homogènes a permis de mettre en évidence :

- **Sur le segment 1, en amont du linéaire faiblement influencé par les ouvrages du moulin Brandard:**
  - L'absence de désordres hydromorphologiques majeurs ;
  - Un fond dominé par des alluvions grossières décolmatées sur les portions les plus courantes, les dépôts de limons, sables et vases lorsqu'ils existent

restant confinés sur les marges du lit, en amont des embâcles et les quelques zones élargies à plus faible courantologie;

- La présence d'une zone d'exhaussement continu et marqué du fond depuis la défluence jusqu'à **P31**, soit sur **160 ml** environ, puis un court linéaire ( $\approx$  **40 m**) à forte pente jusqu'à la confluence des bras. Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à  $\approx$  **374 m<sup>3</sup>**. Il est possible que ce phénomène d'exhaussement trouve son origine :
  - En une perte de compétence morphogène du fait de la diminution des débits liquides (répartition sur deux bras) à débits solides peu modifiés (report préférentiel de la charge solide en transit vers le bras Sud en lien avec la présence d'un ouvrage transversal en amont du bras secondaire Nord) ;
  - En d'anciens travaux hydrauliques ayant eu pour objet de dériver une partie du cours d'eau en direction du coteau Sud pour former une chute d'eau exploitable. Le bras Sud pourrait alors constituer un bras d'origine artificielle tandis que le bras Nord s'apparenterait à l'ancien tracé naturel du cours d'eau en fond de vallée. L'absence de moulin visible à ce niveau à l'heure actuelle ou sur les plans anciens ne permet pas toutefois de valider cette hypothèse.
  
- **Sur le segment 2, linéaire faiblement influencé par les ouvrages du moulin Brandard :**
  - Un exhaussement continu du fond du lit par rapport au profil de fond théorique (**+0.46 m** en moyenne et localement jusqu'à **+0.8 m**) sur une distance de **300 m** environ en amont du déversoir de décharge amont (**OH1**), témoignant d'un effet de dépôt préférentiel de la charge solide en transit qu'implique le ralentissement généralisé des écoulements sous l'effet des ouvrages du moulin Brandard. Le volume de sédiments accumulés sur cet axe (matériaux alluvionnaires granulaires) est estimé à  $\approx$  **1313 m<sup>3</sup>**.
  
- **Sur le segment 3, correspondant au bief du moulin Brandard :**
  - Le colmatage des substrats et l'envasement généralisé du fond du lit, en lien avec le relèvement du fond « dur », de la ligne d'eau en amont du déversoir principal et le ralentissement important des écoulements. Ainsi, le volume de sédiments meubles (limons, vase, matière organique) accumulés sur cet axe est estimé à  $\approx$  **800 m<sup>3</sup>** et s'établit sur une épaisseur moyenne de l'ordre de **0.5 m**.

Le profil de fond « dur » est relativement plat et significativement relevé par rapport au profil hydromorphologique théorique (relèvement continuellement croissant de l'amont vers l'aval, de **0.95 m** en moyenne et jusqu'à **1.17 m** localement) et témoigne du caractère artificiel du bras, lequel a été très anciennement creusé en déport du tracé naturel en fond de vallée et vers le coteau Sud à l'édification du moulin pour créer une chute d'eau exploitable à ce niveau.

- **Sur le segment 5, correspondant au bras naturel court-circuité en fond de vallée :**
  - L'absence de désordres majeurs apparents concernant la nature, l'épaisseur et la granulométrie des alluvions constituant le fond du lit.



### c) Approche quantitative du transit sédimentaire

#### Préambule

L'analyse des variables morphodynamiques permise par la modélisation hydraulique, et couplée aux mesures sédimentaires et aux observations de terrain, permet d'apprécier les capacités d'érosion et de transport du cours d'eau, ainsi que son aptitude à adapter sa morphologie (variables de réponse) en fonction des perturbations extérieures qui lui sont imposées (variables de contrôle – débit liquide, solide...).

Les capacités de transport sont analysées à partir du calcul des forces de frottements (ou de cisaillement) ( $\tau_0$ ), qui s'appliquent sur le fond et les parois du lit.

Celles-ci doivent être suffisamment importantes pour arracher puis charrier ou remettre en suspension les sédiments. La mise en mouvement des particules solides s'apprécie par l'utilisation du critère de Shields ( $\tau^*$ ) en fonction de la taille des particules en présence, comme l'indique le diagramme de Yalin-Shields suivant.

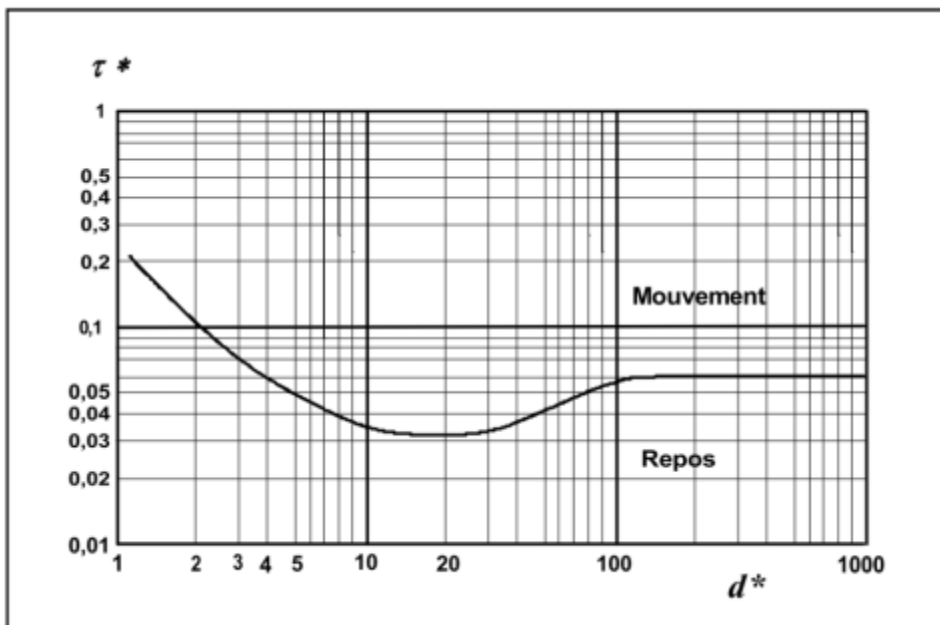


Figure 60. Diagramme de Yalin-Shields

Il y a mouvement lorsque  $\tau^* > \tau_0$

$$\tau_0 = \rho \cdot u^{*2} \quad \tau^* = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho_0) \cdot g \cdot d}$$

Avec :

$\tau_0$  = Contrainte tractrice tangentielle s'appliquant sur les parois du lit

$\tau^*$  = Critère de Shields : contrainte tractrice minimale pour la remise en mouvement des matériaux

$u^*$  = vitesse de frottement s'appliquant sur les parois du lit

$\rho_s$  = masse volumique du matériau solide, égale à 2650 kg/m<sup>3</sup>

$\rho_0$  = masse volumique de l'eau égale à 1000 kg/m<sup>3</sup> à T=20°C

$d$  = diamètre de la particule solide,  $d^* = 25000 \cdot d$

$g =$  constante de gravitation égale à  $9.81 \text{ m}^2/\text{s}$ .

Ainsi la mobilité des matériaux s'observe lorsque :

- $\tau^* > 0.3$  pour des particules fines de type argiles (phénomène de cohésion des vases difficilement modélisable) ;
- $\tau^* > 0.1$  pour des particules fines de type sables fins ;
- $\tau^* > 0.03$  pour des particules de type sables moyens ;
- $\tau^* > 0.04$  pour des particules de type sables grossiers ;
- $\tau^* > 0.06$  pour des particules de type graviers moyens.

Ces hypothèses sont valables pour une granulométrie de fond relativement uniforme et non cohésive.

Sur les linéaires d'écoulement libre, il est fréquemment observé la présence d'une couche d'armure sur le fond. Celle-ci se met généralement en place à la suite des crues morphogènes, qui charrient efficacement les sédiments d'amont en aval et qui les redistribuent également sur l'épaisseur du matelas alluvial.

Un tri granulométrique s'opère verticalement avec un recouvrement des éléments fins (sables, graviers) par des matériaux alluvionnaires plus grossiers (cailloux, pierres).

La couche d'armure limite ainsi l'évolution du matelas alluvial sous l'action des contraintes érosives en crue (phénomène de rétroaction). Ce phénomène est toutefois réversible, les crues de plus forte ampleur permettant de remobiliser les matériaux les plus grossiers sur le fond.

La seule appréciation du critère de Shields a donc tendance à surestimer les capacités d'ajustement hydromorphologique sur les linéaires non impactés par les ouvrages.

### **Analyse des variables hydromorphologiques sur le secteur d'étude**

Les contraintes tractrices de fond moyennes et les sédiments potentiellement mobilisables sur le bras principal du Betz sont récapitulés dans le tableau ci-après pour les différents régimes hydrologiques ordinaires considérés.

L'analyse de ces données amène aux commentaires suivants :

- En régime de basses eaux, le relèvement de la ligne d'eau en amont du moulin Brandard est de nature à diminuer les vitesses et contraintes tractrices de façon importante sur le **segment 2**, et plus encore sur le **segment 3**, ce qui y favorise le dépôt des sédiments fins, lesquels ne peuvent être repris et véhiculés par le cours d'eau qu'en moyennes et hautes eaux annuelles. La configuration ancienne des ouvrages du moulin, permettant la gestion du niveau d'eau au plus proche de la cote de retenue, accentuait plus encore cet effet.
- En régime de moyennes eaux, les linéaires d'écoulement les plus courants (**segment 1 aval et segment 5**) sont favorables au transport de sables grossiers, limitant le colmatage des substrats, contrairement aux linéaires influencés où les faibles vitesses ne permettent le transport que de sables moyens ;
- En régime de plein bord et quel que soit la configuration des ouvrages du moulin, le cours d'eau a la capacité de véhiculer des sédiments grossiers de type graviers moyens à grossiers en dehors des secteurs les plus lents (**segment 1 amont et segment 3**), où seuls des sédiments fins de type sables moyens ou grossiers sont susceptibles d'être transportés.

Tronçon	QMNA5		Débit médian		module		double module		Plein bord	
	Matériau mobilisable - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Configuration ancienne - Gestion à la cote légale de retenue	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle
<b>Segment 1 amont</b>	Dépôts	Dépôts	Sables moyens	Sables moyens	Sables moyens	Sables moyens	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers
<b>Segment 1 aval</b>	Sables moyens	Sables moyens	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers
<b>Segment 2 - Amont P9</b>	Dépôts	Sables grossiers	Sables moyens	Sables grossiers	Sables moyens	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Graviers moyens	Graviers moyens
<b>Segment 2 - Aval P9</b>	Dépôts	Dépôts	Dépôts	Sables moyens	Sables moyens	Sables moyens	Sables moyens	Sables grossiers	Graviers moyens	Graviers moyens
<b>Segment 3</b>	Dépôts	Sables moyens	Dépôts	Sables moyens	Dépôts	Sables moyens	Sables moyens	Sables moyens	Sables grossiers	Sables moyens
<b>Segment 5</b>	Sables grossiers	Absence d'écoulement	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Graviers moyens	Graviers moyens	Graviers grossiers

Tableau 22. Sédiments potentiellement mobilisables sur le Betz à l'échelle de la zone d'étude pour les régimes hydrologiques ordinaires et pour les configurations des ouvrages testées

### 6.4.3 Impacts des ouvrages sur la qualité de l'eau

Les données de suivi à disposition ne permettent pas de mettre en évidence localement et précisément l'impact du complexe hydraulique associé au moulin Brandard sur la qualité de l'eau.

D'une façon qualitative, il peut être potentiellement attendu une dégradation sensible de la qualité de l'eau dans l'emprise du linéaire influencé et au détriment également de l'aval compte tenu :

- **De la banalisation des faciès d'écoulements** dans l'emprise du remous liquide et du colmatage des fonds impactant le bon fonctionnement des biocénoses aquatiques ;
- **Du réchauffement favorisé des eaux en période estivale**, en lien avec les faibles débits et vitesses d'écoulement, le plus faible renouvellement des eaux et le colmatage des fonds impactant les fonctions de régulation thermique classiquement permises par les écoulements hyporhéiques. *Cet effet reste à relativiser toutefois au regard de la ripisylve bien développée sur le secteur ;*
- **De la diminution de la teneur en oxygène dissous en période estivale** dans l'emprise du remous compte tenu des faciès lenticulaires en lieu et place de successions de faciès variés (mouilles/radiers) favorisant l'oxygénation de l'eau au niveau des transitions de faciès et autres zones turbulentes. *Cet effet peut être toutefois compensé tout ou partie par la réoxygénation locale de l'eau au droit des différentes chutes ;*
- **De la diminution de l'effet d'autoépuration classiquement observé sur des faciès naturels** au niveau du biofilm se développant sur les substrats grossiers, en raison du colmatage des fonds par les fines.

L'intensité de ces effets dépend principalement du linéaire d'écoulement influencé, du régime hydrologique du cours d'eau au regard du volume de retenue des ouvrages (notion de temps de renouvellement des eaux), de la qualité globale des eaux et du milieu aquatique (résilience du milieu, capacités intrinsèques d'autoépuration...) et de l'effet de cumul des différents ouvrages sur le cours d'eau. Au-delà de l'impact localisé du site, il convient en effet de préciser que l'impact hydromorphologique cumulé des différents ouvrages sur le cours d'eau a très probablement des conséquences sur la qualité globale de l'eau dans le sens où le potentiel d'autoépuration naturel des eaux par le milieu est fortement altéré par l'étagement et la mise en bief du lit et la banalisation des faciès d'écoulements.

*Le plan d'eau situé entre le bief et le bras naturel court-circuité du Betz est par ailleurs de nature à dégrader la qualité physico-chimique de l'eau, dans l'emprise de l'étang mais également en aval du moulin Brandard dans la mesure où :*

- Ce dernier est alimenté par les eaux superficielles du Betz (via les écoulements souterrains entre le bief et le plan d'eau) et que les eaux y sont restituées via le bras de décharge confluent en aval proche du moulin ;
- La forte pénétration de lumière sur l'étang, associée à son faible renouvellement en eau (faible débit au regard du volume de retenue) sont favorables au réchauffement de l'eau et à son anoxie ;
- La forte concentration de nitrates dans la masse d'eau, combinée aux facteurs précédemment évoqués, peut favoriser le développement de blooms algaux lors des épisodes de fortes chaleurs, lesquels peuvent être très préjudiciables au milieu aquatique (consommation de l'oxygène dissous à la mort cellulaire des algues et libération potentiellement de toxines);



- L'abaissement du niveau d'eau sur le Betz en amont du moulin en période d'étiage (du fait notamment de la disparition de la vanne usinière) est de nature à diminuer fortement l'alimentation
- du plan d'eau et à allonger plus encore le temps de renouvellement des eaux et par voie de conséquence l'intensité des effets indésirables associés.

La mise en place d'un suivi scientifique minimal sur le site (SSM) permettrait de préciser cette analyse pour l'état actuel, et d'apprécier l'efficacité des travaux qui seront mis en œuvre.

#### 6.4.4 Impacts des ouvrages sur la continuité piscicole

##### a) Préambule – Comportement migratoire des espèces piscicoles

Les poissons sont continuellement en mouvement pour des raisons liées à l'exécution de leur fonction vitales :

- **Se protéger des contraintes du milieu** ainsi que des prédateurs et éventuellement compétiteurs, de manière à assurer leur survie ;
- **Se nourrir dans les meilleures conditions** afin d'assurer leur croissance et leur maturation sexuelle ;
- **Se reproduire dans des conditions les plus favorables**, de manière à assurer la pérennité de l'espèce.

Suivant leur fonction, ces mouvements écologiques s'expriment à des échelles de temps variables (au cours de la journée ou au cours d'un cycle annuel de vie), sur des distances variables (de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres) et dans des sens variables (longitudinalement vers l'amont ou vers l'aval, latéralement entre le cours principal et les annexes fluviales, verticalement dans les lacs et les rivières profondes).

Les espèces migratrices susceptibles d'être rencontrées sur la zone d'étude se composent :

- **D'espèces amphibiotiques catadromes** (migration eau douce → eau de mer pour la reproduction) : **anguille européenne** :
  - Déplacement obligatoire des adultes vivant en eau douce vers l'eau de mer pour les besoins de reproduction ;
- **D'espèces holobiotiques<sup>1</sup> potamodromes** (déplacements en eau douce uniquement) exigeantes pour le substrat de ponte :
  - Totalité du cycle vital en eau douce ;
  - Recherche de zones particulières pour le dépôt des œufs ;
  - Bancs de graviers meubles et oxygénés pour les espèces d'eaux courantes ;
  - Plages de végétation pour les espèces d'eaux lentes (ponte d'œufs collants sur les plantes) ;
- D'autres espèces holobiotiques potamodromes moins exigeantes pour le substrat de ponte :
  - Succès reproductif non conditionné obligatoirement par le succès de migration ;
  - Espèces peu exigeantes pour le substrat de ponte pouvant facilement trouver des conditions favorables à leur reproduction dans le bief ou tronçon de rivière où ils résident.

---

<sup>1</sup> Un même milieu de vie pour la croissance et la reproduction)

Les migrations ne s'effectuent pas aux mêmes périodes de l'année pour toutes les espèces.

**Aussi, lorsque l'on considère l'ensemble des espèces en présence, des migrations peuvent être observées toute l'année.**

Les tableaux suivants donnent les principales périodes de migrations des espèces sur les cours d'eau français.

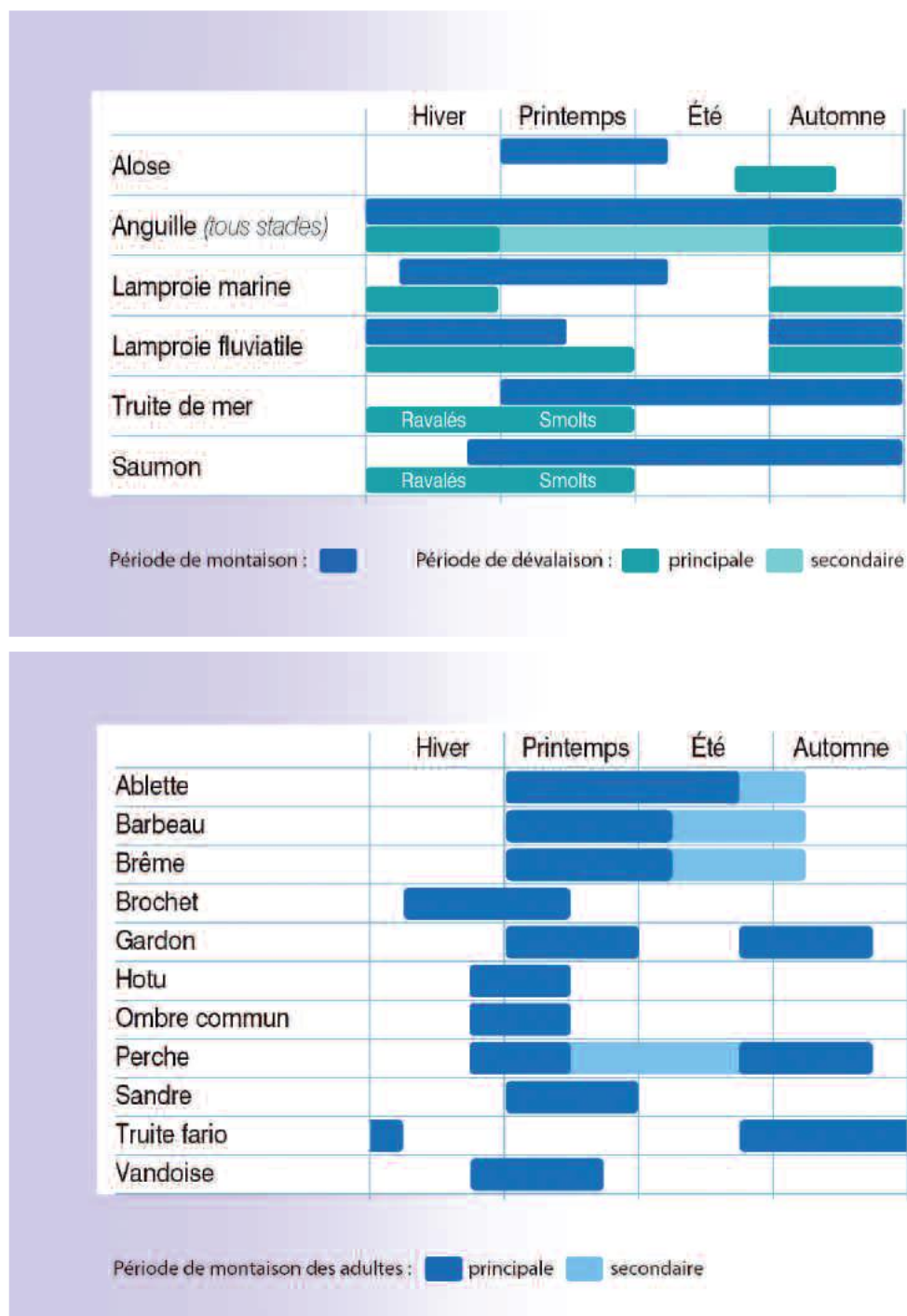


Figure 61. Principales périodes de migration reproduction des espèces de poisson amphibiotiques et holobiotiques en France. Source Guide Technique ICE – ONEMA 2014

## b) Méthodologie d'analyse de la franchissabilité piscicole des ouvrages

Le diagnostic de la franchissabilité sur la zone d'étude a été réalisé en s'inspirant des principes du guide *Informations sur la Continuité Ecologique (ICE) – Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, principes et méthodes, ONEMA, 2014.*

Il est précisé que la méthodologie proposée dans le cadre de l'étude s'appuie sur des données de calcul hydraulique, obtenues après calage d'un modèle d'écoulement sur des lignes d'eau mesurées en régime de basses eaux, et non sur des mesures de terrain à différents débits.

Le protocole ICE repose sur la confrontation de la géométrie et des conditions hydrauliques au niveau de l'ouvrage avec les capacités physiques de nage et de saut des espèces de poissons considérées pour déterminer la franchissabilité des obstacles à la montaison.

Quatre classes d'impacts ont été retenues par le protocole, associées chacune à un indice de franchissabilité comme reporté dans le tableau ci-après.

Classe ICE	Code couleur	Signification
<b>Barrière totale - Classe ICE = 0</b>		La barrière est infranchissable pour les espèces-cibles/stades du groupe considéré et constitue un obstacle total à leur migration. Il est toutefois possible que dans des conditions exceptionnelles, l'obstacle se révèle momentanément franchissable pour une fraction de la population.
<b>Barrière partielle à impact majeur - Classe ICE = 0,33</b>		La barrière représente un obstacle majeur à la migration des espèces-cibles/stades du groupe considéré. L'obstacle est infranchissable une grande partie du temps et/ou pour une partie très significative de la population. Le franchissement de l'obstacle à la montaison n'est possible que durant une partie limitée de la période de migration et pour une fraction limitée de la population du groupe considéré. L'obstacle provoque des retards de migration préjudiciables au bon déroulement du cycle biologique des espèces.
<b>Barrière partielle à impact significatif - Classe ICE = 0,66</b>		La barrière représente un obstacle significatif à la migration des espèces-cibles/stades du groupe considéré. Le franchissement de l'obstacle à la montaison est possible une grande partie du temps et pour la majeure partie de la population. L'obstacle est néanmoins susceptible de provoquer des retards de migration non négligeables. L'obstacle reste donc néanmoins infranchissable une partie de la période de migration pour une fraction significative de la population du groupe considéré
<b>Barrière franchissable à impact limité - Classe ICE = 1)</b>		La barrière ne représente pas un obstacle significatif à la migration des espèces-cibles/stades du groupe considéré. La plus grande partie de la population est capable de la franchir dans un laps de temps court et sans dommage. Cela ne signifie pas que la barrière n'occasionne absolument aucun retard de migration ou que tous les individus du groupe considéré la franchissent sans dommage.

Tableau 23. Classes d'impacts et indice de franchissabilité piscicole ICE

### Dans le cas présent :

- Le canal usinier ne peut être considéré comme une voie de franchissement potentielle compte tenu de la présence de la roue, de l'absence de fosse d'appel en pied de chute, de la forte hauteur de chute, du faible débit d'attrait, et de la présence d'une grille en très grande partie occultée par des dépôts de bois et de vase en amont immédiat de la vanne usinière ;

- Le bras de décharge ne peut être considéré comme une voie de franchissement potentielle compte tenu de la présence d'un seuil à forte chute, faible tirant d'eau sur le parement et avec redan épais en crête (**OH7**), situé entre le vannage de décharge et le pont de la rue du moulin Brandard, de la présence d'un vannage de décharge dont l'entrouverture est en très grande partie occultée par des dépôts de bois et de vase
- Le bras naturel court-circuité peut être considéré comme une voie de franchissement potentielle, mais uniquement pour les espèces sauteuses (truite fario dans le cas présent) et en cas d'alimentation du bras soit pour les régimes de moyennes et de hautes eaux annuelles.

### **c) Analyse de la franchissabilité du déversoir de décharge amont (OH1) du moulin Brandard**

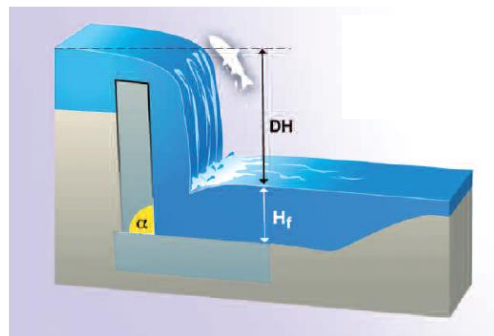
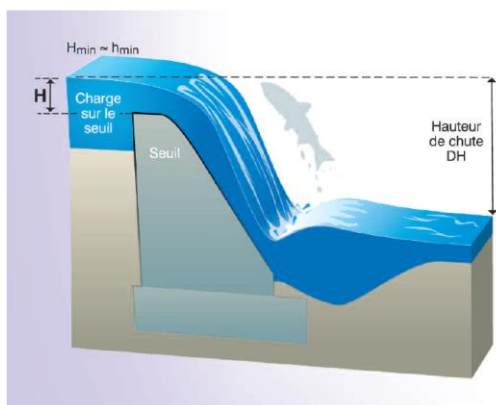
Le seuil du vannage de décharge amont (**OH1**) du moulin Brandard constitue un obstacle à parement vertical que les poissons ont la possibilité de franchir uniquement par saut pour les régimes hydrologiques de moyennes et hautes eaux annuelles.

Les critères élémentaires à prendre en compte pour la définition des classes de franchissabilité des seuils verticaux ou quasi-verticaux pour les espèces en présence sont :

- Les caractéristiques de l'écoulement au passage de l'ouvrage (tirant d'eau minimal, chute d'eau), et la profondeur de la fosse aval ;
- Les capacités de nage et de saut en fonction des espèces ciblées et de leur morphologie (vitesse de nage maximale, endurance à cette vitesse maximale et hauteur du poisson).



### Illustration des paramètres à prendre en compte pour le franchissement par saut de seuils à parement incliné à vertical



Chute DH (m)	Hauteur de fosse nécessaire (Hfmin) en pied de chute verticale ou quasi-verticale (>150%)
≤ 0,25	0,30 m
]0,25 - 0,50]	0,45 m
]0,50 - 0,75]	0,70 m
]0,75 - 1,00]	0,85 m
]1,00 - 1,50]	1,00 m
]1,50 - 2,00]	1,20 m
> 2,00	1,40 m

Tableau 24. Ordre de grandeur de la profondeur minimale de fosse (Hf min) nécessaire pour permettre au poisson de franchir un obstacle à parement vertical ou quasi-vertical (>150%) – Source : Guide ICE ONEMA 2014

Groupe ICE	Espèces	Espèces sauteuses	Charge minimale sur l'obstacle (Hmin)	Valeurs seuils de chute pour le diagnostic de seuil à parement vertical >150% (m)				DH extrême
				Classe ICE				
				1	0,66	0,33	0	
1	Saumon atlantique ( <i>Salmo salar</i> ) Truite de mer ou de rivière [50-100] ( <i>Salmo trutta</i> )	Oui	0,20 m	≤ 1,00	]1,00 - 1,50]	]1,50 - 2,50]	> 2,50	3,00 m
2	Mulets ( <i>Chelon labrosus</i> , <i>Liza ramada</i> )	Oui	0,10 m	≤ 0,80	]0,80 - 1,10]	]1,10 - 1,80]	> 1,80	2,50 m
3a	Grande alose ( <i>Alosa alosa</i> )	Non	0,15 m	≤ 0,60	]0,60 - 1,00]	]1,00 - 1,40]	> 1,40	2,00 m
3b	Alose feinte ( <i>Alosa fallax fallax</i> )		0,10 m					
3c	Lamproie marine ( <i>Petromyzon marinus</i> )		0,10 m					
4a	Truite de rivière ou truite de mer [25-55] ( <i>Salmo trutta</i> )	Oui	0,10 m	≤ 0,50	]0,50 - 0,90]	]0,90 - 1,40]	> 1,40	2,00 m
4b	Truite de rivière [15-30] ( <i>Salmo trutta</i> )		0,05 m	≤ 0,30	]0,30 - 0,50]	]0,50 - 0,80]	> 0,80	1,50 m
5	Aspe ( <i>Aspius aspius</i> ) Brochet ( <i>Esox lucius</i> )	Non	0,15 m	≤ 0,60	]0,60 - 1,00]	]1,00 - 1,40]	> 1,40	2,00 m
6	Ombre commun ( <i>Thymallus thymallus</i> )	Oui	0,10 m	≤ 0,40	]0,40 - 0,75]	]0,75 - 1,20]	> 1,20	1,50 m
7a	Barbeau fluviatile ( <i>Barbus barbus</i> ) Chevaine ( <i>Squalius cephalus</i> ) Hotu ( <i>Chondrostoma toxostoma</i> )	Non	0,10 m	≤ 0,30	]0,30 - 0,60]	]0,60 - 0,90]	> 0,90	1,50 m
7b	Lampiole fluviatile ( <i>Lampetra fluviatilis</i> )		0,05 m					
8a	Carpe commune ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Non	0,25 m	≤ 0,20	]0,20 - 0,50]	]0,50 - 0,70]	> 0,70	1,50 m
8b	Brème commune ( <i>Abramis brama</i> ) Sandre ( <i>Sander lucioperca</i> )		0,15 m					
8c	Brème bordelière ( <i>Blicca bjoerkna</i> ) Ide melanote ( <i>Leuciscus idus</i> ) Lotte de rivière ( <i>Lota lota</i> ) Perche ( <i>Perca fluviatilis</i> ) Tanche ( <i>Tinca tinca</i> )		0,10 m					
8d	Vandoises ( <i>Leuciscus sp hors idus</i> )		0,05 m					
9a	Ablette commune ( <i>Alburnus alburnus</i> ) Ablette sprinlin ( <i>Alburnodes bipunctatus</i> ) Barbeau méridional ( <i>Barbus meridionalis</i> ) Blageon ( <i>Telestes souffia</i> ) Carassin commun ( <i>Carassius carassius</i> ) Carassin argenté ( <i>Carassius gibelio</i> ) Gardon ( <i>Rutilus rutilus</i> ) Rotengle ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> ) Taxostome ( <i>Parachondrostoma toxostoma</i> )	Non	0,05 m	≤ 0,15	]0,15 - 0,35]	]0,35 - 0,50]	> 0,50	1,00 m
9b	Apron ( <i>Zingel asper</i> ) Chabots ( <i>Cottus sp</i> ) Goujons ( <i>Gobio sp</i> ) Grémille ( <i>Gymnocephalus cernuus</i> ) Lamproie de Planer ( <i>Lampetra planeri</i> ) Loche franche ( <i>Barbatula barbatula</i> ) Loche de rivière ( <i>Cobitis taenisi</i> )		0,05 m					
10	Able de Heckel ( <i>Leucaspis delineatus</i> ) Boulière ( <i>Rhodeus amarus</i> ) Epinoche ( <i>Gasterosteus gymnuris</i> ) Epinochette ( <i>Pungitius laevis</i> ) Vairons ( <i>Floxinus sp</i> )	Non	0,05 m	≤ 0,10	]0,10 - 0,20]	]0,20 - 0,30]	> 0,30	1,00 m
11a	Anguille européenne [jaune] ( <i>Anguilla anguilla</i> )	Non	0,02 m	≤ 0,20	]0,20 - 0,35]	]0,35 - 0,50]	> 0,50	1,00 m
11b	Anguille européenne [civelle] ( <i>Anguilla anguilla</i> )		-	-	-	-	-	

Tableau 25. Capacités de franchissement par nage sur parement vertical - Critères ICE par espèce – Source : Guide ICE ONEMA 2014

Le tableau ci-après donne la synthèse des critères utiles à l'analyse de la franchissabilité piscicole au droit du déversoir de décharge amont vis-vis de l'ensemble des espèces cibles en présence.

Régime hydrologique	QMNA5	Médian	Module	Double module	
Tirant d'eau m	0.27	0.49	0.52	0.57	
Z eau amont m NGF	82.36	82.58	82.61	82.66	
Z eau aval ouvrage m NGF	81.27	81.30	81.39	81.50	
Chute m	1.09	1.29	1.23	1.16	
Profondeur de la fosse aval	0.50	0.53	0.62	0.73	
Franchissabilité piscicole - Note ICE					
Espèces	Groupe ICE	QMNA5	Médian	Module	Double module
Truite de rivière ou truite de mer (25-55)	4a	0	0	0	0
Truite de rivière (15-30)	4b	0	0	0	0
Brochet	5	0	0	0	0
Chabot, Goujon, Loche Franche, Lamproie de planer	9b	0	0	0	0
Vairon	10	0	0	0	0

Tableau 26. Franchissabilité piscicole de l'ouvrage de décharge ouvert du moulin Brandard - Protocole ICE

Il ressort de cette analyse que les conditions d'écoulement au passage du déversoir de décharge amont du moulin Brandard sont incompatibles avec les capacités de saut et de nage de l'ensemble des espèces en présence compte tenu de la chute d'eau trop importante et de la profondeur insuffisante de la fosse d'appel. **L'ouvrage peut donc être considéré comme une barrière totale pour la circulation des espèces piscicoles.**

#### d) Cas particulier de l'anguille

L'anguille a la particularité de pouvoir franchir certains obstacles par reptation dès lors que les substrats sont humides, rugueux, de pente et de longueur modeste.

Le tableau page suivante reporte les principaux critères à considérer pour le diagnostic de franchissabilité de l'anguille par reptation sur les seuils.

Dans le cas présent, les possibilités de franchissement pour l'anguille au droit du déversoir de décharge amont semblent nulles compte tenu de la hauteur et de la raideur du parement.

Il est probable toutefois que l'anguille puisse accéder en faibles effectifs à l'amont en utilisant ses capacités de reptation sur substrats humides et rugueux par contournement en rive des différents ouvrages du moulin.

Pente du coursier en %	Distance à franchir L (m)						
	L ≤ 0,5	0,5 < L ≤ 1	1 < L ≤ 2	2 < L ≤ 5	5 < L ≤ 10	10 < L ≤ 20	L > 20
P ≤ 5	1	1	1	1	1	1	1
5 < P ≤ 12,5	1	1	1	1	1	0,66	0,66
12,5 < P ≤ 25	1	1	1	1	0,66	0,66	0,33
25 < P ≤ 50	1	1	1	0,66	0,66	0,33	0,33
50 < P ≤ 75	1	1	0,66	0,66	0,33	0,33	0
75 < P ≤ 100	1	0,66	0,66	0,33	0,33	0	0
100 < P ≤ 150	1	0,66	0,33	0,33	0	0	0
150 < P ≤ 300	0,66	0,33	0,33	0	0	0	0
P > 300	0,66	0,33	0	0	0	0	0

Figure 62. Tableau permettant le diagnostic de franchissabilité pour l'anguille par reptation sur les seuils – Source : Guide ICE ONEMA 2014

## 6.5 SYNTHÈSE DES ALTERATIONS AU MILIEU NATUREL

**En synthèse**, les principales altérations au milieu naturel recensées sur le cours d'eau à l'échelle de la zone d'étude sont les suivantes :

### Présence d'ouvrages associés au complexe hydraulique du moulin Brandard :

- Altération de la continuité écologique :
  - Franchissabilité piscicole interrompue au droit des ouvrages de décharge pour l'ensemble des régimes hydrologiques ordinaires;
  - Transit sédimentaire perturbé dans l'emprise du linéaire influencé par le moulin ;
  - Écoulement lent à stagnant favorisant la décantation des matières en suspension et le colmatage des substrats grossiers ;
- Homogénéisation et banalisation des faciès d'écoulement :
  - Banalisation et appauvrissement des habitats aquatiques : écoulement lent, peu profond et très homogène sur l'ensemble du bief sur fond colmaté ;
  - Réchauffement et anoxie des eaux et effets de l'eutrophisation favorisés ;
  - Mise en danger chronique des espèces inféodées au bras naturel court-circuité du Betz en cas de non restitution du débit minimum réservé au droit du déversoir de décharge amont;
- Rectification et déport ancien du Betz sur le coteau Sud sur environ **200 m** en amont du moulin Brandard :
  - Altération des habitats physiques et hydrauliques ;
  - Altération du profil en travers, en long et du tracé en plan;
  - Dérèglement des processus naturels de débordements ;
- Création ancienne de nombreux bras secondaires associés au complexe hydraulique du moulin Brandard :
  - Problématique de faibles débits sur chaque bras du fait de leur diffusion, à l'origine de pertes de fonctionnalités écologiques à l'échelle de l'ensemble du complexe hydraulique;
- Dérèglement des processus naturels de débordements :
  - Perte de fréquence et durée de submersion du lit majeur et des annexes ;
  - Aggravation des inondations en aval ;
- Présence d'un plan d'eau en lit majeur en dérivation du bief du moulin:
  - Réchauffement et anoxie de la masse d'eau superficielle et effets de l'eutrophisation favorisés ;



- Peuplement piscicole du plan d'eau dérivant fortement de la typologie naturelle attendue et pouvant participer à déstructurer le peuplement piscicole sur le Betz;
- Rectification et recalibrage récent d'une partie du bras naturel court-circuité du Betz en fond de vallée (travaux hydrauliques des années 80) :
  - Banalisation et appauvrissement des habitats aquatiques ;
  - Disparition d'une grande partie des substrats granulaires sur le fond du lit propices à la vie aquatique ;
  - Dérèglement des processus naturels de débordements ;
- Endiguement des rives du bras naturel court-circuité du Betz :
  - Altération du profil en travers ;
  - Dérèglement des processus naturels de débordements ;
- Comblement d'anciens méandres du bras naturel court-circuité du Betz en rive droite du tracé actuel rectifié et recalibré (travaux hydrauliques des années 80):
  - Perte d'habitats de type annexe hydraulique ;
- Dérèglement des processus naturels de débordements.

Il est à signaler enfin la sévérité des étiages observés ces dernières années sur le secteur, particulièrement préjudiciables au milieu aquatique dans son ensemble, même si cette problématique ne peut être ici imputée à la présence de petits ouvrages transversaux sur le cours d'eau. Elle renforce toutefois l'enjeu de restauration de la continuité écologique du cours d'eau puisqu'il apparaît d'autant plus important que les espèces piscicoles puissent circuler librement afin de rejoindre des zones refuges dès que le besoin s'en fait sentir d'une part, et recoloniser rapidement le milieu une fois que les conditions minimales requises à la vie aquatique sont rétablies d'autre part.

## 6.6 SYNTHÈSE DES ENJEUX, CONTRAINTES ET OPPORTUNITÉS

L'analyse des enjeux, contraintes et opportunités sur la zone d'étude fait ressortir les points suivants :

### Enjeux pour le milieu aquatique :

- Restauration de la continuité piscicole et sédimentaire à l'échelle du complexe hydraulique du moulin Brandard ;
- Diversification des écoulements et des habitats sur l'ensemble des linéaires influencés, en réponse à l'artificialisation du lit et à l'homogénéisation des écoulements ;
- Soutien des débits sur le bras naturel court-circuité du Betz, en réponse aux très faibles débits observés sur ce dernier en période d'étiage et aux plus fortes potentialités biologiques constatées sur ce tronçon ;
- Amélioration des échanges entre le lit mineur et le lit majeur sur les secteurs à faibles enjeux humains et matériels, en réponse à la diffusion des débits sur de multiples bras et aux endiguements de faible hauteur (probables merlons de curage) réalisés dans le cadre de travaux hydrauliques passés;
- Diminution des impacts générés par la présence du plan d'eau.

### Contraintes

- Non aggravation des inondations au droit des secteurs à enjeux humains et matériels ;
- Conservation d'un débit et d'une ligne d'eau minimale dans le bief pour :
  - Permettre une alimentation minimale de la roue et sa mise en valeur (après restauration ou remplacement) à des fins d'agrément esthétique;

- Préserver l'aspect paysager du site ;
- Préserver les sous-bassements et fondations anciennes des bâtiments au contact direct de l'eau, potentiellement sujettes à une dégradation rapide en cas d'exondation sur tout ou partie de leur hauteur ;
- Préservation de l'usage de point d'eau incendie au droit de l'étang ou à proximité ;
- Absence de maîtrise foncière en rive droite du déversoir et du bras naturel court-circuité en fond de vallée (en cas de volonté d'araser le merlon en rive droite pour la recharge et le reprofilage du bras naturel court-circuité et l'amélioration des échanges du lit mineur avec sa plaine inondable ;

### **Opportunités**

- Réduction du plan d'eau envisageable en superficie voire suppression totale, libérant un espace disponible pour la diversification des écoulements (reméandrage du bras naturel court-circuité), l'expansion des crues et la formation d'une zone humide fonctionnelle ;
- Réduction possible du débit et du niveau de retenue sur le bief dans la mesure où les possibilités de mise en mouvement de la roue de moulin ne sont pas totalement compromises.

## 7 DESCRIPTION DU PROJET

### 7.1 CONSISTANCE ET DEROULEMENT GENERAL DES TRAVAUX

D'une façon générale, le programme de travaux s'accompagne :

- **De travaux préparatoires, forestiers, de dépose et de démolition:**
  - Mise place d'une zone d'installation de chantier (positionnement à définir en concertation avec les riverains – En rive droite aval du bras naturel court-circuité par exemple);
  - Travaux forestiers :
    - Abattage/Dessouchage des sujets ligneux (résineux essentiellement) implantés sur la digue de séparation de l'actuel plan d'eau avec le bras naturel court-circuité ;
      - Quantité estimée en première approche  $\approx 350$  (tuas essentiellement de diamètre inférieur à **0.4 m**, quantité pouvant évoluer sensiblement suite au marquage/piquetage préalable aux travaux) ;
    - Débroussaillage des zones d'intervention terrestres  $\approx 1600 \text{ m}^2$
  - Dépose d'une partie de la clôture en rive gauche du bras naturel court-circuité au niveau de la digue de séparation du plan d'eau  $\approx 150 \text{ ml}$  ;
  - Mise en place d'un dispositif anti-MES sur le canal de fuite et sur le bras de décharge en aval du point de restitution de l'étang et avant confluence avec le bras naturel court-circuité;
  - Dépose de la vanne usinière et des vannes de décharge du moulin;
  - Mise hors d'eau de l'étang:
    - Occultation définitive des buses d'alimentation actuelles de l'étang ;
    - Relèvement/Dépose des parties mobiles des dispositifs de vidange et vidange du plan d'eau ;
  - Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole sur l'étang vidangé (pêche complète au filet) ;
  - Phase d'attente pour le ressuyage et le tassement des matériaux meubles et gorgés d'eau ;
  - Mise hors d'eau du bras naturel court-circuité (report intégral et temporaire des eaux sur le bief) :
    - Mise en œuvre en cas de besoins de bigs-bags remplis de sable accolés en crête du seuil après enlèvement des encombrants ;
  - Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole sur le bras naturel court-circuité mis hors d'eau ;
  - Enlèvement des encombrants et dépose des enrochements en berge et sur le fond au droit de l'ouvrage de décharge amont ;
  - Démolition du mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité  $\approx 35 \text{ ml}$ ;
  - Dépose des plaques de soutènement en béton sur le pourtour de l'étang à déconnecter et évacuation  $\approx 264 \text{ ml}$ ;
  - Dépose de l'actuelle prise d'eau incendie (après aménagement d'une nouvelle prise d'eau plus en aval);
  - Démolition de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) et mise hors d'eau du bief:
    - Sciage horizontal du rideau de palplanche sur la cote de fond à établir en crête du radier amont à reconstituer sur le bras naturel ;

- Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole de façon concomitante à la mise hors d'eau du bief;
- Implantation/piquetage des aménagements :
  - Etape 1 : Marquage des arbres à abattre ;
  - Etape 2 : Implantation/piquetage des travaux à réaliser sur le bras naturel;
  - Etape 3 : Implantation/piquetage des travaux à réaliser sur le bief;
- **De travaux de terrassement:**
  - Arasement de la digue de séparation entre le plan d'eau et le bras naturel court-circuité jusqu'au niveau de berge souhaité sur le tracé restauré du bras naturel court-circuité;
  - Formation d'une risberme raccordant progressivement et à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué en rive gauche du bras naturel en fond de vallée, soit dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée, par terrassement en remblais valorisant les matériaux de déblais produits par l'arasement de la digue de séparation ;
  - Remodelage fonctionnel du bras naturel court-circuité sur **195 ml** en aval de l'actuel ouvrage de décharge amont (**OH1**) conformément aux plans de conception :
    - Apport de matériaux granulaires (calibre **10-100 mm**) pour le raccordement progressif des fonds amont/aval, la reconstitution du matelas alluvial et la diversification des écoulements ;
    - Mise en œuvre de radiers formés de pierres de type **LMA 5-60** (calibre **150 -300 mm**) sur une épaisseur de **0.45 m** ;
  - Remodelage fonctionnel du bief jusqu'au moulin Brandard :
    - Extraction des vases accumulées jusqu'au fond dur existant (vieux fonds, vieux bords) et régalinge sur la risberme formée dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée ;
    - Apport de matériaux granulaires (calibre **10-100 mm**) et de matériaux gravelo-terreux pour la constitution de banquettes alternes dans l'emprise du lit actuel valorisant également les matériaux de déblais produits par l'arasement de la digue de séparation;
  - Volumétrie :
    - Matériaux gravelo-terreux à extraire en vue de leur réemploi intégral sur site **≈ 1942 m<sup>3</sup>** ;
    - Vases à extraire sur le bief et à régaler en partie superficielles des surfaces remblayées dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée **≈ 800 m<sup>3</sup>** ;
    - Matériaux granulaires pour le remodelage des fonds et la reconstitution du matelas alluvial sur le bras naturel et la formation des risbermes sur le bief **≈ 443 m<sup>3</sup>** ;
    - Petits enrochements de type **LMA 5/40** (pierres de calibre **150-300 mm**) pour la réalisation des radiers : **372 T**
- **De travaux de génie végétal :**
  - Ensemencement des terrains dans l'emprise de la digue arasée et des surfaces remblayées dans l'emprise de l'actuel plan d'eau par un mélange grainier de type "Zone humide" **≈ 3 570 m<sup>2</sup>**;
  - Ensemencement des risbermes reconstituées sur le bief par un mélange grainier de type "Zone humide" **≈ 547 m<sup>2</sup>**;
  - Plantations de jeunes plants (**≈ 116**) et d'arbres tiges (**≈ 22**) d'essences indigènes (aulne, saule, noisetier...) dans l'emprise de la digue arasée ;
- **De travaux divers :**



- Aménagement d'un puisard connecté à la rivière et déporté en rive accessible depuis la route du moulin Brandard (à réaliser préalablement à la dépose de la prise d'eau existante);
- Pose d'une nouvelle clôture en léger recul de sommet de berge reconstitué sur le bras naturel (type clôture agricole)  $\approx 150$  ml ;
- **De travaux de finition :**
  - Evacuation des déchets de toutes natures vers une filière de valorisation/traitement/stockage adaptée ;
  - Retrait des installations de chantier et remise en état des terrains empruntés (décompactage, nivellement et engazonnement si nécessaire des terrains empruntés, réempierrement si nécessaire des chemins existants empruntés...).

## 7.2 CONCEPTION DU SYSTEME REPARTITEUR

### 7.2.1 Hypothèses de répartition des eaux entre le bief du moulin Brandard et le bras de contournement

**D'une façon générale**, et à l'échelle d'un complexe hydraulique, le débit dimensionnant de la solution de rétablissement de la continuité piscicole doit être suffisamment important pour concurrencer les débits dérivés par les autres axes d'écoulement et/ou parties d'ouvrages, et constituer un point d'attrait piscicole préférentiel à la sortie hydraulique (entrée piscicole) de l'aménagement.

Il doit donc être adapté à l'hydrologie du cours d'eau mais également à la configuration du site, notamment lorsque ce dernier présente des points d'attrait multiples et distants.

Pour des cours d'eau de taille modeste, il peut être envisagé d'allouer à l'aménagement destiné à rétablir la continuité piscicole la totalité du débit minimum réservé, soit le **1/10<sup>ième</sup> du module interannuel** au minimum (débit plancher réglementaire), voire plus en fonction des usages du site.

**Dans le cas présent**, il convient en premier lieu de favoriser l'attractivité du bras naturel court-circuité à la confluence avec le bras de décharge et le canal de fuite du moulin Brandard.

Cela peut être obtenu en assurant pour les régimes hydrologiques ordinaires un débit **quatre fois plus élevé** sur le bras naturel court-circuité à la confluence des bras.

Cette disposition revient à assurer un partage des eaux en régime ordinaire de l'ordre de  $\approx 80\%$  du débit total du Betz sur le bras naturel court-circuité au droit du point de répartition amont (soit  $\approx 20\%$  du débit du Betz sur le bief).

**En cas de situation d'étiage sévère** (débit du Betz inférieur au débit minimum réservé estimé sur site à **58 l/s**, soit une situation très rare et potentiellement atteinte moins de **1%** du temps en année normale), l'hypothèse de travail retenue consiste à restituer l'intégralité du débit du Betz sur le bras naturel court-circuité (soit une déconnexion du bief pour tout débit du Betz inférieur à **58 l/s** sur le site).

### 7.2.2 Implantation et type d'aménagement préconisés

**D'une façon générale**, un système répartiteur doit être composé de parties d'aménagement formant des sections de contrôle hydraulique dont le fonctionnement ne

peut dépendre que de la géométrie de leur section et des conditions d'écoulement à leur aval.

**Dans le cas présent**, il est proposé de recourir à un système répartiteur composé :

- Des radiers de la vanne usinière (**OH5**) et des vannes de décharge de décharge du moulin (**OH3**), tous deux situés à la même cote (**81.91 m NGF**) considérant par ailleurs le démantèlement définitif des parties mobiles ;
- Du premier radier aménagé en amont du bras naturel court-circuité, en lieu et place de l'ouvrage de décharge amont **OH1**.

Les modestes vitesses attendues sur le bras de contournement n'exigent pas nécessairement de recourir à des blocs pour stabiliser le fond de la section, la granulométrie envisagée pour la reconstitution du matelas alluvial étant largement suffisante de ce point vue.

### **7.3 REPROFILAGE DU LIT SUR LE BRAS NATUREL COURT-CIRCUITE ET DANS L'EMPRISE DU PLAN D'EAU EXONDE**

Le reprofilage du lit sur le bras naturel court-circuité et dans l'emprise du plan d'eau exondé cherche à restaurer un lit d'écoulement fonctionnel sur le plan écologique (continuité et habitabilité piscicole, développement des biocénoses associées au substrat...) et hydromorphologique (transit des sédiments, ajustement et renouvellement des formes du lit...) en réponse aux altérations constatées et décrites dans l'état des lieux et diagnostic.

L'objectif est alors de favoriser la dynamisation et la diversification des écoulements, ce qui peut être obtenu par :

- **La mise en forme d'un tracé sinueux**, de façon à potentialiser les bénéfices écologiques attendus par le méandrage du lit ;
- **La diversification du profil en travers du lit :**
  - Profil de fond approfondi (fosses) en extrados de méandre ;
  - Profil de fond régulier (radier/plats courants) aux points d'inflexion du tracé ;
- **La diversification du profil en long du lit** par la mise en place à intervalles réguliers:
  - De radiers/hauts fonds situés aux points d'inflexion du tracé (zones de plus fort courant favorables à l'oxygénation de l'eau) ;
  - De mouilles en zone courbe (zones de repos, d'alimentation et de croissance offrant un plus grande volume habitable pour la faune piscicole, zones de refuge en période de très basses eaux estivales).

Il convient alors de définir le positionnement du nouveau tracé de cours d'eau ainsi que ses principales caractéristiques dimensionnelles et altimétriques et son espace de fonctionnalité (espace nécessaire à un cours d'eau pour y assurer ses diverses fonctionnalités).

#### **7.3.1 Positionnement en plan du nouveau tracé du lit mineur**

Le projet prévoit le reprofilage du lit dans l'emprise stricte du tracé actuel du bras naturel court-circuité depuis l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) jusqu'au radier naturel situé à **80 m** environ en amont du pont de la rue du moulin Brandard soit une linéaire à remodeler de l'ordre de **195 m**

### 7.3.2 Profil en long du nouveau tracé du lit mineur

Dans le cas présent, le profil en long du nouveau tracé est choisi de façon à ce que :

- La ligne d'eau amont atteinte en amont du bras naturel court-circuité pour la situation de débit minimum réservé sur le Betz correspond à la cote de radier de la vanne usinière et des vannes de décharge, afin de permettre le report intégral du débit du cours d'eau sur le bras naturel court-circuité pour tout régime hydrologique égal ou inférieur ;
- Il relie le radier/haut fond rencontré sur le bras naturel court-circuité en fond de vallée à **80 m** environ en amont du pont de la rue du moulin Brandard.

De ce fait, la pente générale de fond retenue s'établit à **0.67%** soit plus du double de la pente de fond moyenne observée sur le secteur d'étude ( $\approx 0.29\%$ ) :

- Cote fond tête de radier amont : **81.79 m NGF (-0.12 m / cote radier OH3 et OH5 à 81.91 m NGF) ;**
- Cote fond tête de radier aval : **80.63 m NGF.**

Le profil en long présentera une alternance de zones de radiers/hauts aux points d'inflexion du tracé et de mouilles en zones courbes, lesquelles présenteront une surprofondeur de l'ordre de **0.25 m** par rapport au profil de fond moyen théorique.

En contexte naturel, il est classiquement observé une alternance des zones de mouilles et de radiers/hauts fonds tous les **5 à 10 fois** la largeur du lit à plein bord.

Dans le cas présent, considérant une largeur à plein bord du lit reconstitué d'environ **7.8 m**, il a été considéré un espacement moyen entre deux radiers ou mouilles successifs de l'ordre de **43 m** (soit  $\approx 5$  fois la largeur du lit à plein bord).

### 7.3.3 Dimensionnement du gabarit du lit mineur

Le dimensionnement du gabarit du lit mineur a été réalisé par approche calculatoire (formulation de Manning-Strickler), au regard de l'hydrologie en présence et de la répartition des eaux prévue au droit du système répartiteur de façon à :

- Permettre le maintien d'un substrat grossier peu ou pas colmaté ;
- Offrir des variables hydrauliques compatibles avec la vie aquatique et en particulier avec les exigences d'habitat de la truite fario et des petites espèces d'accompagnement ;
- Favoriser les débordements en dehors du lit reconstitué pour des crues relativement courantes (période de retour d'une crue journalière de l'ordre de **2 ans**) en vue de favoriser le développement des fonctionnalités de type zone humide au niveau du plan d'eau exondé riverain (fonctions hydrologiques, biogéochimiques et écologiques).

La figure ci-après donne quelques valeurs guides pour l'habitat de la truite fario, espèce repère du contexte piscicole sur le Betz.

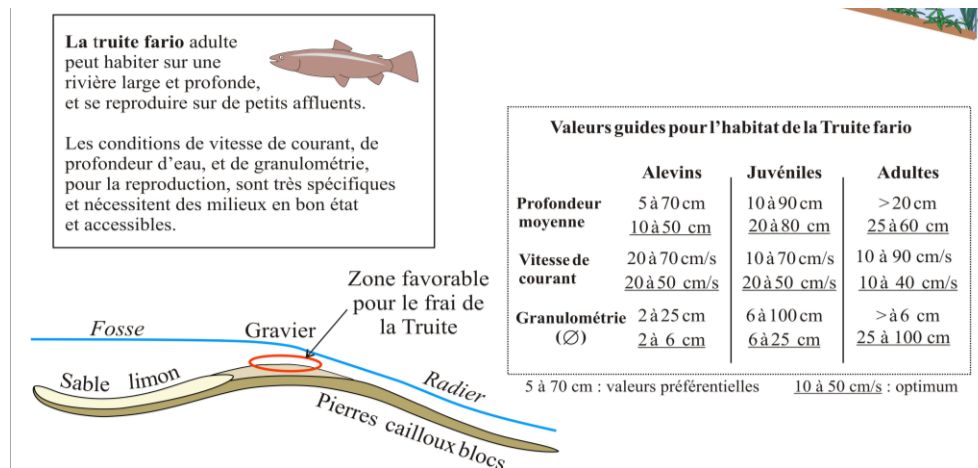


Figure 63. Plages de valeurs guides pour l'habitat de la truite fario – Source : ONEMA

Considérant ces données, le dimensionnement du gabarit moyen du bras de contournement a cherché à obtenir :

- Au droit des sections régulières, et pour les régimes hydrologiques ordinaires (**QMNA5 → Double module**) :
  - Une hauteur d'eau comprise entre **0.1 et 0.3 m**;
  - Une vitesse d'écoulement comprise entre **0.4 et 0.7 m/s**;
- Au droit des zones courbes :
  - Des fosses de l'ordre de **0.3 à 0.5 m** de profondeur.

Il est ainsi considéré au droit des sections régulières (hors mouilles) :

- Une largeur en base de **6 m** ;
- Une hauteur de berge de **0.8 m** par rapport au fond du lit ;
- Une légère surélévation du fond en pied de berge de **0.2 m** par rapport au centre du lit reconstitué (soit une hauteur de berge de l'ordre de **0.6 m** par rapport au fond en pied de berge);
- Un profil de berge auto-stable pour les matériaux granulaires à mettre en œuvre et de l'ordre de **3/2** – Horizontal/Vertical;
- Une largeur à plein bord de **7.8 m** (rapport Largeur plein bord / Hauteur plein bord de l'ordre de **10**, soit un rapport de forme classiquement observé sur des cours d'eau naturels de plaine où les matériaux de berge sont à dominante cohésive).

Il est précisé que le gabarit a été dimensionné en considérant une pente de fond moyenne de **0.67%** et un coefficient de rugosité (coefficient de Strickler) de **20**.

Les mouilles sont positionnées quant à elles en zone courbe du tracé et sont calées en altimétrie à **0.25 m** sous le radier immédiatement à leur aval.

### 7.3.4 Restauration du matelas alluvial et diversification des habitats aquatiques

La reconstitution du matelas alluvial vise à assurer sur le moyen/long terme une superficie, une épaisseur, une nature granulométrique, un agencement de substrat alluvial et une fréquence de mise en mouvement permettant le bon fonctionnement des biocénoses aquatiques.

Dans des conditions d'écoulement naturelles, il est fréquemment observé la présence d'une couche d'armure sur le fond. Celle-ci se met généralement en place à la suite des



crues morphogènes, qui charrient efficacement les sédiments d'amont en aval et qui les redistribuent également sur l'épaisseur du matelas alluvial.

Un tri granulométrique s'opère verticalement avec un recouvrement des éléments fins (sables, graviers) par des matériaux alluvionnaires plus grossiers (cailloux, pierre).

La couche d'armure limite ainsi l'évolution du matelas alluvial sous l'action des contraintes érosives en crue (phénomène de rétroaction). Ce phénomène est toutefois réversible, les crues de plus forte ampleur permettant de remobiliser les matériaux les plus grossiers sur le fond.

Le matelas alluvial sera reconstitué par une recharge en granulats sur la totalité du fond du lit reconstitué sur une épaisseur minimale de **0.2 m**.

La granulométrie proposée pour les matériaux granulaires d'apport est étendue (**calibre 10-100 mm**) et cohérente avec les alluvions naturellement présentes sur les portions non colmatées du cours d'eau, et les conditions d'écoulement en présence.

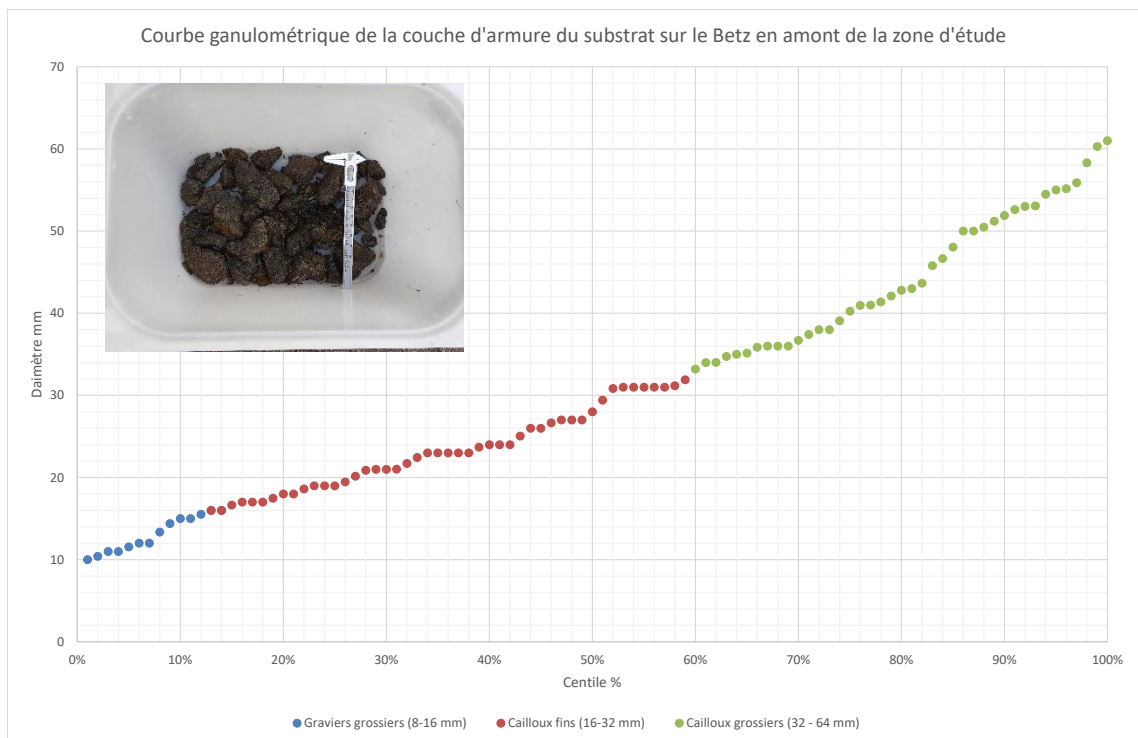
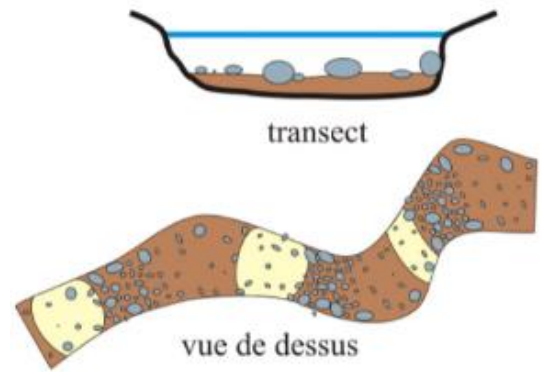


Figure 64 : Courbe granulométrique (en nombre d'éléments et non en poids) représentative de la couche d'armure des alluvions présentes sur les portions d'écoulements courantes du Betz

La proportion proposée pour les différentes gammes de granulats est la suivante :

- **≈ 20%** du poids de granulats de **calibre 10-20 mm (graviers grossiers)**. Une proportion d'éléments fins est souhaitée pour le remplissage partiel des interstices formé par les plus cailloux et les pierres et le « nappage » des têtes de radier en vue de reconstituer un substrat favorable à la reproduction de petite espèces piscicoles;
- **≈ 40 %** du poids de granulats de **calibre 20-40 mm (cailloux fins)**. Une proportion significative des matériaux doit être rendue mobilisable par les crues morphogènes pour favoriser une certaine adaptation et un renouvellement efficace des formes du lit ;

- $\approx 40\%$  du poids de granulats de **calibre 40-100 mm (cailloux grossiers)**. Une proportion plus faible d'éléments grossiers est proposée pour la constitution d'une couche d'armure sur le fond, limitant l'érosion du matelas alluvial pour des conditions d'écoulement courantes et les crues de faible ampleur, mais restant mobilisable pour des crues moyennes à rares.



Comme décrit-après, le fuseau granulométrique retenu pour les radiers est un peu plus important de façon à ce que le profil en long n'évolue pas dans le temps et à éviter toute déconnexion potentielle du bief par dérive de l'altimétrie des fonds reconstitués.

### 7.3.5 Choix des matériaux constituant les radiers

La taille des granulats constituant un aménagement hydraulique est classiquement choisie dans un premier temps en fonction :

- Des conditions de vitesse et de turbulence à leur voisinage pour la situation hydraulique la plus pénalisante ;
- De la pente transversale de l'aménagement ;
- De la granulométrie des matériaux constitutifs du terrain sous-jacent (en berge et dans le lit) ;

Puis dans un second temps en fonction :

- Des classes granulaires standards existantes se rapprochant du fuseau blocométrique adapté aux conditions précitées ;
- Des contraintes de manipulation des matériaux par les engins de travaux ;
- Des autres contraintes physiques pouvant s'appliquer de façon occasionnelle (chocs d'embâcles par exemple) ;
- D'éventuelles contraintes de disponibilité en matériaux de proximité de bonne qualité.

Dans le cas présent, les vitesses d'écoulement moyennes maximales modélisées sur les radiers sont de l'ordre de **1.2 m/s** pour la situation hydrologique la plus pénalisante sur l'ensemble des régimes hydrologiques testés.

Le diamètre médian des blocs à choisir pour garantir la stabilité des matériaux aux contraintes hydrauliques en présence, considérant une zone d'écoulement rectiligne relativement turbulente, une pente longitudinale de radier de **1.5%**, et un angle de stabilité des enrochements de l'ordre de **40°**, est donné par la formule d'Isbash suivante :

$$d = \frac{0.7}{s - 1} \frac{U^2}{2 \cdot g} / \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 \varphi}}$$

Avec :

$U$  : vitesse du courant au voisinage des enrochements ;

$d$  : valeur intermédiaire des trois dimensions d'un bloc en forme d'ellipsoïde ;

$g$  : constante gravitationnelle égale à  $9.81 \text{ m/s}^2$  ;

$\beta$  : angle de stabilité du talus avec l'horizontale ;

$\psi$  : angle d'équilibre des enrochements ;

Pour une meilleure imbrication des granulats, il convient par ailleurs d'adopter une granulométrie étalée :

$$d_{min} > 0.7. d; d_{50} \geq d; d_{max} > 2. d$$

La prise en compte de ces considérations amène aux propositions suivantes :

Diamètre des granulats - m		
D min	D 50	D max
0.04	0.06	0.12

Selon la norme **NF EN 13 383-1**, le fuseau blocométrique de référence le plus proche correspond au standard **CP 45/125** ( $\approx$  calibre **45-125 mm**).

Le calibre des matériaux envisagé pour la recharge en granulats (**calibre 10-100 mm**) semble donc auto-stable au droit des radiers pour les conditions d'écoulement envisagées, sans réelle marge de sécurité toutefois. Il est ainsi alors proposé de recourir au droit des radiers à l'emploi de matériaux appartenant à un fuseau blocométrique de référence supérieur, correspond au standard **LMA 5/40** (calibre **150-300 mm** environ), de façon à ce que le profil en long n'évolue pas dans le temps et à éviter toute déconnexion potentielle du bief par dérive de l'altimétrie des fonds reconstitués.

Les granulats seront mis en œuvre sur une double couche et sur une épaisseur de protection portée à **1.5 fois** environ la dimension des plus gros granulats, soit **0.45 m** dans le cas présent. Les enrochements utilisés pour la construction doivent être de bonne qualité apparente (pierre propre, dure, non gélive, résistante à l'eau et aux agressions extérieures) et de forme tétraédrique pour une meilleure imbrication des blocs entre eux.

Les enrochements de type **LMA 5/40** seront disposés directement sur le fond de forme terrassé, dont le fuseau granulométrique (calibre **10-100 mm**) permettra finalement d'assurer les fonctions attendues d'une couche filtre de transition (absence de mobilité des matériaux du fond à travers ses éléments d'une part, et du passage de ses propres éléments à travers les pierres formant les radiers pierreux d'autre part) et d'éviter le recours à la mise en œuvre d'un géotextile synthétique sous-jacent.

Fuseau retenu pour les granulats constituant les radiers

Gros enrochement	Classe de référence	ELL	NLL	NUL	EUL	$M_{em}$	
	Passant associé kg	< 5 % kg	< 10 % kg	> 70 % kg	> 97 % kg	llimite Inférieure kg	limite supérieure kg
	10 000 – 15 000	6500	10 000	15 000	22 500	12 000	13 000
6 000 – 10 000	4 000	6 000	10 000	15 000	7 500	8 500	
3 000 – 6 000	2 000	3 000	6 000	9 000	4 200	4 800	
1 000 – 3 000	700	1 000	3 000	4 500	1 700	2 100	
300 – 1 000	200	300	1 000	1 500	540	690	

Enrochement moyen	Classe de référence	ELL	NLL	NUL	EUL	$M_{em}$	
	Passant associé kg	< 2 % kg	< 10 % kg	> 70 % kg	> 97 % kg	llimite Inférieure kg	limite supérieure kg
	60 – 300	30	60	300	450	120	190
10 – 60	2	10	60	120	20	35	
40 – 200	15	40	200	300	80	120	
5 – 40	1.5	5	40	80	10	20	
15 – 300 *)	3	15	300	450	45	135	

Petit enrochement	Classe de référence	ELL	NLL	NUL	EUL	
	Passant associé mm	< 5 % mm	< 15 % mm	> 90 % mm	> 98 % mm	< 50 % mm
	45/125	22.4	45	125	180	63
63/180	31.5	63	180	250	90	
90/250	45	90	250	360	125	
45/180 **)	22.4	45	180	250	63	
90/180 ***)	45	90 ***)	180 ***)	250	n.d.	

**Note:** \*) enrochement moyen à blocométrie étalée, \*\*) petit enrochement à granulométrie étalée, \*\*\*) granulométrie pour gabions, NLL = 20 % et NUL = 80 %

Figure 65. Classes blocométriques de références et exigences standards applicables aux enrochements – Source : Rock Manual, CETMEF

### 7.3.6 Fonctionnement hydraulique du bras naturel court-circuité restauré

Le bras naturel restauré a fait l'objet d'une modélisation hydraulique **1D** pour les régimes hydrologiques d'étiage (**QMNA5**), moyen (**module**), de hautes eaux annuelles (**double module**) et de crue courante ( $\approx$  **QJ1.9** = Plein bord sur le Betz en amont de la zone influencée par le moulin Brandard) en intégrant l'ensemble des sections de type mouilles et hauts fonds et en considérant un coefficient de Strickler (rugosité) de **20**.

Le profil en long des lignes d'eau ainsi que les principales variables hydrauliques observées à l'échelle de l'aménagement sont reportées sur le tableau et la figure pages suivantes.



Au droit des sections régulières, le faciès d'écoulement dominant s'apparente en régime moyen au plat courant (hauteur d'eau < **0.6 m**, vitesse > **0.3 m/s**).

Il apparaît que la hauteur d'eau moyenne (comprise entre  $\approx$  **0.24 et 0.43 m** pour les régimes hydrologiques ordinaires) et les vitesses moyennes (comprises entre  $\approx$  **0.2 et 0.5 m/s** pour les régimes hydrologiques ordinaires)) sont compatibles avec les exigences des espèces piscicoles en présence, en particulier la truite fario.

Les plages de fonctionnement optimales, en termes de hauteurs d'eau et de vitesse, pour les différents stades de vie de la truite fario (alevin, juvénile, adulte) se trouvent en particulier satisfaites sur la majeure partie de la longueur du bras naturel court-circuité pour les différents régimes hydrologiques ordinaires. En hautes eaux annuelles, les espèces trouveront des conditions de vie optimales au droit des mouilles lorsque les vitesses d'écoulement seront plus importantes au droit des radiers.

L'écoulement est par ailleurs suffisamment rapide pour limiter le dépôt de sédiments fins et le colmatage des substrats bien qu'il ne soit pas particulièrement puissant.

En régime de crue courante (**QJ1.9**), l'écoulement est affleurant avec la rive gauche aménagée (digue de séparation arasée), tout en restant contenu dans le lit reconstitué (situation de plein bord).

Tronçon	QMNA5			Débit médian			module			double module			Plein bord		
	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Matériau mobilisable	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Matériau mobilisable	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Matériau mobilisable	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Matériau mobilisable	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Matériau mobilisable
<b>Segment 5</b>	0.25	0.20	Sables grossiers	0.32	0.31	Sables grossiers	0.36	0.38	Sables grossiers	0.46	0.51	Graviers moyens	0.77	0.85	Graviers grossiers
<b>Radier</b>	0.15	0.33	Sables grossiers	0.19	0.55	Graviers grossiers	0.22	0.62	Graviers grossiers	0.29	0.79	Graviers grossiers	0.54	1.17	Cailloux fins
<b>Mouille</b>	0.26	0.17	Sables grossiers	0.33	0.27	Sables grossiers	0.37	0.34	Sables grossiers	0.46	0.48	Graviers moyens	0.74	0.87	Graviers grossiers

Figure 66. Principales variables hydrauliques moyennes modélisées à l'échelle sur le bras naturel court-circuité aménagé en situation de projet

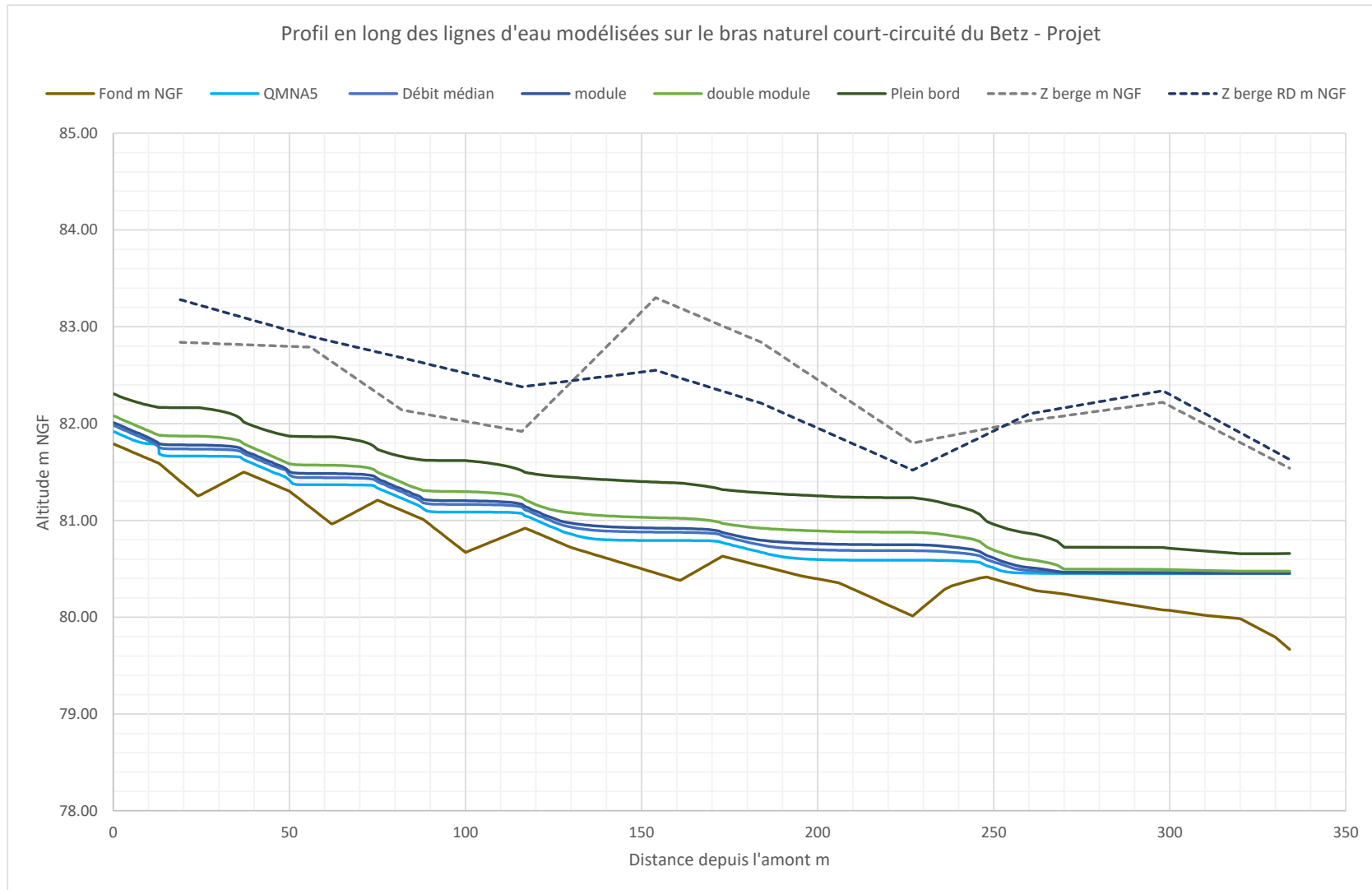
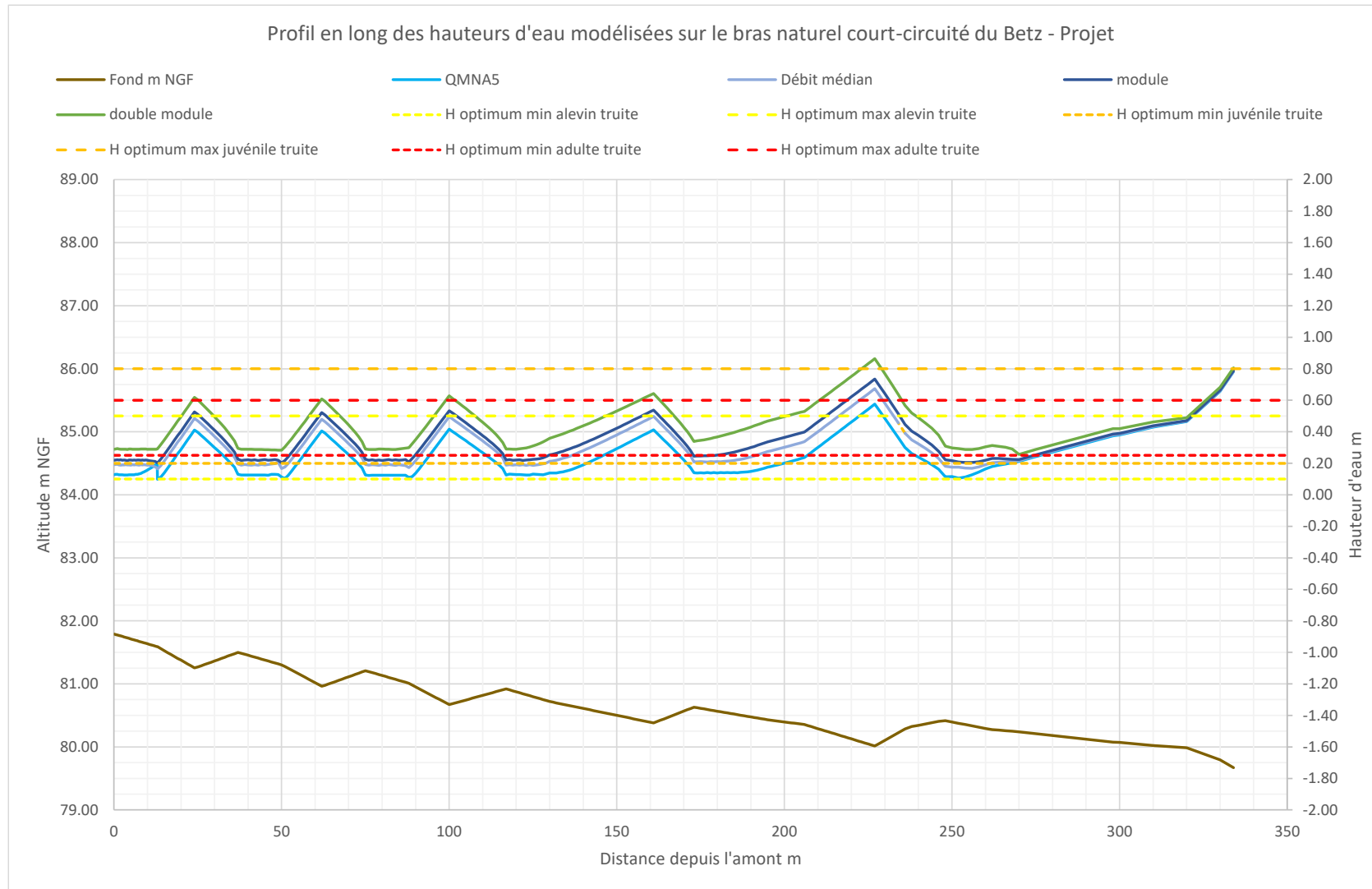


Figure 67. Profil en long des lignes d'eau modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet



*Figure 68. Profil en long des hauteurs d'eau modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet*



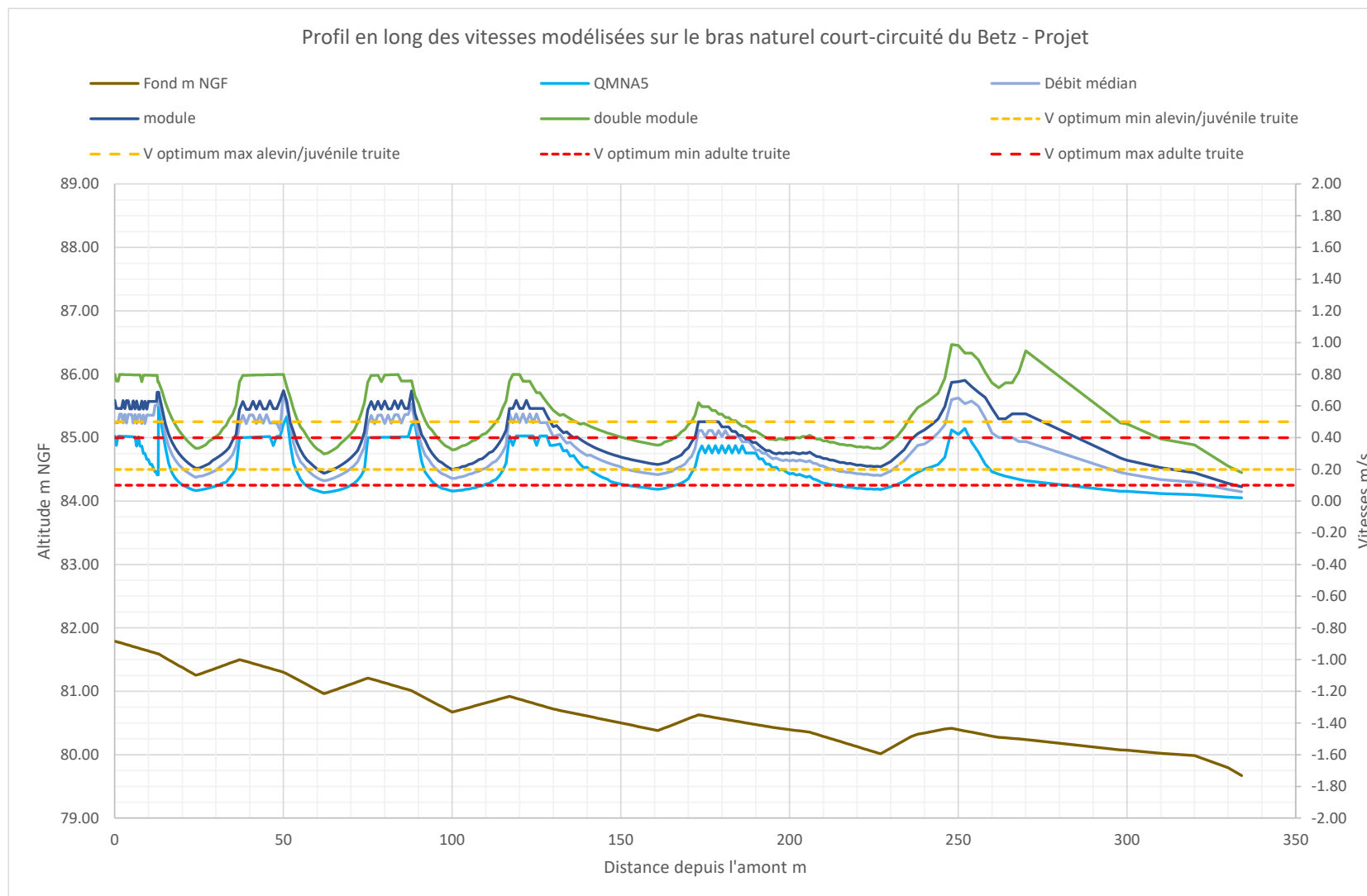


Figure 69. Profil en long des vitesses modélisées sur le bras naturel court-circuité en situation de projet

## 7.4 REMODELAGE DU LIT SUR LE BIEF DU MOULIN BRANDARD

Le remodelage du lit sur le bief du moulin Brandard doit permettre d'améliorer le fonctionnement écologique et hydromorphologique du tronçon, de tracé globalement rectiligne et de gabarit homogène et surélargi par rapport aux débits écoulés.

Cette opération s'avère d'autant plus utile que le programme d'aménagement se traduit par une baisse significative des débits dérivés sur ce segment, au bénéfice du bras naturel court-circuité, et donc une tendance accrue à l'envasement en l'absence de mesure d'accompagnement particulière. Il apparaît donc pertinent d'adapter la section aux débits attendus pour éviter une lentification encore plus importante des écoulements, et permettre le maintien d'un substrat grossier non colmaté tout en favorisant la diversité des formes du lit.

Il est précisé d'ores et déjà que la pente de fond est quasi-nulle sur ce tronçon est qu'elle est même négative à son extrémité aval (remontée du fond à l'approche des radiers de la vanne usinière et de la vanne de décharge). De ce fait, la recherche d'un écoulement relativement dynamique ne peut être espérée à ce niveau.

La surlargeur importante du lit autorise ici à recréer un tracé plus étroit et sinueux à l'intérieur même de l'espace disponible entre les berges, en préservant ainsi au maximum leur structure et la végétation développée, dont le maintien est souhaité.

La mise en forme de ce tracé peut être envisagée en adoptant le gabarit plus étroit observé en limite aval du bief (largeur d'environ **5 m** à plein bord) et en l'encadrant par des risbermes alternes situées en pied des berges actuelles (hauteur de risberme variable et comprise entre **0.4** et **0.8 m** pour obtenir le plein bord en régime de haute eaux annuelles soit au double module).

L'alternance d'amont en aval des risbermes d'une rive à l'autre et leur chevauchement sur la moitié de leur longueur (extrémités amont/aval d'une risberme opposées à la zone centrale de la risberme qui lui fait face) permet en effet d'initier un tracé sinueux où :

- Les hauts fonds (sections régulières) s'inséreront de préférence au droit des zones de chevauchement des risbermes ;
- Les mouilles se formeront naturellement au droit des zones courbes (en extrémité amont/aval d'une risberme donc).

La longueur d'une risberme représente alors la demi-longueur d'onde d'une sinusoïde.

Dans le cas présent, cela revient à considérer une longueur moyenne des risbermes de l'ordre de **30 à 40 m** (soit l'interdistance considérée entre deux radiers ou mouilles successifs).

Il n'est pas proposé enfin d'adopter de dévers transversal pour les risbermes (banquettes « plates ») afin de favoriser leur pleine submersion et d'assurer une dissipation optimale de l'énergie du cours d'eau au-delà du plein bord.

## Lit mineur élargi

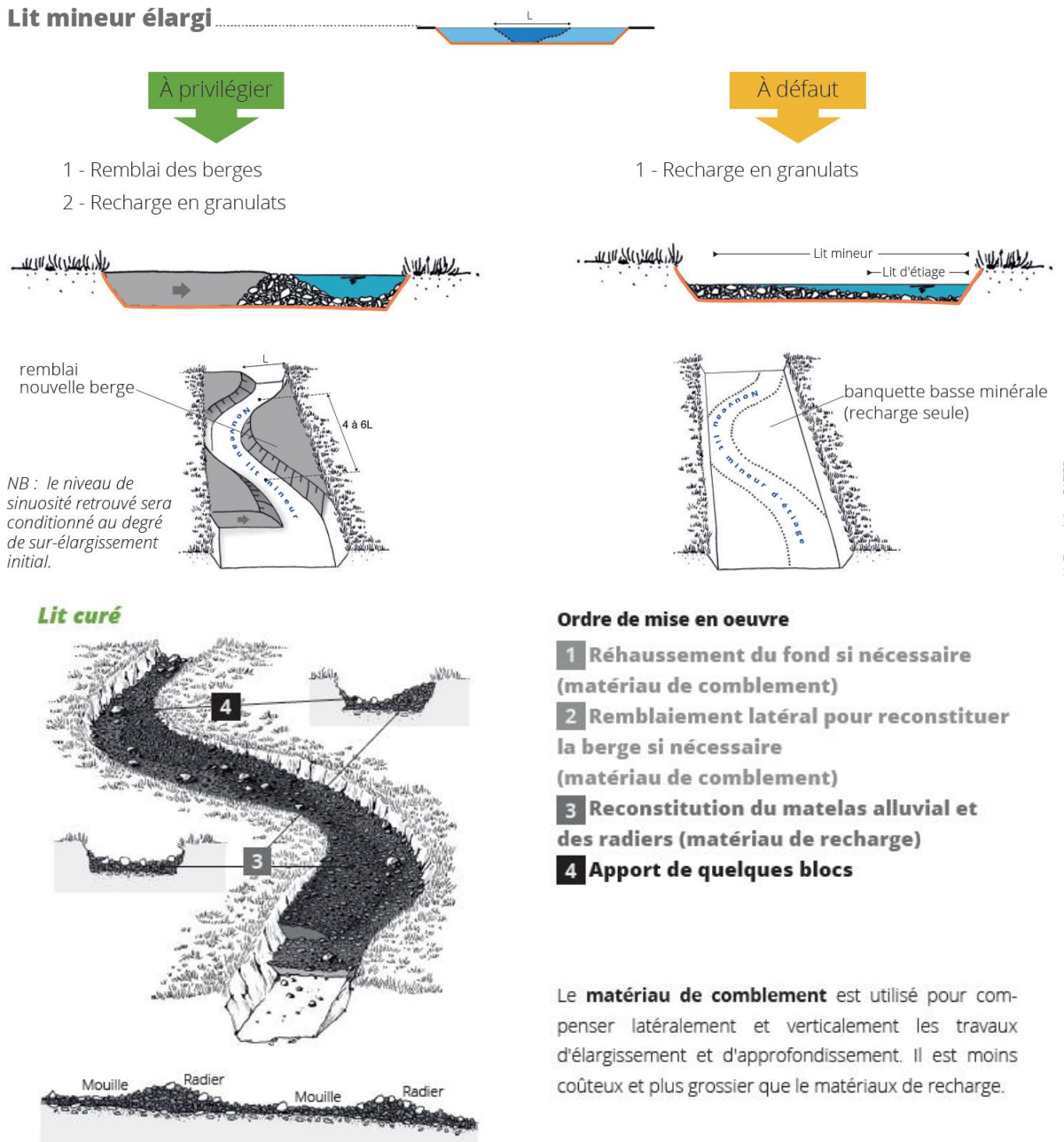


Figure 70. Schéma type du principe d'intervention à privilégier sur cours d'eau élargis et curés  
- Source : La Recharge en Granulats – CATER Basse Normandie

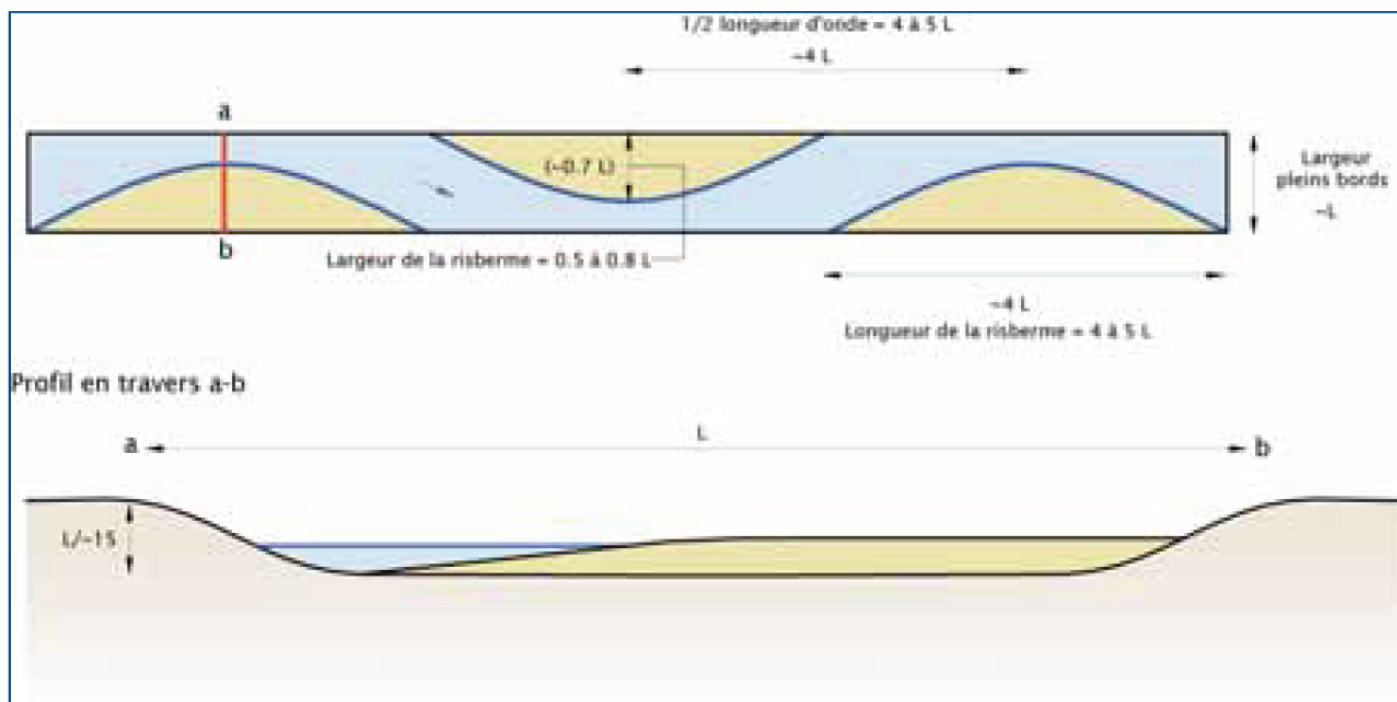


Figure 71. Schéma type d'implantation de risbermes alternées – Source : Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau - AESN

Les risbermes seront délimitées par des cordons de matériaux granulaires au contact du lit mineur dans la continuité du matelas alluvial existant sur le fond, et seront remplis en arrière de ces derniers et jusqu'à l'atteinte de la berge actuelle par des matériaux gravelo-terreux excédentaires issus des terrassements en déblais sur site de façon à permettre leur végétalisation par des plantes herbacées caractéristiques des bordures de cours d'eau.

Le tableau ci-après reporte les principales variables de dimensionnement retenues pour le remodelage du bief du moulin Brandard.

Régime hydrologique de plein bord	Double module
Cote supérieure de risberme (m NGF IGN 69)	82.1 (+0.19 m / radier OH3 et OH5, $\approx +0.4$ à 0.8 m / fond dur du bief)
Cote de fond dur actuelle sur le bief après extraction des vases (m NGF IGN 69)	Variable : 81.44 à 81.77, cote moyenne à $\approx 81.6$
Largeur à plein bord actuelle du bief (m)	$\approx 5 - 6$ m à l'aval du bief, 8 à 11 m sinon
Largeur à plein bord en sommet de banquettes (m)	5
Fruit des talus de raccordement au fond après extraction des vases	2/1 – Horizontal/Vertical

Tableau 27. Principales caractéristiques de dimensionnement des banquettes sur le bief du moulin Brandard



## 7.5 PRINCIPES D'AMENAGEMENTS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

### 7.5.1 Travaux préparatoires

#### a) Généralités - Installation et repliement de chantier global

Les installations et repliement de chantier comprennent :

- Le marquage/piquetage des canalisations et réseaux enterrés ;
- L'achat, la location ou l'occupation temporaire de terrains complémentaires autres que ceux mis à disposition de l'entreprise par le Maître d'ouvrage ;
- Les frais relatifs aux dispositions à prendre en matière d'hygiène et sécurité selon les préconisations CSPS ;
- Les frais d'installation d'un baraquement de chantier, des toilettes et des bungalows éventuels pour le réfectoire ;
- Les branchements nécessaires aux réseaux (électricité, eau) ou le fonctionnement en autonomie ;
- La réalisation d'un constat d'huissier avant et après travaux relatif à l'état du site et, notamment, des voiries proches et abords des propriétés privées existantes ;
- Les amenées et replis des engins entre les zones de travaux et la zone d'installation ;
- Les pistes d'accès aux chantiers permettant la circulation des engins ;
- L'aménagement des terrains destinés aux installations et aires de stockage ;
- La pose de bornes destinées à contrôler les implantations et le nivellement avec définition par un géomètre expert de leurs coordonnées dans le système coordonnées fournis sur le plan ;
- La consultation des plans topographiques existants ;
- Les opérations topographiques et le marquage/piquetage des ouvrages à réaliser ;
- La signalisation de chantier ;
- Les frais de fermeture des accès et mise en place de panneaux interdisant l'accès au public durant la durée du chantier ;
- Les frais de gardiennage si nécessaire ;
- L'entretien des accès et aires pendant les travaux ;
- L'entretien des pistes de chantier, et des voiries empruntées ;
- Les détournements provisoires des eaux et épuisement des fouilles ;
- Les frais liés aux mesures de protection de l'environnement ;
- Les frais de contrôles et essais ;
- La tenue quotidienne du journal de chantier ;
- La remise en état des lieux et pistes occupés ou utilisés, en fin de travaux ainsi que l'enlèvement de tous les matériaux excédentaires, y compris en dehors de l'emprise du chantier ;
- Les frais de dépose et pose de clôtures, barrières, portails ou grillages ;
- Les frais d'immobilisations de matériel et de repli provisoire qui seraient générés par les intempéries ou par les nécessités de chantier ;
- Les frais d'étude relatifs à l'organisation du chantier et à son phasage ;
- Le démontage complet des installations en fin de chantier.

#### b) Zones d'accès et de cheminement des engins, et aires de stockage

L'accès aux différentes zones de travaux et leur réalisation nécessitera le cheminement d'engins sur les chemins existants, le pourtour et le fond du plan d'eau, le fond du lit sur le bief du moulin et le bras naturel court-circuité.

Dans le cas présent, l'aménagement de pistes d'accès en remblai n'apparaît pas nécessaire compte tenu de la bonne portance des sols attendue sur la période d'intervention (fin de période estivale réputée sèche), et de leur faible vulnérabilité au passage répété d'engins lourds.

D'une façon générale, une convention d'occupation temporaire des terrains devra être réalisée au préalable par le maître d'ouvrage avec les propriétaires des parcelles concernées par les accès, bases vies et aires temporaires de stockage.

Aucune espèce protégée et exotique envahissante n'a été repérée sur ce site. Toutefois, si des EEE sont observés durant les travaux, nous réaliserons une gestion appropriée au cas par cas.

L'entreprise de travaux aura à sa charge la réalisation d'un état des lieux (constat d'huissier) des portions de terrain utilisées comme accès au site et stockage temporaire des matériaux avant et après travaux et devra soumettre à l'agrément du Maître d'œuvre les mesures qu'elle envisage de prendre pour respecter l'ensemble des contraintes d'environnement précisées dans le CCTP.

Les figures pages suivantes reportent :

- Un plan de localisation des accès et cheminements des engins pour la réalisation des travaux ;
- Un plan cadastral sur la zone de projet avec mention des parcelles et propriétaires correspondant concernés par les travaux.

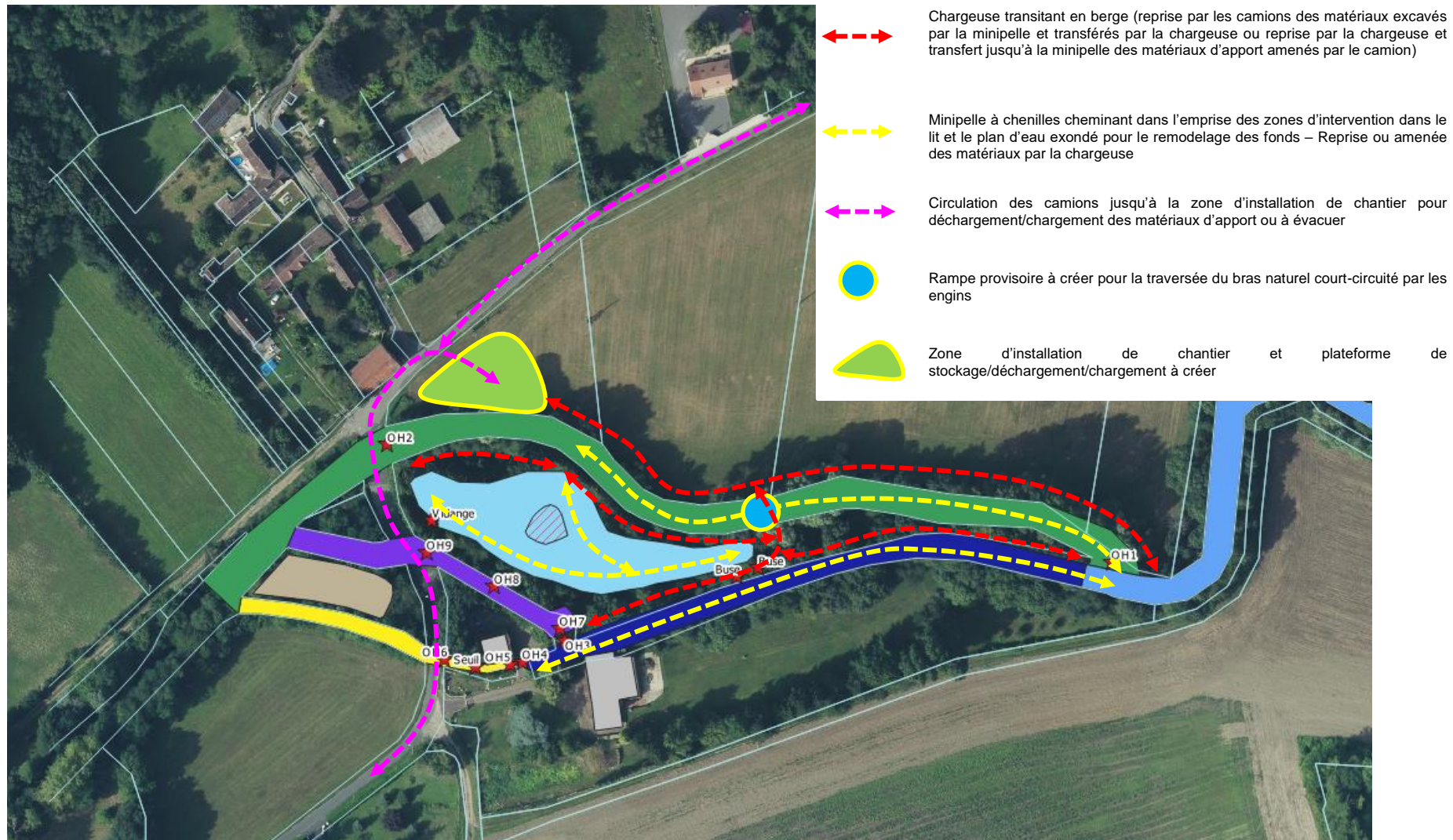


Figure 72. Localisation des accès et cheminements des engins pour la réalisation des travaux

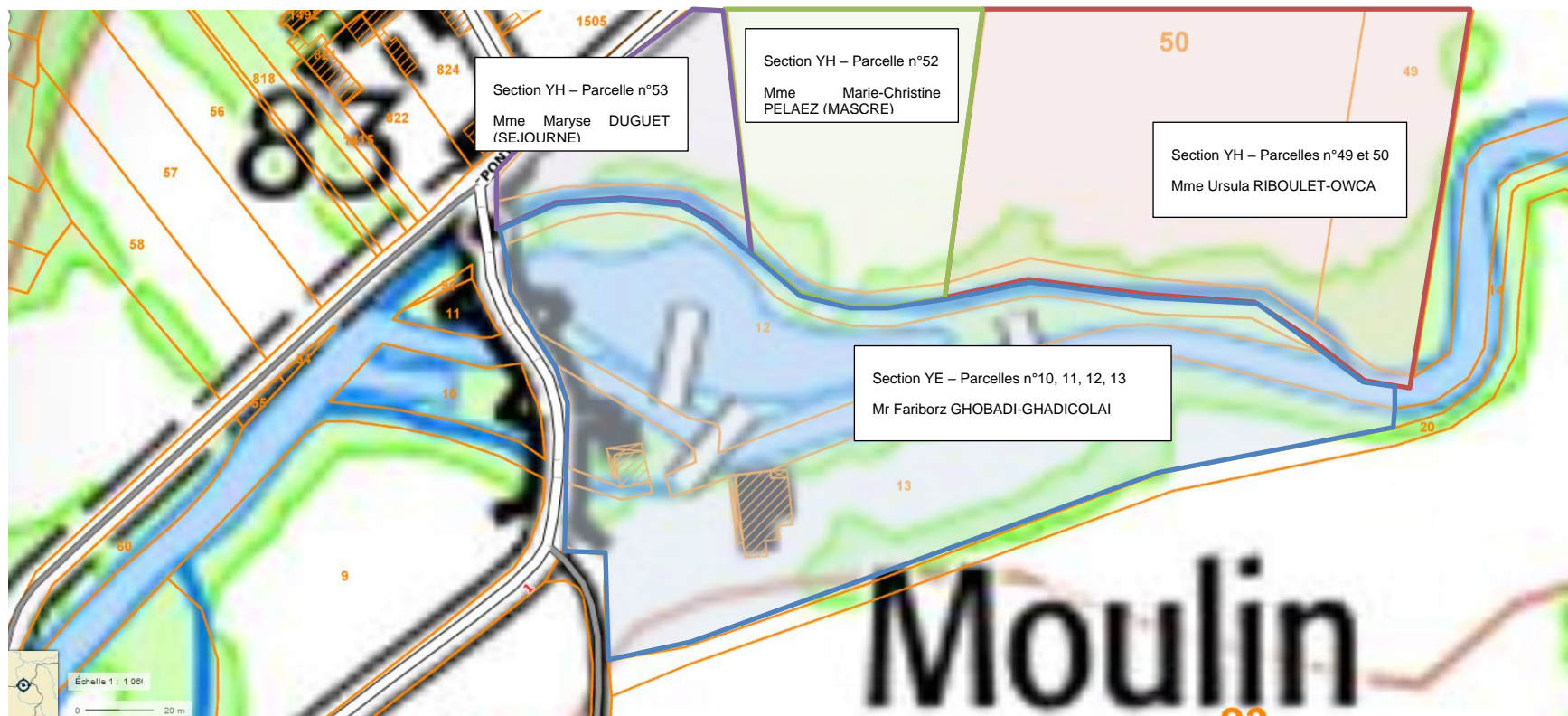


Figure 73. Localisation des parcelles et propriétaires correspondants concernés par le programme de travaux – Source : Géoportail



### c) Pêches de sauvegarde piscicole

Une pêche de sauvegarde piscicole sera réalisée :

- Au droit du plan d'eau, lors de sa vidange (pêche au filet par exemple dans le point bas de la retenue en fin de vidange) ;
- Sur l'ensemble du bras naturel court-circuité de façon concomitante à sa mise hors d'eau ;
- Sur l'ensemble du bief du moulin de façon concomitante à sa mise hors d'eau.

La pêche de sauvegarde sur le plan d'eau pourra par exemple s'apparenter à une pêche au filet dans le point bas de la retenue en fin de vidange. Un dispositif anti-échappement constitué d'un filet en géotextile et/ou d'un filtre à paille sera mis en place à cette occasion au droit de l'exutoire actuel du plan d'eau de façon à éviter la dissémination en aval d'éventuelles espèces indésirables car exotiques envahissantes ou non adaptées au contexte piscicole en présence. Ces espèces qui pourraient être capturées dans le plan d'eau devront faire l'objet d'une gestion adaptée.

La pêche de sauvegarde sur le bras naturel sera réalisée dans un second temps avant que cet axe ne soit complètement asséché consécutivement à la dépose des vannes du moulin voire à la pose d'un batardeau provisoire en crête de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**). Il est préconisé à ce niveau une pêche de sauvegarde complète à deux passages de type pêche électrique. Les espèces capturées seront remises à l'eau sur le Betz en amont et ou en aval de la zone d'intervention à l'exception des éventuelles espèces indésirables qui devront faire l'objet d'une destruction systématique.

Le même type d'intervention pourra être prévu sur le bief du moulin de façon concomitante à l'arasement de l'ouvrage de décharge amont, intervention qui aura pour conséquence de déconnecter et de mettre hors d'eau le bief.

Les pêches de sauvegarde devront être organisées par un organisme ou entreprise assermenté par la DDT de Seine-et-Marne.

A ce titre, elle pourra par exemple être réalisée par la Fédération de Seine-et-Marne pour la pêche et la protection du milieu aquatique.

### d) Implantation et piquetage des aménagements et réseaux

L'entreprise de travaux sera chargée de l'implantation et du piquetage planimétrique et altimétrique de l'ensemble des aménagements à créer.

Elle réalisera les levés topographiques complémentaires qu'elle jugera utile pour le bon déroulement des travaux.

Le système de référence à utiliser est le système de Nivellement Général de la France (**NGF**) **IGN 69** en altimétrie, et le **Lambert 93 CC48** en planimétrie.

Pour l'ensemble des opérations de marquage/piquetage, l'entreprise de travaux se rattachera aux bornes mises en places et repérées par ses soins, dans ce système de référence.

L'implantation et la matérialisation sur le terrain des points de définition des aménagements sera repérée en plan et en altimétrie par rapport à ces repères par l'entreprise de travaux et en présence du Maître d'œuvre.

Par ailleurs, il sera procédé, dans le même temps et sous la seule responsabilité de l'entreprise, au marquage/piquetage des ouvrages souterrains ou enterrés, tels que les canalisations ou câbles situés au droit ou au voisinage des ouvrages à exécuter.

La phase d'état des lieux et diagnostic a exclu à priori la présence de réseaux enterrés dans l'emprise des zones de travaux. Il est rappelé toutefois que l'entreprise de travaux devra réaliser les DICT préalablement au piquetage des réseaux.

## 7.5.2 Travaux forestiers

L'effacement de l'actuel plan d'eau et le traitement de ses rives nécessitent le débroussaillage et le déboisement des sujets ligneux situés sur son pourtour.

Ces derniers seront préalablement marqués par le maître d'ouvrage des travaux, en concertation avec les propriétaires et avec l'agrément du maître d'œuvre.

Le déboisement au moyen d'une pelle hydraulique ou d'un bulldozer ainsi que le traitement chimique sont proscrits.

Les débris végétaux seront soit réservés sur place, si le propriétaire souhaite les conserver, soit broyés sur place, soit transportés en un lieu de valorisation/traitement/stockage approprié aux frais de l'entrepreneur.

Aucun déchet végétal ne devra être enfoui sous les matériaux inertes issus des terrassements.

Les travaux de débroussaillage comprennent :

- L'abattage des arbres de diamètre inférieur à 15 cm ;
- La réservation sur site ou l'évacuation des résidus s'il y a lieu.

Les travaux d'abattage et dessouchage d'arbres comprennent :

- Le tronçonnage à la base (au plus proche du sol) des arbres ou cépées marqués de diamètre > 0.15 m mesurés à 1.00 m du sol ;
- L'arrachage de la souche au moyen d'un engin mécanique de terrassement dans le cadre des terrassements en déblais ;
- Le câblage éventuel des billes ;
- L'ébranchage, le débitage éventuel des billots à la tronçonneuse et la réservation de ces billots sur site ou leur évacuation s'il y a lieu ;
- Le broyage des déchets, leur réservation sur site ou leur évacuation s'il y a lieu.

A ce stade, Setec Hydratec a considéré :

- L'abattage et le dessouchage des résineux (tuyas) présents sur le pourtour du plan d'eau, nombre d'arbres impactés estimés  $\approx$  **350** dont la grande majorité présente un diamètre inférieur à **0.4 m** ;
- Le débroussaillage des surfaces déboisées sur le pourtour du plan d'eau  $\approx$  **1600 m<sup>2</sup>**.

Ces quantités pourront être précisés au stade du marquage/piquetage des aménagements, en concertation avec le maître d'ouvrage et en présence de l'entreprise de travaux.

## 7.5.3 Travaux de terrassement

### a) Terrassement en déblais et en remblais

Les terrassements en déblais concernent :

- L'arasement de l'actuelle digue de séparation du plan d'eau avec le bras naturel court-circuité, à la suite des opérations de déboisement préalables ;
- L'extraction des vases organiques accumulées sur le bief.

La totalité des matériaux excavés sera réemployée sur site pour les opérations de terrassement en remblais :

- Formation d'une risberme raccordant progressivement et à faible pente la rive droite du bief au sommet de berge reconstitué en rive gauche du bras naturel en fond de vallée, soit dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue de séparation arasée :
  - Remblaiement à l'avancement et par couches successives du plan d'eau par les matériaux gravelo-terreux extraits par arasement de la digue de séparation ;
  - Régilage des surfaces remblayées par les vases extraites sur le bief avant végétalisation ;
- Formation des risbermes alternes sur le bief après désenvasement de ce dernier :
  - Remplissage de l'espace formé entre les rives actuelles et les cordons granulaires préalablement mis en œuvre pour délimiter les banquettes au contact de l'eau.

#### **b) Emploi de matériaux granulaires pour la formation des risbermes sur le bief**

Le programme de travaux prévoit la fourniture et la mise en œuvre de cordons granulaires de calibre **10-100 mm** sur le bief du moulin après désenvasement pour la délimitation des risbermes alternes visant à resserrer la section.

Les cordons seront élevés en crête à la cote **82.1 m NGF** et présenteront un profil transversal triangulaire de fruit **2/1** (horizontal/Vertical).

#### **c) Emploi de matériaux granulaires pour le remodelage du lit sur le bras naturel court-circuité**

Le programme de travaux prévoit la fourniture de matériaux granulaires de calibre **10-100 mm** pour le rehaussement et le remodelage du profil en long sur le bras naturel court-circuité.

Les matériaux seront mis en œuvre par simple recharge granulométrique sur le fond existant jusqu'aux élévations prévues aux plans de conception et réserveront notamment les emplacements envisagés pour la mise en forme des radiers, lesquels seront formés de matériaux plus grossiers (petits enrochements de type **LMA 5/40** soit de calibre **150-300 mm** environ) pour assurer leur stabilité face aux contraintes hydrauliques attendues. Comme précisé précédemment, ces pierres seront mises en œuvres sur une double couche de matériaux de **0.45 m** d'épaisseur et directement sur les matériaux granulaires d'apport sous-jacents préalablement apportés et compactés.

#### **d) Volumétrie des terrassements**

Les opérations de terrassement généreront un volume de déblais de l'ordre de **2742 m<sup>3</sup>**, dont **≈ 800 m<sup>3</sup>** de vase sur le bief du moulin et **≈ 1942 m<sup>3</sup>** au droit de l'actuelle digue de séparation du plan d'eau avec le bras naturel court-circuité.

La totalité des matériaux excavés sera réemployée pour les opérations de terrassement en remblais sur site.

La formation des cordons granulaires sur le bief du moulin et la recharge en granulats de calibre 10-100 mm sur le bras naturel exigera un volume de matériaux d'apport de l'ordre de **443 m<sup>3</sup>**.

La formation des radiers pierreux sur le bras naturel nécessitera enfin une quantité de pierres de type **LMA 5/40** s'élevant à environ **372 T** ( $\approx 176 \text{ m}^3$ ).

#### 7.5.4 Travaux de dépose/démolition

##### a) Consistance générale des travaux de dépose/démolition

A l'échelle de la zone d'intervention, les travaux de dépose/démolition concernent :

- La dépose de la vanne usinière (**OH5**) et des vannes de décharge du moulin Brandard de décharge (**OH3**) du moulin;
- La dépose des parties mobiles des ouvrages évacuateurs du plan d'eau ;
- La dépose des enrochements situés sur le fond et en berge en aval immédiat de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) ;
- La dépose des plaques de soutènement en béton sur le pourtour de l'étang ;
- La dépose de l'actuelle prise d'eau incendie ;
- La démolition du mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité ;
- La démolition de l'ouvrage de décharge amont (**OH1**) ;

Concernant cet ouvrage, le rideau de palplanches formant sa face aval pourra être simplement scié à l'horizontale sur toute sa longueur et aligné sur le point bas de la crête du radier amont à former sur le bras naturel soit **81.79 m NGF (-0.77 m** par rapport à sa crête actuelle).

En arrière du rideau, le massif de maçonnerie restant de l'ancien seuil pourra être démoli, de la même façon que pour le mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité, à la pelle mécanique munie s'il le faut d'un brise roche hydraulique.

Il est rappelé que la prise d'eau incendie devra être démontée une fois le nouvel équipement réalisé.

##### b) Devenir des matériaux de démolition

Les déchets non dangereux inertes ou non-inertes de type bois, métal, béton, ou pierres de maçonnerie devront être évacués vers l'ISDI la plus proche.

#### 7.5.5 Travaux de génie végétal

##### a) Enherbement des risbermes formées sur le bief et dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue arasée

Le projet de restauration prévoit l'ensemencement par un mélange grainier de type « zone humide » des risbermes formées sur le bief et dans l'emprise du plan d'eau exondé et de la digue arasée soit une superficie de l'ordre de **4117 m<sup>2</sup>**.

L'ensemencement favorise l'émergence rapide d'un tapis protecteur contre les effets du ruissellement et plus généralement contre les phénomènes d'érosion de surface ainsi que dans le but de limiter l'installation d'espèces invasives indésirables sur des sols fraîchement remaniés.

Le réseau racinaire d'un grand nombre d'herbacées est par ailleurs suffisamment développé pour assurer un rôle stabilisateur.

Le mélange ne doit pas être composé exclusivement de graminées mais doit comporter un certain pourcentage de légumineuses (2 à 7%), pour renforcer les capacités techniques de



protection en raison de la très bonne complémentarité au niveau de l'utilisation des espaces aérien par les tiges externes, et sous-terrain par les différents types d'enracinement (traçant, pivotant etc), mais également en raison de leur plus grande autonomie à l'approvisionnement en éléments nutritifs (capacité à fixer l'azote atmosphérique) et de leur meilleure tolérance aux épisodes de sécheresse.

Dans le cas présent, le mélange grainier sera composé de **Ray Grass anglais, Fétuques, Pâturin, Agrostide, Lotier et Luzerne.**

La mise en œuvre de l'ensemencement suivra les étapes suivantes :

- Préparation des surfaces et ameublement des sols si nécessaire ;
- Ensemencement manuel de l'ordre de **25-30 g/m<sup>2</sup>**;
- Recouvrement des graines par un léger griffage de surface et arrosage régulier si nécessaire les premières semaines suivant l'ensemencement.

#### **b) Reconstitution d'une ripisylve dans l'emprise de la digue arasée après remodelage des surfaces**

Des plantations de jeunes plants arbustifs à racines nues et d'arbres tiges seront réalisées dans l'emprise de la digue arasée après remodelage des surfaces, à raison d'un plan tous les **10 m<sup>2</sup>** environ.

L'opération vise à favoriser la reconstitution d'une formation végétale riveraine diversifiée tant au niveau des essences que des strates et aux qualités complémentaires dans l'utilisation de l'espace aérien et sous-terrain.

La mise en œuvre des plantations suivra les étapes suivantes:

- Mise en jauge des plants ligneux immédiatement après livraison (8 jours maximum);
- Taille partielle des tiges et racines si nécessaire ;
- Creusement d'un trou, à la pelle ou à la tarière, dont la grandeur est fonction du volume racinaire maintenu. Le trou creusé doit permettre d'installer le plant sans que les racines ne soient comprimées au fond ou relevées sur les côtés ;
- Positionnement des plants au sein de chaque trou de façon à ce que le collet soit situé en surface ;
- Remblaiement du trou de plantation à l'aide de matériaux terreux et tassement ;
- Arrosage des plants dès l'achèvement des opérations.

Dans un souci de diversité, il sera choisi **4-5 espèces d'arbres** parmi les espèces classiquement rencontrées en sommet de berge sur le secteur.

Ainsi les espèces **d'aulne glutineux, noisetier, cornouiller** pourront être privilégiées pour les opérations de plantations.

Les plants employés seront des végétaux à racines nues, afin de placer directement ces derniers en conditions réelles et de favoriser leur enracinement profond.

### **7.5.6 Travaux divers**

#### **a) Aménagement d'une nouvelle prise d'eau incendie**

Le programme d'aménagement prévoit la mise en œuvre d'une nouvelle prise d'eau incendie pour compenser la perte de fonctionnalité de celle existante en lien avec l'effacement du plan d'eau.

L'aménagement devra être réalisé avant la dépose de la prise d'eau actuelle de façon à assurer une continuité de service.

**Dans le cas présent :**

- **Le nouvel aménagement est envisagé en rive droite du bras naturel en aval immédiat du pont de la rue du moulin Brandard**, de façon à profiter :
  - De l'écoulement continu de la rivière par ce bras en situation de projet (contrairement à la situation actuelle) ;
  - De la zone de plus grande profondeur offerte à ce niveau. Celle-ci y est toutefois inférieure à **0.8 m** pour les régimes hydrologiques courant ce qui exclut à priori la possibilité de pomper directement dans le lit depuis le pont via la création d'un guichet par exemple ;
  - De l'accès facilité depuis la rue du moulin Brandard ;
  - Du chemin stabilisé en rive droite du cours d'eau, excluant de devoir nécessairement prévoir la création une aire d'aspiration dédiée (à confirmer avec le SDIS toutefois);
- **Le nouvel aménagement pourrait prendre la forme d'un puisard connecté à la rivière et déporté en rive droite**. Pour ce type d'aménagement, les contraintes de bon fonctionnement classiquement associées et exigées au règlement départemental de la D.E.C.I. sont données dans les fiches techniques pages suivantes. Il convient de s'assurer notamment que les critères suivants sont réunis :
  - Présence d'une aire d'aspiration ;
  - Profondeur d'aspiration sous la crépine **> 0.8 m** ;
  - Capacité minimale du puisard : **4 m<sup>3</sup>**
  - Tampon circulaire Ø 80 cm en peinture bleu (RAL 5012 ou RAL5015) ;
  - Capacité de la réserve alimentant le puisard : **30 m<sup>3</sup>** minimum
  - Distance « crépine – engin » **≤ 8 m** ;
  - Hauteur entre le point d'aspiration et le niveau d'eau le plus bas **≤ 6 m** ;
  - Accessibilité aux engins en tous temps et en toutes circonstances ;
  - Signalisation du site.

Afin d'assurer sa pleine fonctionnalité, l'aménagement d'un puisard connecté à la rivière et déporté en rive doit prévoir:

- L'enfoncement suffisant du regard sous le terrain naturel de façon à assurer une hauteur d'eau de **0.8 m** minimum par rapport au niveau d'étiage (hauteur ne pouvant être assurée dans le cours d'eau en aval immédiat du pont de la rue du moulin Brandard) : hauteur minimale de **0.5 m** sous la crépine et de **0.3 m** au-dessus de la crépine
- L'orientation de la canalisation connectant le regard au cours d'eau vers l'aval de façon à éviter l'introduction d'une trop grande quantité de sédiments ;
- L'équipement par un panier à boue sur le fond de façon à faciliter l'entretien courant.

## PUISARD DEPORTE 1 ENGIN POMPE SANS LIGNE D'ASPIRATION VUE DE COTE

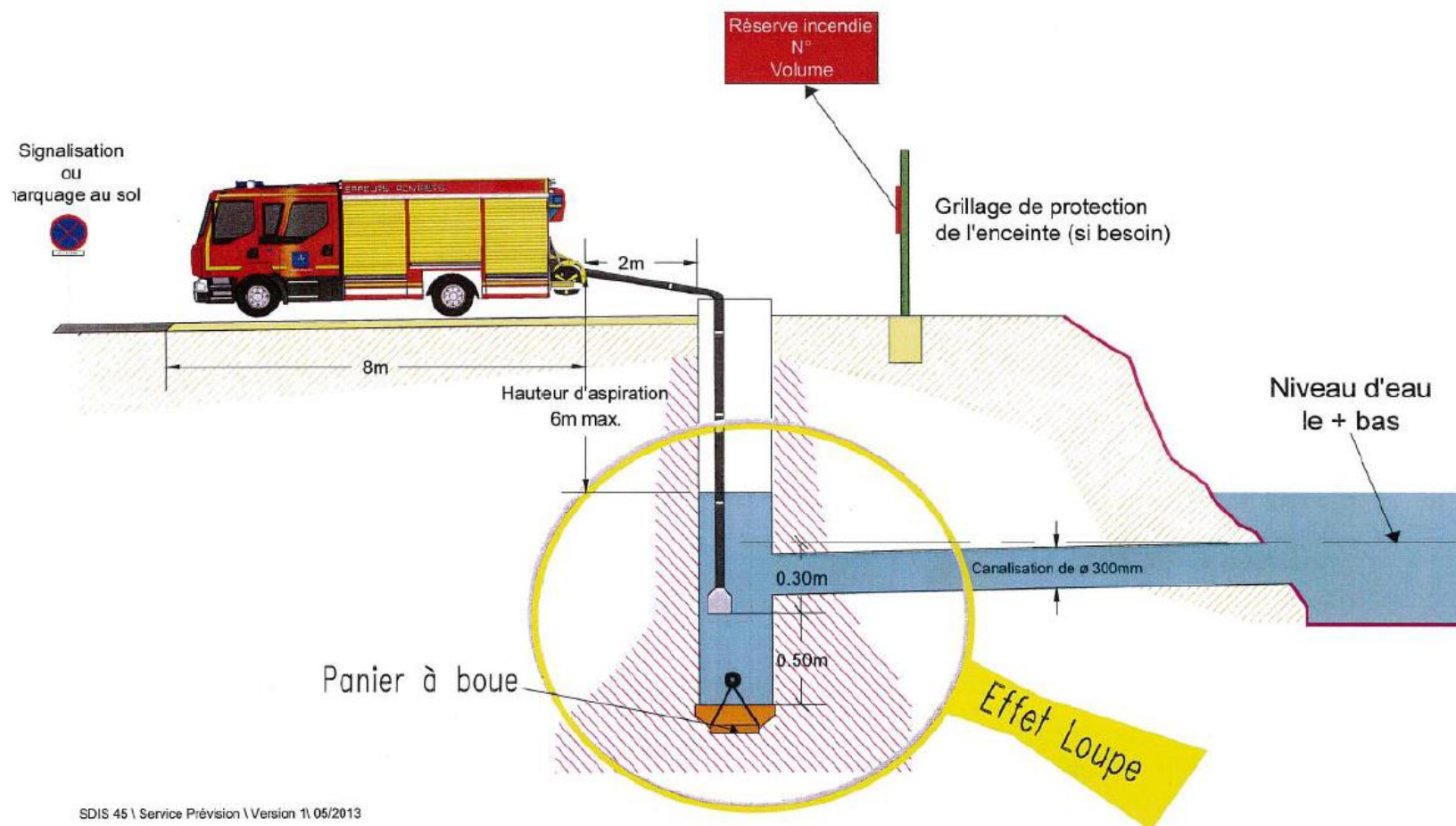


Figure 74. Schéma de principe d'une prise d'eau incendie consistant en un puisard déporté sans ligne d'aspiration – Source : SDIS Loiret

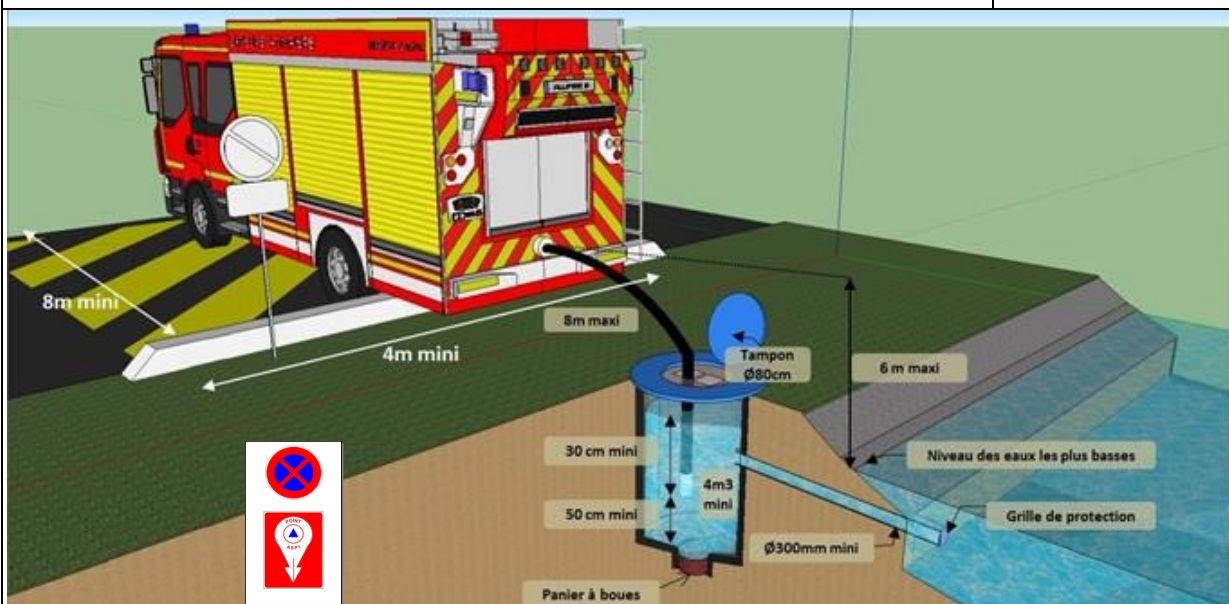
Objectif : Présenter les caractéristiques d'un puisard déporté

Veille réglementaire :

- Norme NFS 61.221 (signalisation)
- Articles 4.3 (4.3.2.2) du Règlement départemental de défense extérieure contre l'incendie

Obligations

- Capacité minimale du puisard : 4 m<sup>3</sup>
- Tampon circulaire Ø 80 cm en peinture bleu (RAL 5012 ou RAL5015)
- Grille de protection avec passage 30x30 cm
- Profondeur d'aspiration ≥ 80 cm
- Hauteur entre le point d'aspiration et le niveau le plus bas ≤ 6 mètres (hauteur entre l'axe de la pompe et la crépine)
- Ø canalisation d'alimentation du puisard ≥ 300 millimètres
- Distance crépine – engin ≤ 8 mètres
- Accessible aux engins en tout temps et en toutes circonstances
- Aire d'aspiration conforme à la fiche technique N°II.10
- Capacité de la réserve alimentant le puisard : 30 m<sup>3</sup> minimum



Lorsque pour différentes raisons, il n'est pas possible d'approcher un point d'eau, il peut être envisagé la mise en communication de celui-ci avec un puits par une canalisation de section suffisante pour assurer le débit requis.

Le puit doit avoir une profondeur telle que, en tout temps, la crépine d'aspiration se trouve à au moins 50 cm du fond du bassin et 30 cm en-dessous du niveau le plus bas du volume disponible. Ce dispositif est fermé par un couvercle de Ø 80 cm en peinture bleue (RAL 5012 ou 5015). La canalisation reliant le puisard au point d'eau doit être composée d'inox ou d'acier galvanisé, avoir un diamètre d'au moins 300 millimètres et doit être muni d'une grille de protection avec passage de 30x30 cm








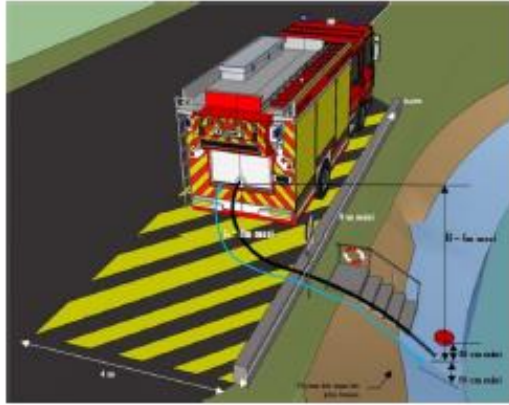
	<b>Fiche technique 24 : Les aires d'aspiration</b>	DECI Guide technique Mise à jour le: 05/10/2018
<b>Objectif :</b> Présenter les caractéristiques des aires d'aspiration		
<b>Veille réglementaire :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Norme NFS 61.221 (signalisation)</li> <li>• Art 4.3.2.2. du Règlement départemental de défense extérieure contre l'incendie</li> </ul>		
<p>Une aire (ou plate-forme) d'aspiration est un espace dédié à un engin pompe seul.</p> <p>Elle est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'une surface adaptée à l'engin pompe,</li> <li>• aménagée conformément aux fiches techniques ci-dessus en fonction du choix retenu,</li> <li>• équipée ou non d'un dispositif fixe conforme à la norme NFS 61.240,</li> <li>• accessible par une voie engin normalisée.</li> </ul> <div style="text-align: right;">  </div>		
<b>Surface : 12 m<sup>2</sup> (4m x 3m)</b> <b>Engin : motopompe remorquable</b>	<b>Surface : 32 m<sup>2</sup> (8 m x 4 m)</b> <b>Engin : poids-lourd</b>	
		
<b>Obligations :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Force portante <math>\geq 160</math> KN (90 KN par essieu)</li> <li>• <math>2\% \leq</math> pente <math>\leq 7\%</math></li> <li>• Stationnement de l'engin parallèle au point d'eau sans manœuvre <u>ou</u> stationnement perpendiculaire au point d'eau <u>après avis du SDIS</u></li> <li>• Dispositif fixe de calage des engins (butée de sécurité)</li> </ul>		
		

Figure 75. Fiches extraites du guide technique du règlement départemental de la défense extérieure contre l'incendie – Source : <https://www.sdis77.fr>





*Figure 76. Exemple de puisard connecté à la rivière et déporté en rive mis en œuvre à la suite d'un effacement d'ouvrage transversal sur cours d'eau pour compenser le point d'eau incendie formé par l'ancienne retenue – Source : EPAGE du bassin du Loing*

## **b) Pose d'une clôture de type « agricole » en léger recul de sommet de berge reconstitué sur le bras naturel court-circuité**

Dans le cadre du projet, il convient de mettre en place une clôture en rive gauche du bras naturel remodelé en lieu et place de l'actuelle située au niveau de la digue de séparation.

De façon à ce qu'elle ne constitue pas une barrière au franchissement par les petites espèces, il est proposé de recourir à une clôture de type « agricole » formée de pieux de bois régulièrement espacés (**1 pieu / 3-6 m** environ) et de **3 à 4 rangées** horizontales de fils barbelés.

Elles seront disposées en léger recul par rapport au sommet de berge reconstitué (**1.2 m** de recul minimum) de façon à réserver une largeur suffisante au développement de la ripisylve.

La nouvelle clôture sera développée jusqu'à la rencontre de l'actuelle sur les linéaires où elle sera conservée (soit en dehors de la digue de séparation du plan d'eau avec le bras naturel court-circuité).

Pour faciliter l'entretien, le fil le plus bas sera placé au minimum à **0.5 m** du sol.

La longueur cumulée de clôtures à mettre en place est de l'ordre de **150 m**.

### **7.5.7 Travaux de finition**

#### **a) Evacuation des déchets**

Les déchets produits à l'occasion du chantier (matériaux de démolition ...) seront évacués vers une filière de stockage/traitement/valorisation appropriée en dehors de toute zone inondable.

En l'absence à priori de pollution des matériaux, ces derniers pourront par exemple être évacués en ISDI (installations de stockage de déchets inertes).

**A titre d'information, l'ISDI la plus proche est donnée sur la carte suivante (source : <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr>).**

**Ainsi l'installation la plus proche est située sur la commune de Préfontaines à 17.9 km à l'Ouest de Bransles.**

Il est rappelé qu'en phase préparatoire, l'entreprise de travaux soumettra au VISA du maître d'œuvre les filières qu'elle souhaite mettre en œuvre pour traiter les déchets produits par le chantier à travers son Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets (SOGED).



VOUS ÊTES ICI > ACCUEIL DÉCHETS DE CHANTIER > RECHERCHER

## Résultat de votre recherche

### CENTRES DE TRAITEMENT

NOM DU CENTRE	KM	VILLE	VALORISATION
1 <a href="#">ROLAND SAS</a>	17,9 km	PREFONTAINES	
2 <a href="#">CARRIERE DE CORTRAT</a>	34,84 km	CORTRAT	
3 <a href="#">CARRIERE DES SABLONS</a>	34,84 km	CORTRAT	
4 <a href="#">SAMIN CARRIERE DE LA PETITE BORNE</a>	36,68 km	LA CHAPELLE-LA-REINE	
5 <a href="#">SOTRAIMA</a>	42,36 km	ETIGNY	
6 <a href="#">C.S.S</a>	47,71 km	SOUCY	
7 <a href="#">R-E-P</a>	63,48 km	MOISENAY	
8 <a href="#">CEMEX GRANULATS</a>	68,24 km	PECY	
9 <a href="#">ECOVALIS</a>	70,12 km	SAINT-AIGNAN-DES-GUES	
10 <a href="#">CEMEX GRANULATS EVRY</a>	70,41 km	EVRY	
11 <a href="#">Carrière de Bray en Val</a>	71,04 km	BRAY-EN-VAL	
12 <a href="#">ETS ARNOULT</a>	72,05 km	BOUVILLE	
13 <a href="#">SITA NORD EST</a>	73,25 km	SAINT-AUBIN	
14 <a href="#">ISDI de Chateaufeur sur Loire</a>	74,47 km	CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE	
15 <a href="#">SEMAVERT</a>	75,6 km	VERT-LE-GRAND	
16 <a href="#">ADS IDF NORD</a>	76,34 km	VIRY-CHATILLON	

NOUVELLE RECHERCHE
 MODIFIER LA RECHERCHE
 IMPRIMER

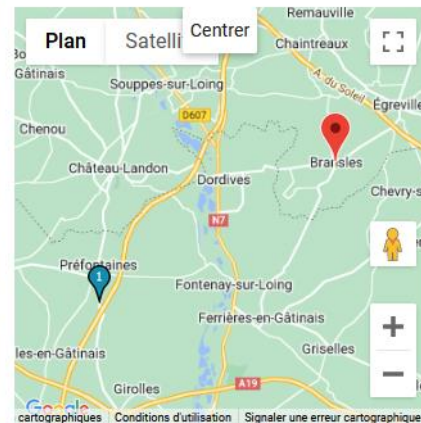
### MA RECHERCHE

**Localisation :** Bransles, France  
**Type de centre :** Installation de stockage de déchets inertes  
 Les 30 prestataires les plus proches sont identifiés.

### Légende :

Centres qui orientent certains déchets vers des filières de :

recyclage
 valorisation énergétique



Centres qui orientent certains déchets vers des filières de valorisation

Figure 77. Localisation de l'ISDI la plus proche – Source : <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr>

## b) Remise en état des terrains

Les terrains empruntés pour la réalisation des travaux seront remis en état en fin d'opération.

Les sols dont la terre végétale aura été préalablement décapée et réservée sur site, et les aires d'installation de chantier et de stockage temporaire des matériaux, seront décompactés avant régalaage de terre végétale.

Concernant plus particulièrement les chemins granulaires existants empruntés, un réempierrement pourra être effectué si ces derniers venaient à être détériorés.

Les éventuelles détériorations de la voirie d'accès à la zone de chantier causées par le cheminement répété d'engins lourds devront également être prises en charge par l'entreprise de travaux.



## 7.6 MOYENS MATERIELS ET HUMAINS A MOBILISER

Les différents travaux à réaliser nécessitent principalement l'intervention :

- **Pour les opérations de démolition/construction/réhabilitation:**
  - D'outil permettant la découpe soignée du rideau de palplanches métalliques au droit de l'ouvrage de décharge amont ;
  - D'une pelle mécanique équipée d'un BRH pour la démolition de tout ou partie du mur de soutènement en rive gauche du bras de contournement;
- **Pour les opérations de terrassement :**
  - De pelles mécaniques à chenilles (de type pelle de marais pour garantir une faible portance au sol et limiter la dégradation des terrains) et à godet;
  - De camions-bennes pour l'acheminement et l'évacuation des matériaux en dehors de la zone de travaux;
  - De tombereaux/chargeuses pour le transport des matériaux à l'échelle de la zone de travaux;
  - De matériels de pompage adaptés à la vidange des éventuelles eaux d'exhaure dans l'emprise de tout ou partie de la zone de travaux ;
  - De personnels qualifiés pour la mise en œuvre des opérations de terrassement;
- **Pour les opérations mobilisant des techniques du génie végétal**
  - De personnels qualifiés pour la mise en œuvre des techniques végétales.

## 7.7 PERIODE DE REALISATION DES TRAVAUX

La période la plus propice pour la conduite des travaux de terrassement en rivière se situe plutôt en **période estivale** car elle permet :

- D'éviter les périodes de fraie des poissons (frai de la truite fario en fin d'automne, début d'hiver) ;
- De limiter fortement le départ des fines vers l'aval, préjudiciable pour le milieu aquatique ;
- De faciliter les opérations de mise à sec et l'intervention des engins dans le cours d'eau ou à proximité.

La saison hivernale est à éviter au regard des risques de crues, des conditions d'humidité pouvant contraindre les opérations de terrassement, et des risques de colmatage des frayères par les dépôts de matières en suspension remobilisées par les travaux.

L'ensemencement et les plantations de végétaux impliquent quant à eux de respecter des périodes de mise en œuvre étroites pour permettre le bon développement des couverts herbacés et la reprise des plants.

**L'ensemencement** doit ainsi se faire hors période de gel et de déficit hydrique potentiel pour permettre aux graines de lever avec une bonne réussite : une première période printanière de **mi-mars à fin avril** est propice, la seconde s'étend du **début septembre à la mi-octobre**.

**Ainsi, il apparaît judicieux de limiter la réalisation des travaux de terrassement, à une durée de 3 mois maximum, idéalement sur les mois d'août, septembre et octobre, postérieurement aux travaux préparatoires (≈ 1 mois dont travaux forestiers et certains travaux de dépose/démolition) et préalablement à :**

- **La végétalisation des risbermes, de la digue arasée et de la nouvelle digue de séparation du plan d'eau sur le mois d'octobre ;**

- **La plantation des arbres sur les mois de novembre ou décembre.**

Le tableau ci-après propose un calendrier général pour la conduite des travaux.

Ce dernier pourra être précisé par semaine par les entreprises de travaux au moment de la remise de leur offre (phase **ACT**), et dans tous les cas par l'entreprise retenue par le maître d'ouvrage en phase **EXE/VISA**.

Les durées de terrassement ont été estimées en première approche à **7 semaines** en tenant compte d'une cadence de terrassement relativement faible de l'ordre de **100 m<sup>3</sup>/j** pour les déblais et remblais.

## Proposition de calendrier général pour les travaux

Mois	Juillet					Aout				Septembre					Octobre				Novembre			
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
<b>Semaines</b>																						
<b>Travaux préparatoires, forestiers, de dépose et de démolition</b>																						
Installation de chantier (installation base vie, acheminement d'engins et approvisionnements, balisage, mise en place de panneaux d'information etc)																						
Constat d'huissier																						
Travaux forestiers: abattage/Dessouchage des sujets ligneux (résineux essentiellement) implantés sur la digue de séparation de l'actuel plan d'eau avec le bras naturel court-circuité, débroussaillage des zones d'intervention terrestres																						
Dépose d'une partie de la clôture en rive gauche du bras naturel court-circuité au niveau de la digue de séparation du plan d'eau																						
Occultation définitive des buses d'alimentation actuelles de l'étang																						
Mise en place d'un dispositif anti-MES sur le canal de fuite et sur le bras de décharge en aval du point de restitution de l'étang et avant confluence avec le bras naturel court-circuité																						
Dépose de la vanne usinière et des vannes de décharge du moulin																						
Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole sur l'étang vidangé (pêche complète au filet)																						
Phase d'attente pour le ressuyage et le tassement des matériaux meubles et gorgés d'eau																						
Mise hors d'eau du bras naturel court-circuité																						
Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole sur le bras naturel court-circuité mis hors d'eau																						
Enlèvement des encombrants et dépose des enrochements en berge et sur le fond au droit de l'ouvrage de décharge amont																						
Démolition du mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité																						
Dépose des plaques de soutènement en béton sur le pourtour de l'étang à déconnecter et évacuation																						
Dépose de l'actuelle prise d'eau incendie																						
Démolition de l'ouvrage de décharge amont (OH1) et mise hors d'eau du bief																						
Réalisation d'une pêche de sauvegarde piscicole sur le bief																						
Implantation/piquetage des aménagements																						
<b>Travaux de terrassement</b>																						
Extraction des vases sur le bief																						
Travaux de terrassement en déblais/remblais																						
Reconstitution du matelas alluvial - Mise en œuvre de matériaux granulaires d'apport de calibre 10-100 mm																						
<b>Travaux divers</b>																						
Aménagement d'un puisard connecté à la rivière et déporté en rive accessible depuis la route du moulin Brandard																						
Pose d'une clôture de type « agricole » en léger recul de sommet de berge reconstitué sur le bras naturel court-circuité																						
<b>Travaux de génie végétal</b>																						
Ensemencement des risbermes																						
Plantations d'arbres et arbustes																						
Equipements divers (pare-embacles, échelles limnimétriques)																						
<b>Repli de chantier</b>																						
Repli des installations de chantier																						
Remise en état du site (décompactage des sols dans l'emprise des aires de circulation des engins après repli des pistes, nettoyage des chemins d'accès et réparations diverses si nécessaire etc)																						

Tableau 28. Calendrier proposé pour la réalisation des travaux

## 8 EVALUATION DES INCIDENCES DES MESURES DE RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE

### 8.1 IMPACTS HYDRAULIQUES

#### 8.1.1 Préambule

Les incidences hydrauliques du projet ont été étudiées par modélisation du complexe hydraulique et de sa zone d'influence en situation actuelle et aménagée.

Les modifications apportées au modèle initial sont les suivantes :

- Suppression de la vanne usinière **OH5** et des vannes de décharges **OH3** ;
- Suppression de l'ouvrage de décharge amont **OH1** ;
- Modification de la géométrie du bief tenant compte de l'extraction des vases et de la mise en place de banquettes alternes ;
- Modification de la géométrie du bras naturel court-circuité bief tenant compte du reprofilage du lit :
  - Intégration de deux profils par zone de radier/haut fond ;
  - Intégration d'un profil en travers par mouille entre deux zones de radiers/haut fond successives.

Le modèle a été mis en œuvre en régime permanent pour les mêmes conditions hydrologiques qu'en situation initiale (**QMNA5, débit médian, module, double module et QJ1.9** soit le débit de plein bord actuel sur le Betz en amont de la zone d'influence du moulin).

#### 8.1.2 Incidences du projet sur la répartition des eaux

La figure et le tableau pages suivantes reportent la répartition des débits du Betz modélisée à l'échelle de la zone d'étude en situation actuelle et projetée pour les régimes hydrologiques testés.

Il apparaît que, conformément aux critères de conception :

- L'alimentation du bief du moulin s'interrompt pour tout débit inférieur au débit minimum réservé sur le Betz (estimé à **0.058 m<sup>3</sup>/s** sur le site) ;
- Le bras naturel court-circuité capte une grande partie du débit du cours d'eau, fraction qui tend à décroître progressivement toutefois avec l'élévation du débit du cours d'eau :
  - **≈ 90%** du débit total dérivé à l'étiage (débit atteint ou dépassé débit dépassé **60%** du temps en année normale) ;
  - **≈ 80%** du débit total dérivé en moyennes et hautes eaux annuelles.



	Débits classés									
Régime hydrologique	DC5	DC10	DC20	DC30	DC40	DC50	DC60	DC70	DC80	DC90
Débit total m3/s	0.096	0.129	0.166	0.215	0.29	0.37	0.46	0.58	0.80	1.21
Configuration	C1 - Projet									
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s - C1	0.095	0.116	0.143	0.179	0.23	0.29	0.36	0.46	0.64	0.98
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	99%	90%	86%	83%	81%	80%	80%	80%	80%	81%
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s - C1	0.000	0.009	0.015	0.023	0.03	0.05	0.06	0.08	0.10	0.15
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	0%	7%	9%	11%	12%	13%	13%	13%	12%	12%
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s - C1	0.001	0.004	0.007	0.012	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.08
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	1%	3%	4%	6%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Configuration	C2 - Configuration actuelle et habituelle									
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s - C2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.03	0.10	0.19	0.28	0.48	0.86
Débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	0%	0%	0%	0%	9%	26%	41%	49%	61%	71%
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s - C2	0.058	0.069	0.080	0.089	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
Débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	60%	53%	48%	41%	34%	27%	22%	18%	14%	10%
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s - C2	0.038	0.060	0.086	0.126	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23
Débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	40%	47%	52%	59%	57%	47%	37%	32%	25%	19%

Configuration	Impact de C1 --> C2									
	Ecart de débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - m3/s	-0.095	-0.116	-0.143	-0.179	-0.21	-0.20	-0.18	-0.18	-0.16
Ecart de débit dérivé par le bras naturel court-circuité en fond de vallée - % débit total	-99%	-90%	-86%	-83%	-72%	-53%	-39%	-30%	-20%	-10%

Ecart de débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - m3/s	0.058	0.060	0.065	0.066	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01	-0.02
Ecart de débit dérivé par le bras de décharge du moulin Brandard - % débit total	60%	46%	39%	30%	22%	14%	9%	5%	2%	-2%

Ecart de débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - m3/s	0.037	0.056	0.079	0.114	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14
Ecart de débit dérivé par le canal de fuite du moulin Brandard - % débit total	39%	44%	47%	53%	50%	40%	30%	25%	18%	12%

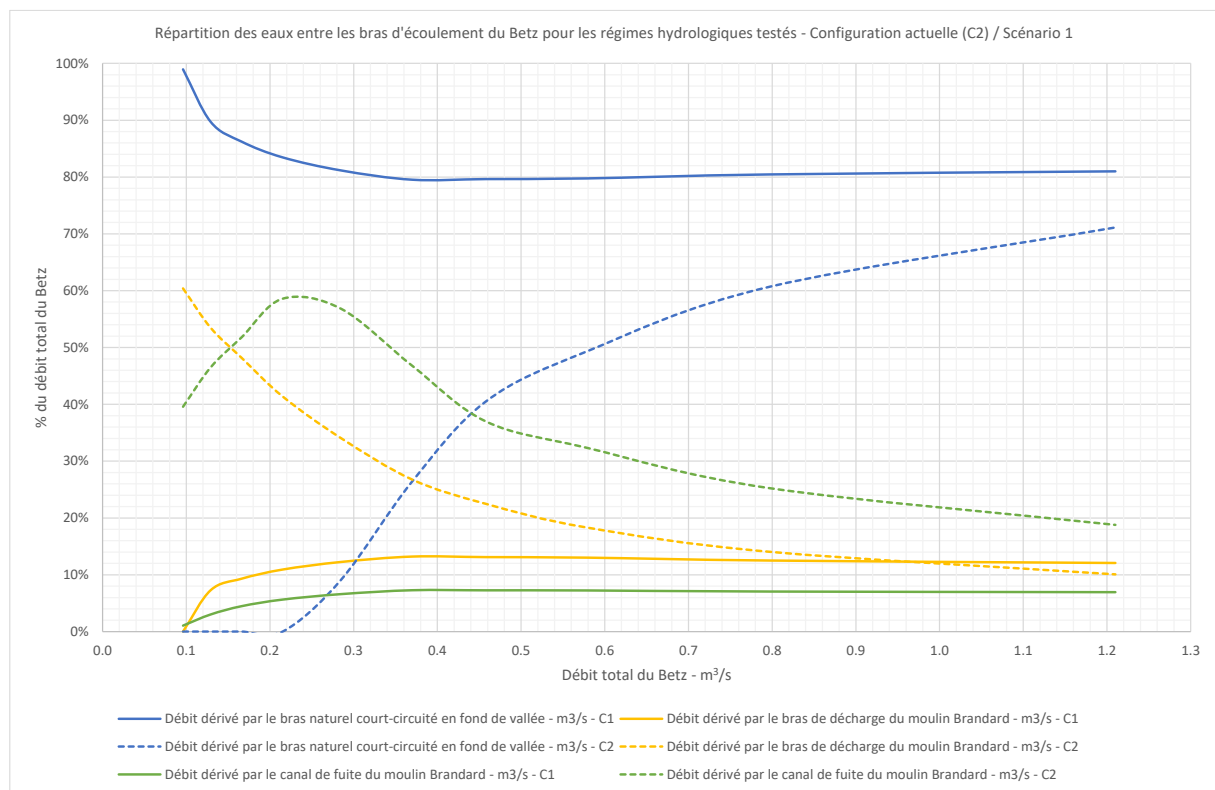


Figure 78. Répartition des débits du Betz modélisée en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée

### 8.1.3 Impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement dans l'emprise de l'actuel linéaire influencé par le moulin Brandard

Les figures pages suivantes reportent le profil en long des lignes d'eau modélisées en amont du moulin Brandard à l'état actuel (courbes en traits pointillés) et pour la situation aménagée (courbes en traits pleins) pour les différents régimes hydrologiques testés.

Les tableaux ci-après donnent les principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes, calculées par segment homogène pour les deux situations.

L'écart entre la situation de projet et l'état actuel est également précisé de façon globale par segment homogène.

Le projet a pour effet en amont du moulin Brandard:

- De diminuer significativement la ligne d'eau ( $\approx -0.32$  m au module) sur l'ensemble du linéaire fortement influencé (en amont du moulin jusqu'à **P9**, soit  $\approx 360$  m dont  $\approx 160$  m en amont de la défluence du bras naturel court-circuité), l'effet étant décroissant avec l'élévation du débit du Betz ( $-0.16$  m à **QJ1.9**) ;
- De diminuer légèrement la ligne d'eau sur l'ensemble du linéaire peu influencé (en amont de **P9** et jusqu'à la confluence des bras entourant l'île principale) soit  $\approx 240$  m ( $\approx -0.07$  m au module) ;
- D'augmenter légèrement la hauteur d'eau à l'étiage sur le bief du moulin ( $\approx +0.1$  m au **QMNA5**), du fait de l'extraction des vases sur ce tronçon (épaisseur moyenne extraite de **0.5** m environ) et malgré l'abaissement attendu de la ligne d'eau (le relèvement du radier des vannes du moulin au-dessus du fond dur observé sur le lit en amont exerçant un effet de retenue résiduel sur toute la longueur du bief), et de la diminuer sensiblement en moyennes et hautes eaux annuelles ( $\approx -0.11$  à  $-0.12$  m), en raison de l'abaissement conjoint de la ligne d'eau et du débit dérivé et malgré le resserrement de la section par les banquettes alternes ;
- De reconquérir un linéaire d'écoulement libre et courant sur environ **400** m en amont de la défluence du bras naturel court-circuité ( $+0.16$  m/s au module entre **OH1** et **P9**), en lieu et place de l'actuel faciès lentique, avec un doublement de la vitesse par rapport à celle observée à l'état actuel ( $\approx 0.14$  m/s actuellement au module entre **OH1** et **P9**) ;
- De maintenir le caractère lentique des écoulements sur le bief du moulin sans le renforcer toutefois véritablement à l'échelle annuelle. Le rétrécissement de la section par les banquettes alternes compense ainsi globalement la perte de vitesse induite par la forte réduction de débit sur ce segment. L'accélération des écoulements est constatée en régime de hautes eaux annuelles ( $+0.2$  m/s au double module) ce qui permet un meilleur transit des sédiments, dont le dépôt est à contrario renforcé à l'étiage.

	QMNAS - C1 - Projet		Débit médian - C1 - Projet		module - C1 - Projet		double module - C1 - Projet		Plein bord - C1 - Projet	
Tronçon	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 1	0.51	0.05	0.58	0.13	0.63	0.18	0.73	0.26	1.18	0.43
Segment 1 amont	0.68	0.04	0.75	0.11	0.81	0.15	0.92	0.22	1.39	0.37
Segment 1 aval	0.31	0.08	0.37	0.18	0.42	0.23	0.51	0.32	0.90	0.47
Segment 2 - Amont P9	0.26	0.14	0.36	0.24	0.42	0.29	0.54	0.39	0.98	0.63
Segment 2 - Aval p9	0.33	0.15	0.48	0.25	0.56	0.29	0.67	0.42	1.03	0.76
Segment 3	0.29	0.00	0.34	0.06	0.36	0.09	0.41	0.14	0.60	0.28

	QMNAS - C2 - Configuration actuelle et habituelle		Débit médian - C2 - Configuration actuelle et habituelle		module - C2 - Configuration actuelle et habituelle		double module - C2 - Configuration actuelle et habituelle		Plein bord - C2 - Configuration actuelle et habituelle	
Tronçon	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 1	0.51	0.05	0.58	0.13	0.63	0.18	0.73	0.26	1.18	0.43
Segment 1 amont	0.68	0.04	0.75	0.11	0.81	0.15	0.92	0.22	1.39	0.37
Segment 1 aval	0.31	0.08	0.37	0.18	0.42	0.23	0.51	0.32	0.90	0.47
Segment 2 - Amont P9	0.27	0.12	0.43	0.19	0.49	0.24	0.61	0.33	1.05	0.57
Segment 2 - Aval p9	0.61	0.04	0.84	0.09	0.87	0.14	0.94	0.23	1.20	0.56
Segment 3	0.19	0.09	0.45	0.08	0.48	0.09	0.52	0.09	0.71	0.09

	QMNAS - Impact de C1 --> C2		Débit médian - Impact de C1 --> C2		module - Impact de C1 --> C2		double module - Impact de C1 --> C2		Plein bord - Impact de C1 --> C2	
Tronçon	Δ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Δ Vitesse moyenne / tronçon m/s	Δ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Δ Vitesse moyenne / tronçon m/s	Δ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Δ Vitesse moyenne / tronçon m/s	Δ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Δ Vitesse moyenne / tronçon m/s	Δ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Δ Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Segment 1 amont	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Segment 1 aval	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Segment 2 - Amont P9	-0.01	0.02	-0.06	0.06	-0.07	0.05	-0.06	0.06	-0.07	0.06
Segment 2 - Aval p9	-0.28	0.11	-0.36	0.16	-0.32	0.15	-0.27	0.18	-0.18	0.20
Segment 3	0.10	-0.08	-0.11	-0.02	-0.11	0.00	-0.11	0.06	-0.11	0.19

Tableau 29. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes par segment en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée



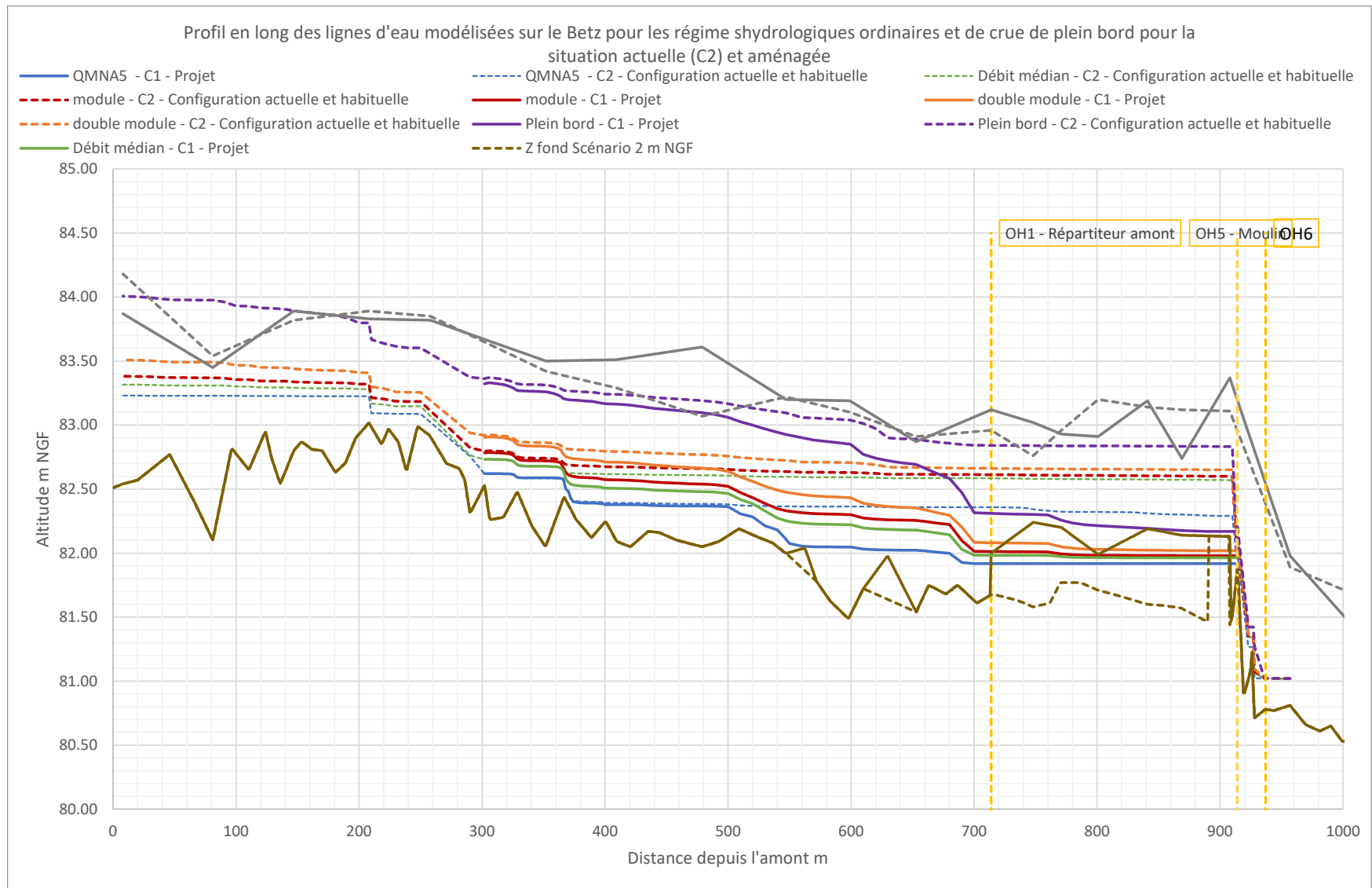


Figure 19. Profil en long des lignes d'eau modélisées en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée

#### 8.1.4 Impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement dans l'emprise du bras naturel court-circuité

Les figures pages suivantes reportent le profil en long des lignes d'eau modélisées sur le bras naturel court-circuité (courbes en traits pointillés) et pour la situation aménagée (courbes en traits pleins) pour les différents régimes hydrologiques testés.

Le profil de berge en rive droite en cas d'arasement du merlon est également reporté (trait bleu foncé pointillés).

Les tableaux ci-après donnent les principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes, calculées sur ce segment pour les deux situations en précisant l'écart entre la situation de projet et l'état actuel.

Le projet a pour effet sur le bras naturel court-circuité :

- D'augmenter la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement à l'étiage (**+0.25 m et +0.2 m/s au QMNA5**) sur l'ensemble du segment du fait de l'augmentation des débits dérivés (interruption d'écoulement à l'état actuel pour ce régime) ;
- De ne pas modifier significativement les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement pour les régimes de moyennes eaux. Le faciès d'écoulement demeure de type plat courant (**0.36 m et 0.38 m/s en moyenne au module**);
- D'augmenter significativement la ligne d'eau sur une longueur de l'ordre de **110 m** en aval de l'actuel ouvrage de décharge amont (entre **P15 et P16**), en lien avec le relèvement progressif du fond du lit, et de façon plus marginale et non significative en aval jusqu'au pont de la rue du moulin Brandard. L'effet est toutefois décroissant avec l'élévation du débit du cours d'eau. L'écoulement demeure non débordant pour le régime de crue de plein bord observé en amont du linéaire influencé par le moulin Brandard. Le projet n'est donc pas de nature à causer des débordements fréquents en rive droite de l'actuel tracé du bras naturel court-circuité, laquelle apparaît réhaussée par les travaux hydrauliques passés (merlon de curage). En cas d'arasement du merlon en rive droite, l'écoulement reste non débordant pour les crues fréquentes. L'étalement des crues est toutefois permis dans l'emprise de l'étang exondé du fait de l'arasement de l'actuelle digue de séparation et du positionnement du nouveau tracé :
  - **+ 0.39 m au module** en amont du bras naturel court-circuité ;
  - **+ 0.39 m à QJ1.9** en amont du bras naturel court-circuité :
    - **-1.11 m** / berge rive droite actuelle ;
    - **- 0.4 m** / berge rive droite en cas d'arasement du merlon;
  - **+ 0.04 m au module à 110 m** en aval de l'actuel ouvrage de décharge amont ;
  - **-0.10 m à QJ1.9 à 110 m** en aval de l'actuel ouvrage de décharge amont :
    - **-0.93 m** / berge rive droite actuelle ;
    - **- 0.47 m** / berge rive droite en cas d'arasement du merlon.

Le modèle hydraulique a également été testé pour des régimes de crues supérieurs (**Q5 et Q10**). Sur le bras naturel court-circuité, il apparaît pour ces situations que :

- Le gabarit du lit avec merlon en rive droite est largement suffisant pour transiter **Q5 et Q10** sans débordements (considérant par ailleurs le maintien du merlon existant en rive droite), que ce soit pour la situation actuelle ou projetée ;
- **Pour Q5:**
  - La ligne d'eau est relevée par rapport à l'actuelle sur **≈ 100 m** en aval de l'actuel ouvrage répartiteur (**+0.6 m** au maximum en aval de l'actuel ouvrage répartiteur). Elle reste toutefois significativement en dessous de la crête de berge rive droite (**≈ -0.6 m/crête merlon** au droit de l'actuel ouvrage répartiteur) ;

- **Pour Q10 :**

- La ligne d'eau est relevée par rapport à l'actuelle sur  $\approx 70$  m en aval de l'actuel ouvrage répartiteur (**+0.3 m** au maximum en aval de l'actuel ouvrage répartiteur). Elle reste toutefois significativement en dessous de la crête de berge rive droite ( $\approx$  **-0.5 m/crête merlon** au droit de l'actuel ouvrage répartiteur).

Le projet de restauration n'est donc pas de nature à occasionner des débordements nouveaux en rive droite du bras naturel court-circuité pour les régimes de crues d'occurrence courante à moyenne et dans la mesure où le merlon en rive droite est maintenu.

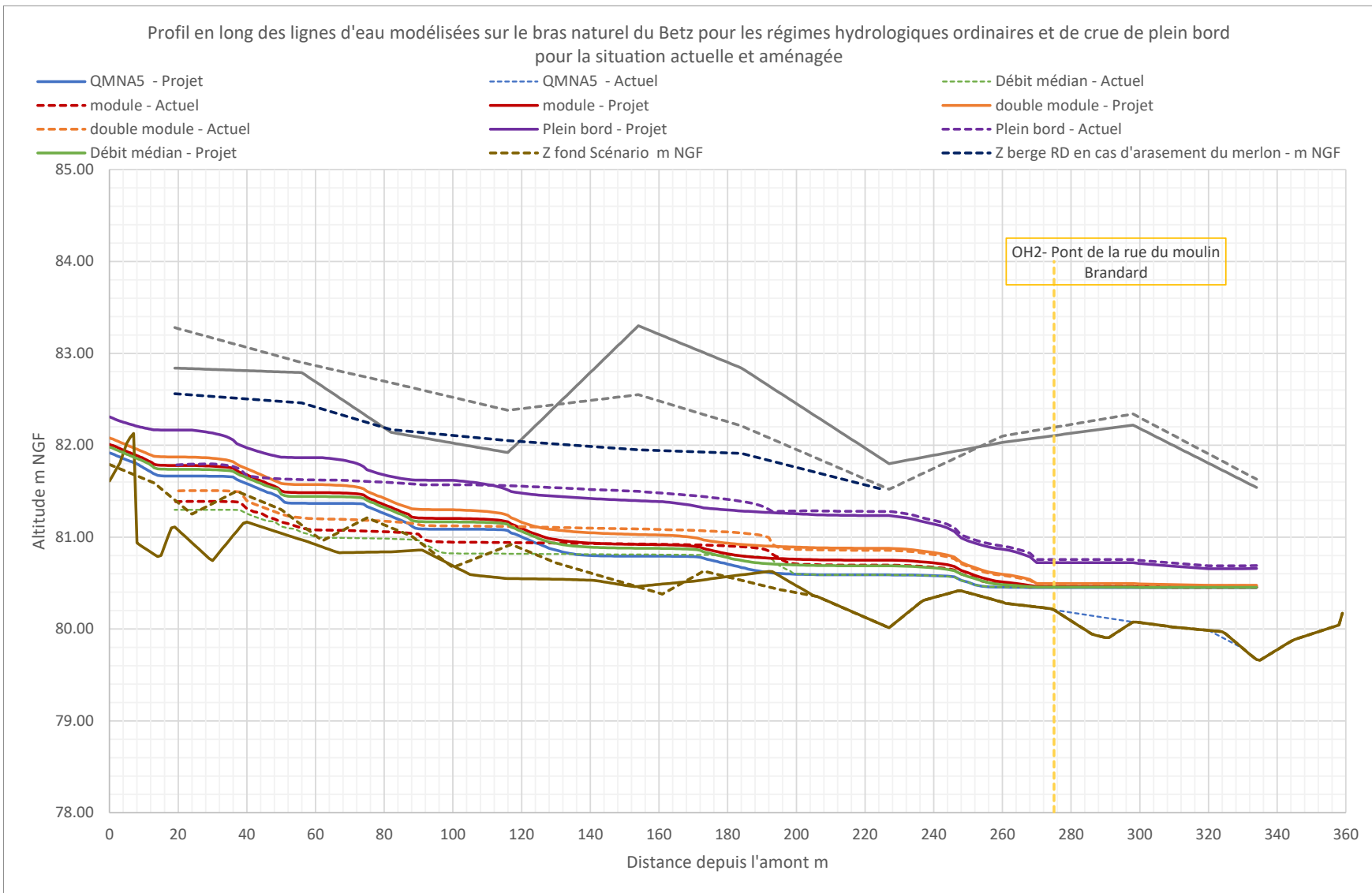
	QMNA5 - Projet		Débit médian - Projet		module - Projet		double module - Projet		Plein bord - Projet	
Tronçon	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 5	0.25	0.20	0.32	0.31	0.36	0.38	0.46	0.51	0.77	0.85

	QMNA5 - Actuel		Débit médian - Actuel		module - Actuel		double module - Actuel		Plein bord - Actuel	
Tronçon	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s	Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 5	0.00	0.00	0.24	0.21	0.33	0.34	0.47	0.51	0.86	0.91

	QMNA5 - Impact de C1 --> C2		Débit médian - Impact de C1 --> C2		module - Impact de C1 --> C2		double module - Impact de C1 --> C2		Plein bord - Impact de C1 --> C2	
Tronçon	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s	$\Delta$ Hauteur d'eau moyenne / tronçon m	$\Delta$ Vitesse moyenne / tronçon m/s
Segment 5	0.25	0.20	0.08	0.10	0.03	0.04	-0.01	0.01	-0.08	-0.06

Tableau 30. Principales variables hydrauliques d'intérêt moyennes sur le bras naturel court-circuité pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée





*Figure 19. Profil en long des lignes d'eau modélisées en amont du moulin Brandard pour les régimes hydrologiques testés en situation actuelle et projetée*

## 8.2 IMPACTS HYDROSEDIMENTAIRES

Les variables de transport solide calculées initialement sur le Betz en amont du moulin Brandard sont à nouveau estimées pour la situation projetée et comparées à l'état actuel.

Il apparaît que le projet d'aménagement implique :

- Une accélération significative des écoulements sur le Betz dans l'emprise de l'actuel linéaire influencé en amont du point de défluence avec le bras naturel court-circuité (en lien avec l'abaissement de la ligne d'eau à débit inchangé) et l'augmentation des capacités de transit des sédiments (sables moyens actuellement → sables grossiers en situation de projet au module sur le linéaire fortement influencé en amont de l'ouvrage répartiteur), garantissant le maintien de fonds décolmatés propices au bon fonctionnement du milieu aquatique ;
- La restauration d'une continuité de fond sur le Betz via le bras naturel court-circuité permettant le transit des sédiments charriés depuis l'amont (plutôt que leur report préférentiel vers le bief comme à l'heure actuelle) ;
- Un ralentissement notable des écoulements sur le bief du moulin à l'étiage ce qui se traduit par une sensibilité accrue au colmatage des substrats (dépôt de sédiments en situation de projet), avec toutefois une accélération des écoulements en hautes eaux annuelles favorisant une meilleure reprise des sédiments fins accumulés (sables moyens actuellement → sables grossiers en situation de projet).

Il est précisé par ailleurs que :

- Les conditions d'écoulements globalement courantes sur le bras naturel court-circuité permettront le transit de matériaux relativement grossiers et limiteront ainsi le colmatage des substrats reconstitués ;
- Le reprofilage du lit sur le bras naturel court-circuité est de nature à maintenir le profil de fond dur en amont du point de défluence et à éviter tout phénomène d'érosion régressive ;
- Les conditions d'écoulements et de transport des sédiments resteront inchangées sur le Betz en aval du complexe hydraulique du moulin Brandard.

Tronçon	QMNA5		Débit médian		module		double module		Plein bord	
	Matériau mobilisable - C1 - Projet	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Projet	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Projet	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Projet	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle	Matériau mobilisable - C1 - Projet	Matériau mobilisable - C2 - Configuration actuelle et habituelle
<b>Segment 1</b>	Sables fins		Sables moyens		Sables grossiers		Sables grossiers		Sables grossiers	
<b>Segment 1 amont</b>	Dépôts		Sables moyens		Sables moyens		Sables grossiers		Sables grossiers	
<b>Segment 1 aval</b>	Sables moyens		Sables grossiers		Sables grossiers		Sables grossiers		Graviers moyens	
<b>Segment 2 - Amont P9</b>	Sables grossiers		Sables grossiers		Sables grossiers		Sables grossiers		Graviers moyens	
<b>Segment 2 - Aval P9</b>	Sables grossiers	Dépôts	Sables grossiers	Sables moyens	Sables grossiers	Sables moyens	Sables grossiers		Graviers grossiers	Graviers moyens
<b>Segment 3</b>	Dépôts	Sables moyens	Sables fins	Sables moyens	Sables moyens		Sables moyens		Sables grossiers	Sables moyens

Tableau 31. Impacts du projet sur les matériaux potentiellement mobilisables dans l'emprise de l'actuel linéaire influencé du Betz en amont du moulin Brandard

## 8.3 IMPACTS ECOLOGIQUES

### 8.3.1 Conditions de franchissement piscicole

Les différentes dispositions prévues au projet, à savoir l'effacement de l'ouvrage de décharge amont, le remodelage fonctionnel du bras naturel court-circuité, et la concentration des débits du cours d'eau sur cet axe (débit 4 fois supérieur au bief du moulin en moyennes et hautes eaux annuelles), permettront de rétablir la continuité piscicole de façon satisfaisante et pérenne pour l'espèce repère du contexte (truite fario) et les petites espèces d'accompagnement sur le Betz à l'échelle du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard sans nécessité d'entretien de dispositifs de franchissement particuliers.

Le projet n'améliorera pas significativement la franchissabilité du vannage de décharge du moulin Brandard (**OH3**) malgré son ouverture totale (compte tenu du maintien du seuil **OH8** plus en aval), ce qui n'est pas particulièrement gênant dans la mesure où l'axe préférentiel de continuité piscicole bascule très largement du bief du moulin Brandard, en situation actuelle, au bras naturel court-circuité en situation de projet du simple fait de la nouvelle concurrence de débit exercée.

A noter enfin que les espèces piscicoles qui pourraient s'aventurer dans le bief auront la possibilité d'en sortir facilement par dévalaison au droit de la vanne usinière ou du vannage de décharge du moulin, mais également en remontant le courant sur ce segment.

### 8.3.2 Impacts sur les habitats aquatiques et espèces piscicoles

**D'une façon générale**, le retour à des conditions d'écoulements plus courantes et diversifiées est favorable à un moindre réchauffement et à une meilleure oxygénation des eaux et permet le bon développement des biocénoses aquatiques au niveau du substrat alluvial auquel de nombreuses fonctions écologiques peuvent être associées :

- Une fonction de lieu de vie où les organismes aquatiques utilisent les interstices et la porosité des sédiments comme habitat ;
- Une fonction de support de ponte pour les poissons et les invertébrés sur les substrats submergés ;
- Une fonction d'abri vis-à-vis des conditions hydrauliques et des prédateurs ;
- Un rôle dans la régulation thermique de l'eau.

**Dans le cas présent**, le projet a pour effet:

- D'augmenter significativement les linéaires d'écoulement libres et courants sur le cours actuel du Betz en amont du point de défluence avec le bras naturel court-circuité, d'y offrir des variables d'écoulement pleinement compatibles avec les exigences biologiques des espèces piscicoles caractéristiques du contexte, et d'y améliorer ainsi son fonctionnement écologique et hydromorphologique sur un linéaire cumulé d'environ **400 ml**, soit sur les **2/3** environ du linéaire actuellement influencé (**≈ 600 ml** en intégrant le bief du moulin);
- De rendre pérenne les habitats lotiques au sein même du bras naturel court-circuité du fait du rétablissement sur cet axe d'un écoulement permanent (écoulement intermittent à l'heure actuelle), préférentiel à l'échelle du site, et avec des variables d'écoulement pleinement compatibles avec les exigences biologiques des espèces piscicoles caractéristiques du contexte sur un linéaire de **340 m** environ ;
- De participer au rééquilibrage de la structure des peuplements piscicoles par rapport à la typologie naturelle théorique attendue sur le cours du Betz, avec une plus forte représentation notamment des espèces affectionnant les eaux fraîches



et courantes (truite fario et petites espèces d'accompagnement comme le chabot, le vairon ou la lamproie de Planer) au détriment des espèces d'eaux calmes et/ou affectionnant les milieux vaseux, naturellement présentes (épinouche et épinochette par exemple) ou potentiellement introduites dans le plan d'eau (carpes, carnassiers...).

Il est à signaler toutefois que le projet ne diminue pas le caractère lentique des écoulements sur le bief du moulin, la mise en place de banquettes alternes permettant le rétablissement d'un lit plus étroit et sinueux n'ayant pour effet que de compenser la perte de vitesse induite par l'extraction des vases et la réduction importante du débit sur cet axe.

### 8.3.3 Impacts sur la végétation rivulaire

#### a) Impacts directs

Les travaux de restauration se traduiront d'abord par des impacts directs sur la végétation rivulaire sur un linéaire d'environ **140 ml** en rive gauche du bras naturel en fond de vallée, en lien avec l'arasement prévu de l'actuelle digue de séparation du plan d'eau.

L'impact écologique de cette opération est à relativiser toutefois compte tenu de la présence à ce niveau d'essences ornementales (résineux) non indigènes et non adaptées aux bords de rivière.

L'impact de la suppression des arbres implantés sur la digue de séparation du plan d'eau est avant-tout paysager. Il est amoindri toutefois par le fait que les arbres de haut jets présents en rive droite du bras naturel court-circuité seront conservés (nouvel écran visuel offert à l'observateur depuis le moulin Brandard en lieu et place de l'alignement de résineux).

A ce stade la suppression d'environ **350** arbres est prévue. Le projet prévoit une compensation de cet impact par une replantation d'essences arborées et arbustives indigènes et adaptées aux bords de rivière (aulne, frêne, érable, noisetier, cornouiller...) dans l'emprise de la digue arasée.

#### b) Impacts indirects

**D'une façon générale**, l'abaissement des lignes d'eau peut, sous certaines conditions et en fonction des espèces en présence, impacter la végétation rivulaire par abaissement de la nappe d'accompagnement et assèchement partiel des systèmes racinaires.

**Dans le cas présent**, il est peu probable que l'abaissement de la ligne d'eau sur le Betz fragilise la végétation rivulaire (non directement impactée par les travaux forestiers préalables) compte tenu du faible degré d'abaissement projeté de la ligne d'eau ( $\approx$  - **0.32 m** au module dans l'emprise du linéaire actuellement fortement influencé en situation de projet).

### 8.3.4 Impacts sur la qualité physico-chimique de l'eau

Il est à attendre d'une façon générale une amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau en situation de projet compte tenu :

- De la suppression du plan d'eau et de ses effets délétères sur la qualité de l'eau restituée au milieu naturel en aval (réchauffement, anoxie et accentuation des effets de l'eutrophisation des eaux en période estivale) ;
- Du linéaire d'écoulement libre et conséquent restauré dans l'emprise du linéaire actuellement influencé favorisant les processus d'autoépuration associés aux substrats grossiers et non colmatés ;

- Du report de la majeure partie de l'écoulement sur le bras naturel court-circuité en fond de vallée, au détriment du bief du moulin, favorisant là encore les processus d'autoépuration associés aux substrats grossiers et non colmatés ;
- Des fonctions biogéochimiques épuratoires qui pourront être développées au niveau de la zone humide riveraine du bras naturel court-circuité en lieu et place de l'actuel plan d'eau (minéralisation de la matière organique et cycles de nitrification/dénitrification favorisés au gré des variations de la nappe d'accompagnement et des conditions de saturation en eau et d'anoxie des sols).

L'impact probable du projet sur la qualité physico-chimique de l'eau reste à relativiser sans doute du fait de la faible échelle d'intervention sur le cours d'eau et de l'impact actuel prédominant causé par la problématique de pollution diffuse par les nitrates de la nappe alimentant le cours d'eau, indépendante finalement de la configuration du complexe hydraulique du site.

Seule la poursuite du suivi de la qualité de l'eau en aval du site permettra de conclure sur ces hypothèses et d'apprécier in fine l'efficacité réelle des travaux de restauration sur ce point.

### 8.3.5 Impacts sur les zones humides

Pour rappel, la notion de **zone humide** (ZH) est définie par l'article L211-1 du Code de l'Environnement.

*« On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. »*

Ces zones humides ont un rôle important dans le cycle de l'eau : les marais, les vasières, les tourbières, les prairies humides auto-épurent, régularisent le régime des eaux, réalimentent les nappes souterraines. Elles font partie des écosystèmes les plus productifs sur le plan biologique.

**Dans le cas présent**, le relèvement artificiel de la ligne d'eau en amont du moulin de Brandard est de nature à renforcer le caractère humide des terrains riverains, du fait du relèvement de la nappe d'accompagnement mais également des débordements plus fréquents pouvant être occasionnés en cas de crue.

A l'heure actuelle, le niveau d'eau sur le Betz dans l'emprise du linéaire influencé par le moulin Brandard, et probablement celui de la nappe alluviale associée à quelques cm près, se situe en régime moyen à **≈ 82.6 m NGF** soit à une cote située :

- Entre **0.2 et 0.4 m** sous le terrain naturel en rive gauche du bief (cote de terrain naturel en arrière du merlon de berge variant entre **82.8 et 83 m NGF**) ;
- Entre **0.4 et 0.6 m** sous le terrain naturel des deux rives du cours d'eau en amont du bief et jusqu'en limite du linéaire influencé (aval de la confluence des bras entourant l'îlot principal).

L'analyse topographique confirme donc la probable proximité de la nappe d'accompagnement sous le terrain naturel riverain et en particulier en rive gauche du bief du moulin, et donc l'aptitude des terrains à présenter un caractère humide.

L'abaissement prévisible de la ligne d'eau attendu en situation de projet est de l'ordre de **0.3 m** au module ce qui a pour effet probable d'abaisser la nappe d'accompagnement à une profondeur comprise :

- Entre **0.5 et 0.7 m** sous le terrain naturel en rive gauche du bief ;
- Entre **0.7 et 0.9 m** sous le terrain naturel des deux rives du cours d'eau en amont du bief et jusqu'en limite du linéaire influencé (aval de la confluence des bras entourant l'îlot principal).

Le projet diminue donc quelque peu l'aptitude des terrains à présenter un caractère humide sans le remettre totalement en cause toutefois (présence de traits réductifs probablement maintenus à moins de **1.2 m** de profondeur).

Il peut être considéré comme bénéfique du point de vue du fonctionnement global des zones humides identifiées en favorisant les sous-fonctions:

- **Hydrologiques:** augmentation de la capacité de stockage des eaux de débordement et donc d'écrêtement des crues et de soutien des étiages par désaturation partielle des horizons de surface du sol;
- **Biogéochimiques:** plus fortes fluctuations saisonnières des niveaux de nappe alluviale et des conditions d'hydromorphie des sols riverains, favorables finalement à un meilleur fonctionnement épuratoire (exemple : alternance plus fréquente des phases de minéralisation des composés organiques et de nitrification en présence d'oxygène dans les horizons de sols non saturés en eau d'une part, et de dénitrification en absence d'oxygène en cas de saturation en eau des sols d'autre part).

La sous-fonction écologique est supposée peu impactée en l'absence d'espèces remarquables particulières caractéristiques de zones fortement et durablement engorgées en eau.

Le projet est par ailleurs de nature à créer de nouvelles zones humides fonctionnelles :

- Dans l'emprise de l'actuelle digue de séparation devant être arasée;
- Dans l'emprise du plan d'eau exondé devenant facilement inondable par débordement du cours d'eau en cas de crue;
- Au droit des risbermes végétalisées alternes encadrant le nouveau tracé sinueux reconstitué sur le bief du moulin.

## 8.4 IMPACTS SUR LES INFRASTRUCTURES A CONSERVER

### 8.4.1 Préambule

**D'une façon générale**, l'abaissement des niveaux de retenue associés aux ouvrages transversaux sur cours d'eau tend à augmenter le poids effectif des ouvrages maçonnés situés en rive (habitations, quais, murets par exemple) ou en leur sein (piles de pont par exemple) par la suppression de la poussée stabilisatrice de l'eau (effet de la poussée d'Archimède), ce qui peut les déstabiliser en particulier lorsque leurs fondations ne sont plus ennoyées de façon permanente.

L'abaissement des niveaux de retenue associés peut également réactiver des phénomènes d'érosion progressive, régressive ou latérale notamment lorsque le fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau apparaît perturbé et profondément déséquilibré (déficit en sédiments causé par une retenue en amont par exemple).

Le risque de déstabilisation des ouvrages est augmenté à plus ou moins long terme (ex : tassements différentiels des sols, affouillement du fond et sous-cavement des fondations pouvant favoriser le basculement, le glissement, l'affaissement des maçonneries et l'apparition de fissures...) lorsque :

- Les fondations d'ouvrages ne sont pas suffisamment consolidées et ancrées sur le fond (appui des fondations sur le substrat rocheux sous les alluvions ou sur un rideau de pieux battus jusqu'au refus par exemple) ;
- La portance des sols n'est pas suffisante (sols tourbeux par exemple) ;
- Les fondations de type bois ne sont plus ennoyées de façon permanente (pourrissement à l'air libre en conditions de forte humidité) ;

- Les variations de niveau d'eau dans l'emprise des anciennes retenues sont plus importantes (perte de l'effet « tampon » permis par les ouvrages) :
  - Augmentation des phénomènes de retrait/gonflement des terrains riverains (en présence d'argile notamment) et de gel/dégel pouvant accélérer la dégradation naturelle des pierres et des joints de maçonneries.

Le risque de déstabilisation des maçonneries en bordure de cours d'eau reste toutefois généralement maîtrisé lorsque ces derniers sont régulièrement et correctement entretenus. L'abaissement du niveau d'eau donne à ce titre l'opportunité d'intervenir plus facilement pour procéder aux opérations d'entretiens et réparations classiques contrairement à une situation de pleine retenue permanente où l'enneigement continu des quais, murets de soutènement, ou sous-bassements d'habitations limite les possibilités d'interventions et présente le défaut de « cacher » les désordres qui se produisent naturellement au cours du temps sous la surface.

#### 8.4.2 Application au secteur d'étude

Les bâtiments et infrastructures présents en limite aval du bief du moulin Brandard (moulin, habitation en rive gauche, murets de soutènement des berges, ouvrages de franchissement) ne seront pas directement impactés en situation de projet en l'absence de travaux de démolition prévus à leur niveau.

D'autre part, l'impact de l'abaissement des lignes d'eau sur la stabilité des infrastructures/bâtiments associés au moulin est jugé minime compte tenu :

- De la nature visible des maçonneries au contact du bief :
  - Grosses pierres appareillées et descendues jusqu'au fond du lit et ne présentant pas de désordres structurels apparents ;
- Du niveau d'eau déjà fortement et anciennement abaissé sur le bief du moulin par rapport à la cote de retenue passée (à ce jour, vanne usinière ruinée et vannes partiellement relevées), sans que des conséquences sur le bâti (mouvements de maçonneries, fissures...) n'aient été constatées par le propriétaire du moulin, et du modeste abaissement supplémentaire à attendre suite aux travaux de restauration ;
- De la part minimale de débit réservée sur le bief sous réserve que le débit du cours d'eau soit supérieur au débit minimum réservé (report de l'intégralité du débit minimum réservé sur le bras naturel court-circuité probablement moins de **1%** du temps en année normale) ;
- De la possibilité de maintenir en cas d'annulation du débit sur le bief, du fait de relèvement actuel du radier des vannes par rapport au fond dur du lit en amont), un niveau d'eau compatible avec le maintien d'une humidité des parties basses des maçonneries et des fondations sous-jacentes des infrastructures/bâtiments associés au moulin ;
- Des actions préventives prévues en situation de projet : mise en place de banquettes végétalisées alternes maintenant une humidité permanente en pied des murets de soutènement et sous-bassement en maçonneries anciennes des infrastructures/bâtiments associés au moulin.

## 8.5 IMPACTS SUR LES RESEAUX

### 8.5.1 Préambule

Comme évoqué précédemment, l'abaissement partiel des retenues associées aux ouvrages transversaux est susceptible d'activer des phénomènes d'ajustement des fonds par la reprise des sédiments qui y sont accumulés.



La pérennité des éventuels réseaux enterrés sous le lit de la rivière dans l'emprise des linéaires influencés n'est pas remise en cause tant que la hauteur de recouvrement en alluvions reste suffisamment importante et supérieure aux préconisations classiquement données par les gestionnaires.

### 8.5.2 Application au secteur d'étude

La phase d'état des lieux et diagnostic n'a pas mis en évidence l'existence de réseaux connus enterrés sous le fond du lit du Betz ou du plan d'eau.

Le reprofilage du lit sur le bras naturel court-circuité est par ailleurs de nature à maintenir le profil de fond dur en amont du point de défluence (absence de phénomène d'érosion régressive attendu).

Il n'y a donc pas d'impacts à attendre sur ce point en lien avec le projet d'aménagement.

## 8.6 IMPACTS SUR LA STABILITE DES BERGES

### 8.6.1 Rappel des éléments de diagnostic

Les berges du Betz dans l'emprise du linéaire influencé par le moulin Brandard présentent un profil relativement raide au contact du cours d'eau et sont composées essentiellement de matériaux cohésifs en partie supérieure (limons-argile) et à plus forte proportion de matériaux grossiers en partie inférieure.

Le niveau de retenue moyen est relativement proche du terrain naturel riverain ( $\approx$  entre -0.2 à -0.4 m en rive gauche du bief et entre -0.4 et -0.6 m plus en amont jusqu'en limite d'influence).

A l'heure actuelle, l'enneigement important et permanent des berges et les faibles variations de niveaux d'eau sur la retenue du moulin Brandard ont un effet antagoniste sur la stabilité des berges :

- **Effets favorables à la stabilité de la berge :**
  - Maintien d'une pression hydrostatique importante sur les talus ;
  - Faibles vitesses d'écoulement et contraintes érosives ;
  - Faible marnage des eaux limitant les phénomènes de glissement en cas de décrue rapide;
- **Effets défavorables à la stabilité :**
  - Développement racinaire relativement superficiel (calage biologique sur le niveau moyen des eaux), l'absence de stress hydrique limitant le développement en profondeur des racines. La chute des arbres est facilitée et favorise ainsi l'émergence d'encoches d'érosion en rive ;
  - Absence de développement possible d'une strate végétative herbacée, arbustive et arborée sur les talus ennoyés ;
  - Ennoigement des berges favorables au développement de terriers de ragondins (entrée au terrier sous le niveau d'eau).

Lorsqu'elle est présente, la végétation rivulaire favorise globalement la bonne stabilité des berges.

### 8.6.2 Impacts du projet sur la stabilité des berges

Il n'est pas à attendre de risque important de déstabilisation des berges dans l'emprise du linéaire influencé en raison:

- De l'abaissement modeste de la retenue par rapport au niveau d'eau moyen actuel, excluant tout risque de mortalité prématurée d'une partie de la végétation rivulaire et son basculement en rivière ;
- Du maintien de vitesses d'écoulements relativement modestes et de la bonne cohésion des matériaux de berge ;
- Du recouvrement de conditions favorables à la végétalisation spontanée des rives dénoyées.

Le projet est donc plutôt favorable à la stabilité des berges sur le Betz dans l'emprise du linéaire actuellement influencé en amont du point de défluence avec le bras naturel court-circuité. Sur ce dernier :

- Les conditions d'écoulement ne seront que peu modifiées pour les régimes hydrologiques ordinaires et ne seront pas de nature à impacter négativement la végétation ;
- Le relèvement de la ligne d'eau sur la partie amont reprofilée reste modeste (<0.5 m maximum) et ne risque pas d'envoyer fortement les systèmes racinaires des arbres existants en pied de berge ;
- Les débordements de crue seront favorisés en rive gauche dans l'emprise du plan d'eau exondé à fréquence régulière, ce qui limitera pour ces épisodes les contraintes érosives sur les rives ;

Sur le bief, la réalisation de banquettes végétalisées alternes en pied des berges actuelles participera également à maintenir un contact terre humide/racines des arbres situés en bordure favorable à leur préservation.

## 8.7 IMPACTS SUR LES USAGES

### 8.7.1 Exploitation de la force motrice de l'eau

Le moulin Brandard ne fait plus l'objet d'une exploitation de la force motrice de l'eau.

L'ancienne roue du moulin est dégradée et n'est plus en mesure de fonctionner. Le propriétaire dit envisager à terme sa remise en état à titre d'agrément esthétique uniquement.

Le projet de restauration ne s'oppose pas à ce qu'un tel projet puisse être mis en œuvre dans la mesure où un écoulement minimal est maintenu sur le bief la majeure partie du temps dans l'année. La réhabilitation de la roue existante ou son remplacement devra tenir compte toutefois de la nouvelle répartition de débit attendue pour pouvoir fonctionner notamment à faible débit.

### 8.7.2 Aspects paysagers

En situation de projet :

- Le patrimoine hydraulique associé directement au moulin Brandard est globalement conservé. Les vannes sont certes retirées mais cela ne représente pas une perte conséquente compte tenu de leur état de vétusté et de délabrement avancés ;
- L'effet de plan d'eau en amont du moulin est conservé bien qu'amoindri par rapport à la situation actuelle du fait de l'abaissement de la ligne d'eau ;
- Les effets visuels et sonores de la chute d'eau au droit du vannage de décharge du moulin sont maintenus la plupart du temps, bien qu'amoindris par rapport à la situation actuelle du fait de la réduction du débit et de la hauteur de chute, sauf en régime d'étiage sévère lorsque la totalité du débit est restituée au bras naturel

court-circuité (situation potentiellement observée moins de **1%** du temps en année normale) ;

- Le paysage de plan d'eau unique en rive droite du bief est profondément modifié en raison :
  - De la suppression de la haie de résineux haute et dense en bordure Nord du plan d'eau, la ripisylve en rive droite du bras naturel court-circuité devenant le nouvel écran visuel pour l'observateur situé à proximité du moulin ;
  - De la suppression du plan d'eau lui-même et de son remplacement par une vaste zone humide bordée au nord par le tracé restauré du bras naturel court-circuité.

Il est précisé ici que l'importance de l'attrait paysager du plan d'eau actuel doit être relativisée puisqu'il ne semble être effectif qu'une période de l'année seulement, c'est-à-dire en automne et en hiver en l'absence de prolifération des algues en surface de l'eau.

Il est précisé enfin que le propriétaire du moulin dit ne pas être attaché au maintien du plan d'eau et être intéressé par les dispositions prévues à ce niveau en situation de projet.

### **8.7.3 Pratique de la pêche de loisir**

L'activité de pêche de loisir est pratiquée sur le Betz, cours d'eau classé en première catégorie piscicole, avec un peuplement à dominante salmonicole.

Sur la zone d'étude, les secteurs de pêche sont gérés par l'Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) « la Gaulle du Loing ».

A noter que le bief du moulin de Brandard et le bras naturel court-circuité ne sont pas ouverts à la pêche de loisir pour le grand public.

Le projet n'impacte donc pas directement l'activité de pêche de loisir sur le Betz au droit de la propriété formée par le moulin Brandard (sauf pour le propriétaire qui peut éventuellement y trouver un intérêt) mais il peut y être bénéfique à une échelle plus large s'il contribue effectivement à améliorer l'état du contexte piscicole (en favorisant notamment la possibilité pour la truite fario d'accomplir les différentes phases de son cycle de vie).

### **8.7.4 Prélèvements**

La Banque du Sous-Sol (BSS) recense sur la zone d'étude uniquement un ancien forage de **40 m** de profondeur réalisé en **1984** à proximité du moulin Brandard et rebouché depuis. Le projet n'a donc pas d'effets de ce point de vue.

### **8.7.5 Abreuvement**

Les possibilités d'abreuvement du bétail en rive droite du bras naturel court-circuité sont maintenues et même améliorées compte-tenu de la permanence attendue des écoulements.

Il est précisé toutefois ici que cet usage passé ne semble plus être d'actualité en l'absence de traces visibles de descentes d'animaux en berge.

### **8.7.6 Plan d'eau d'agrément et point d'eau incendie**

Le relèvement artificiel et permanent de la ligne d'eau par les ouvrages transversaux en rivière est favorable également au relèvement du niveau d'eau, de la nappe d'accompagnement, et à la stabilité de son niveau et donc à la formation de retenues d'eau

d'agrément au sein même des cours d'eau ou en rive (en dérivation du cours d'eau ou par mise à jour de la nappe d'accompagnement).

Sur le secteur d'étude, la configuration du complexe hydraulique formé par le moulin Brandard a été favorable à la création d'un plan d'eau en rive droite du bief, alimenté par ce dernier par deux buses (**Ø 200 et 400 mm**) situées à **90 m** environ en amont du moulin.

Le plan d'eau occupe une grande partie de l'espace élargi compris entre la rive droite du bief et la rive gauche du bras naturel court-circuité du Betz en amont de la rue du moulin Brandard.

L'étang est peu profond (**1.25 m** en moyenne), significativement envasé (épaisseur moyenne de vase de **0.45 m** environ) et forme une étendue d'eau de près de **2 234 m<sup>2</sup>** (**0.22 ha**).

Le lieu offre un cadre paysager agréable pour le propriétaire du site, sans que ce dernier ne semble y accorder toutefois un fort attachement.

Le plan d'eau constitue à ce jour un point d'eau incendie (PEI) référencé et accessible par le SDIS directement depuis la rue du moulin Brandard.

Le projet se traduit par un effacement du plan d'eau et donc par une perte d'usage de point d'eau incendie au droit de la propriété c'est pourquoi il prévoit la création d'une nouvelle prise d'eau accessible depuis la rue du moulin Brandard et consistant en un puisard connecté au bras naturel et déporté en rive droite réunissant les différentes exigences requises comme détaillé au paragraphe 7.5.6a).

## 8.8 SYNTHÈSE DES IMPACTS ET CONTRAINTES

Le tableau suivant se veut une synthèse des différentes catégories d'impacts analysées précédemment.



Projet	EFFACEMENT DE L'OUVRAGE DE DECHARGE AMONT ET REPROFILAGE DU BRAS NATUREL COURT-CIRCUITE DANS SON EMPRISE ACTUELLE
<b>Impacts écologiques</b>	
<b>Continuité piscicole</b>	Restauration efficace et pérenne de la continuité écologique sans nécessité de surveillance et entretien Changement d'axe préférentiel pour la continuité écologique: bras d'écoulement dominant représenté par le bras naturel court-circuité (débit $\approx$ <b>4 fois supérieur au bief</b> en moyennes et hautes eaux annuelles), franchissabilité piscicole non restaurée au droit du vannage de décharge du moulin ( <b>OH3</b> )
<b>Habitats et peuplement piscicoles</b>	Gain d'écoulement courant sur le linéaire influencé du moulin en amont du bras naturel court-circuité sur $\approx$ <b>400 m</b> (dont $\approx$ <b>160 m</b> fortement influencé actuellement) Amélioration du fonctionnement écologique et hydromorphologique du bras naturel court-circuité sur $\approx$ <b>325 m</b> Projet favorable localement à un rééquilibrage significatif de la structure des peuplements piscicoles au regard de la biotypologie théorique attendue Désenvasement et décolmatage du substrat sur le bief sans transition de faciès d'écoulement toutefois (maintien d'un écoulement globalement lentique en lien avec l'absence de pente de fond sur la longueur du bief)
<b>Végétation rivulaire</b>	Impacts directs sur l'actuelle digue de séparation du plan d'eau compensés par des plantations nouvelles d'essences indigènes et adaptées en bordure du cours d'eau restauré Impacts faibles dus à l'abaissement de la ligne d'eau sur la ripisylve du Betz Développement d'une végétation spontanée attendue à court et moyen terme dans l'emprise du plan d'eau exondé (fonction toutefois des conditions d'entretien appliquées par le propriétaire du site)
<b>Transit sédimentaire</b>	Transit sédimentaire augmenté sur le linéaire fortement influencé en amont du bras naturel court-circuité ( $\approx$ <b>160 m</b> ) en lien avec la diminution de ligne d'eau et l'accélération des écoulements, diminué à l'étiage sur le bief mais amélioré sur ce même tronçon en hautes eaux annuelles Restauration d'une continuité de fond sur le Betz via le bras naturel court-circuité permettant le transit des sédiments charriés depuis l'amont (plutôt que leur report préférentiel vers le bief comme à l'heure actuelle) Absence de phénomène d'érosion régressive à craindre en amont du point de défluence du bras naturel court-circuité Transit potentiel de sédiments grossiers sur le bras naturel court-circuité limitant le colmatage des substrats reconstitués Transit sédimentaire inchangé en aval du complexe hydraulique du moulin Brandard
<b>Qualité de l'eau et des milieux aquatiques</b>	Amélioration attendue en lien avec la suppression du plan d'eau, la restauration de linéaires d'écoulement courants favorables aux processus d'autoépuration associés aux substrats grossiers et non colmatés Effets à relativiser sans doute compte tenu de l'action locale à l'échelle de la masse d'eau et de l'impact actuel prédominant causé par la problématique de pollution diffuse par les nitrates de la nappe alimentant le cours d'eau
<b>Zones humides</b>	Le projet contribue à améliorer le fonctionnement des zones humides existantes dans l'emprise du linéaire influencé (pour les fonctions hydrologiques et biogéochimiques du moins) et à en créer de nouvelles dans l'emprise de la digue arasée, du plan d'eau exondé et des banquettes végétalisées reconstituées sur le bief

Projet	EFFACEMENT DE L'OUVRAGE DE DECHARGE AMONT ET REPROFILAGE DU BRAS NATUREL COURT-CIRCUITE DANS SON EMPRISE ACTUELLE
<b>Impacts hydrauliques</b>	
<b>Impacts sur la répartition des eaux</b>	Annulation du débit sur le bief pour tout débit du Betz inférieur au débit minimum réservé ( <b>0.058 m³/s</b> sur le site, débit atteint ou dépassé plus de <b>99%</b> du temps en année normale) Forte $\searrow$ Q bief ( $\approx$ <b>20%</b> du débit total en moyennes et hautes eaux annuelles) Débit bras naturel court-circuité <b>4 fois</b> supérieur au bief en moyennes et hautes eaux annuelles
<b>Impacts sur la ligne d'eau et les vitesses</b>	$\searrow$ Z eau sur l'ensemble du linéaire influencé ( <b>600 m</b> ) : <b>-0.32 m</b> en moyenne au module sur le linéaire fortement influencé $\nearrow$ Vitesses sur le linéaire fortement influencé en amont de la défluence du bras naturel court-circuité ( $\approx$ <b>+0.16 m/s</b> au module) et transition faciès plat lent/chenal lentique en l'état actuel $\rightarrow$ plat courant en situation de projet $\searrow$ Vitesses sur le bief à l'étiage mais $\nearrow$ Vitesses en hautes eaux annuelles: caractère lentique maintenu mais globalement non renforcé sur l'ensemble de l'année (compensation de la baisse de vitesse induite par l'extraction des vases et la diminution du débit dérivé par le resserrement du lit permis par les banquettes végétalisées alternes) Ecoulement de type plat courant dominant sur le bras naturel court-circuité Relèvement sensible de la ligne d'eau sur la partie amont du bras naturel court-circuité ( $\approx$ <b>110 m, relèvement maximum inférieur à 0.5 m au droit de l'actuel ouvrage de décharge amont</b> ) – Ecoulement demeurant non débordant en rive droite pour les crues courantes (y compris en cas d'arasement du merlon) et devenant facilement débordant en rive gauche au droit du plan d'eau exondé Absence d'impacts en aval du complexe hydraulique du moulin Brandard
<b>Impacts sur les infrastructures et réseaux</b>	
<b>Impacts sur les infrastructures/ouvrages</b>	Absence d'impacts directs ou indirects compte tenu de l'état actuel des maçonneries et des mesures préventives associées au projet : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservation d'un débit minimum sur le bief (sauf lorsque le débit minimum réservé n'est pas atteint sur le Betz)</li> <li>• Conservation d'un niveau d'eau minimum (fixé par la cote des radiers des vannes) compatible avec le maintien d'une humidité permanente des parties basses de murets et sous-bassements de bâtiments/infrastructures associés au moulin</li> <li>• Mise en place de banquettes végétalisées alternes en pied de berge favorable maintien d'une humidité permanente des parties basses de murets et sous-bassements de bâtiments/infrastructures associés au moulin</li> </ul>
<b>Impacts sur les réseaux</b>	Absence d'impacts directs ou indirects
<b>Impacts sur les berges</b>	
<b>Impacts sur les berges</b>	Absence d'impacts

<b>Projet</b>	<b>EFFACEMENT DE L'OUVRAGE DE DECHARGE AMONT ET REPROFILAGE DU BRAS NATUREL COURT-CIRCUITE DANS SON EMPRISE ACTUELLE</b>	
<b>Usages</b>		
<b>Aspects paysagers</b>	<p>Patrimoine hydraulique associé directement au moulin Brandard globalement conservé  Effet de plan d'eau en amont du moulin conservé bien qu'amoindri par rapport à la situation actuelle du fait de l'abaissement de la ligne d'eau  Effets visuels et sonores de la chute d'eau au droit du vannage de décharge du moulin maintenus la plupart du temps, bien qu'amoindris par rapport à la situation actuelle du fait de la réduction du débit et de la hauteur de chute, sauf en régime d'étiage sévère lorsque la totalité du débit est restituée au bras naturel court-circuité (situation très rare potentiellement observée moins de 1% du temps en année normale)  Paysage de plan d'eau unique en rive droite du Betz profondément modifié en raison :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De la suppression de la haie de résineux haute et dense en bordure Nord du plan d'eau, la ripisylve en rive droite du bras naturel court-circuité devenant le nouvel écran visuel pour l'observateur situé à proximité du moulin (sauf en cas d'arasement du merlon nécessitant un déboisement préalable du sommet de berge) ;</li> <li>De la suppression du plan d'eau lui-même et de son remplacement par une vaste zone humide bordée au nord par le tracé restauré du bras naturel court-circuité.</li> </ul> <p>Importance de l'attrait paysager du plan d'eau actuel à relativiser (fort développement algal en surface de l'eau au printemps et en été), faible attachement du propriétaire</p>	
<b>Pratique de la pêche</b>	<p>Absence d'impact sur le site pour la pêche de loisir du grand public (domaine non géré à l'heure actuelle par une AAPPMA locale)  Possible impact positif à terme sur le Betz si le projet contribue effectivement à améliorer l'état du contexte piscicole</p>	
<b>Exploitation de la force motrice de l'eau</b>	<p>Suppression des possibilités d'exploitation de la force motrice de l'eau – Absence toutefois de possibilité d'exploitation à l'heure actuelle et de projet d'exploitation par le propriétaire du moulin Brandard  Projet restant compatible avec le souhait du propriétaire de remettre en état de la roue à titre d'agrément esthétique uniquement, dans la mesure où un écoulement minimal est maintenu sur le bief. La réhabilitation de la roue existante ou son remplacement devra tenir compte toutefois de la nouvelle répartition de débit attendue pour pouvoir fonctionner notamment à faible débit</p>	
<b>Usage agricole</b>	Absence d'impacts	
<b>Contraintes</b>		
<b>Contraintes patrimoniales/paysagères/architecturales</b>	Faibles – Propriétaire du moulin à priori favorable aux actions proposées en situation de projet	
<b>Contraintes archéologiques</b>	Faibles à priori Site à priori hors zone de présomption de prescriptions archéologiques (à valider toutefois auprès du service d'archéologie préventive du département)	
<b>Contraintes pour la gestion et l'entretien</b>	<p><b>Contraintes faibles</b>  Contraintes nouvelles associées à l'entretien de la végétation herbacée dans l'emprise de l'actuel plan d'eau et des banquettes sur le bief (contraintes modestes toutefois et dépendante de l'effet visuel souhaité et du degré d'entretien à consentir par le propriétaire du site)</p>	

Projet	EFFACEMENT DE L'OUVRAGE DE DECHARGE AMONT ET REPROFILAGE DU BRAS NATUREL COURT-CIRCUITE DANS SON EMPRISE ACTUELLE
<b>Contraintes techniques pour la réalisation</b>	<p>Contraintes moyennes</p> <p>Accès et zone d'installation de chantier à prévoir en rive droite du bras naturel court-circuité (convention à prévoir avec le propriétaire pour l'occupation temporaire des terrains) et suffisamment à l'écart des lignes électriques aériennes</p> <p>Cheminement possible des engins de chargement le long de la rive droite du bras naturel court-circuité et le long de la digue de séparation du bief du moulin avec l'actuel plan d'eau</p> <p>Piste d'accès busée temporaire à prévoir franchissant le bras naturel court-circuité toutefois</p> <p>Mise hors d'eau facilitée compte tenu de la possibilité de basculer alternativement la totalité du débit du cours d'eau sur l'un ou l'autre des axes d'intervention</p> <p>Phase d'attente recommandée pour le ressuyage des vases sur le bief et le plan d'eau vidangé</p> <p>Pêches de sauvegarde piscicole à prévoir suite à la déconnexion du bief, lors de la vidange du plan d'eau et suite à la déconnexion du bras naturel court-circuité</p> <p>Filtres de particules en suspension à prévoir à titre préventif sur le canal de fuite, le bras de décharge en aval de la restitution du plan d'eau, et en limite aval du bras naturel court-circuité</p> <p>Travaux à prévoir en plusieurs temps : travaux forestiers/dépose/démolition/terrassement/construction en période estivale puis techniques végétales à reporter à l'automne, et dans tous les cas en dehors de la période couvrant les mois de novembre à février (reproduction de la truite fario sur les cours d'eau de première catégorie piscicole)</p> <p>Valorisation sur place de tous les matériaux de déblais produits</p>
<b>Contraintes foncières</b>	<b>Degré de contrainte restant à préciser</b> du fait de l'absence de maîtrise foncière des parcelles en rive droite du bras naturel court-circuité (riverains concernés par le projet car propriétaires du bras naturel court-circuité jusqu'à la moitié du lit)
<b>Contraintes environnementales</b>	<p><b>Contraintes modestes</b></p> <p>Mesures préventives à prévoir pour éviter la remobilisation de matières en suspension vers l'aval du plan d'eau (vidange progressive du plan d'eau, filtres à particules en suspension...)</p> <p>Mesures préventives à prévoir suite à la mise hors d'eau des axes d'intervention (pêche piscicole complète sur le bief et le bras naturel court-circuité)</p> <p>Mesures préventives pour éviter la prolifération d'espèces exotiques envahissantes et/ou indésirables (pêche des espèces piscicoles du plan d'eau concomitante à la vidange et gestion adaptée)</p>
<b>Contraintes réglementaires</b>	<b>Contrainte faible</b> Projet soumis à déclaration au titre de la loi sur l'Eau au titre de la <b>rubrique 3.3.5.0</b> (le projet peut être considéré comme une remise du cours d'eau en fond de thalweg)
<b>Considérations financières</b>	
<b>Coût total des travaux € HT</b>	<b>212 000 €</b>

## 9 COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LES OBJECTIFS DES DOCUMENTS-CADRES

### 9.1 DOCUMENTS DE PLANIFICATION SUR L'EAU

#### 9.1.1 SDAGE Seine-Normandie

Les articles L.212-1 et L.212-2 confient aux comités de bassin l'élaboration des SDAGE ou Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux, qui constituent l'un des instruments majeurs mis en œuvre en vue d'une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Comme dans les cinq autres grands bassins hydrographiques français, le comité de bassin Seine-Normandie a décidé qu'il y aurait un seul SDAGE pour l'ensemble du territoire.



Figure 79. Cartographie du territoire du SDAGE Seine-Normandie (source : Agence de l'eau Seine-Normandie)

#### a) Détail du SDAGE Seine-Normandie 2022-2027

Le SDAGE Seine-Normandie ainsi que le programme de mesures associé ont été adoptés par le Comité de bassin le **6 avril 2022**. Celui-ci définit cinq orientations fondamentales :

- **Orientation fondamentale 1** : Des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée ;
- **Orientation fondamentale 2** : Réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages d'eau potable ;
- **Orientation fondamentale 3** : Pour un territoire sain, réduire les pressions ponctuelles ;



- **Orientation fondamentale 4** : Assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face au changement climatique ;
- **Orientation fondamentale 5** : Agir du bassin à la côte pour protéger et restaurer la mer et le littoral.

L'orientation fondamentale 1 se décline elle-même en 7 orientations et 33 dispositions :

- **Orientation 1.1 : identifier et préserver les milieux aquatiques continentaux et littoraux et les zones d'expansion des crues, pour assurer la pérennité de leur fonctionnement**
  - Disposition 1.1.1 : Identifier et préserver les milieux humides dans les documents régionaux de planification ;
  - Disposition 1.1.2 : cartographier et protéger les zones humides dans les documents d'urbanisme ;
  - Disposition 1.1.3 : protéger les milieux humides et les espaces contribuant à limiter le risque d'inondation par débordement de cours d'eau ou par submersion marine dans les documents d'urbanisme ;
  - Disposition 1.1.4 : cartographie les milieux humides, protéger et restaurer les zones humides et la trame verte et bleue dans les SAGE ;
  - Disposition 1.1.5: gérer et entretenir les milieux humides de manière durable et concertée afin de préserver leurs fonctionnalités, la diversité des habitats et des espèces associées ;
  - Disposition 1.1.6: former les élus, les porteurs de projets et les services de l'Etat à la connaissance des milieux humides en vue de faciliter leur préservation et la restauration des zones humides ;
- **Orientation 1.2 : Préserver le lit majeur des rivières et étendre les milieux associés nécessaires au bon fonctionnement hydromorphologique et à l'atteinte du bon état**
  - Disposition 1.2.1 : cartographier et préserver le lit majeur et ses fonctionnalités ;
  - Disposition 1.2.2 : cartographier, préserver et restaurer l'espace de mobilité des rivières ;
  - Disposition 1.2.3 : promouvoir et mettre en œuvre le principe de non dégradation et de restauration des connexions naturelles entre le lit mineur et le lit majeur ;
  - Disposition 1.2.4 : éviter la création de nouveaux plans d'eau dans le lit majeur des rivières, les milieux humides, sur les rivières ou en dérivation et en tête de bassin ;
  - Disposition 1.2.5 : limiter les prélèvements dans les nappes et rivières contribuant au fonctionnement des milieux humides ;
  - Disposition 1.2.6 : éviter l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes ou susceptibles d'engendrer des déséquilibres écologiques ;
- **Orientation 1.3 : éviter avant de réduire, puis de compenser (séquence ERC) l'atteinte aux zones humides et aux milieux aquatiques afin de stopper leur disparition ou leur dégradation**
  - Disposition 1.3.1 : mettre en œuvre la séquence ERC en vue de préserver la biodiversité liée aux milieux humides des altérations dans les projets d'aménagement ;
  - Disposition 1.3.2 : accompagner la mise en œuvre de la séquence ERC sur les compensations environnementales ;
  - Disposition 1.3.3 : former les porteurs de projets, les collectivités, les bureaux d'étude à la séquence ERC ;
- **Orientation 1.4 : restaurer les fonctionnalités des milieux humides en tête de bassin versant et dans le lit majeur, et restaurer les rivières dans leur profil d'équilibre en fond de vallée et en connexion avec le lit majeur**

- Disposition 1.4.1 : établir et conduire des programmes de restauration des milieux humides et du fonctionnement hydromorphologique des rivières par unité hydrographique
- Disposition 1.4.2 : restaurer les connexions latérales lit mineur-lit majeur pour un meilleur fonctionnement du cours d'eau ;
- Disposition 1.4.3 : restaurer les zones d'expansion des crues et les milieux humides concourant à la régulation des crues ;
- Disposition 1.4.4 : élaborer une stratégie foncière pour pérenniser les actions de protection, d'entretien et restauration des milieux aquatiques humides littoraux et continentaux ;
- **Orientation 1.5 : restaurer la continuité écologique en privilégiant les actions permettant à la fois de restaurer le libre écoulement de l'eau, le transit sédimentaire et les habitats aquatiques**
  - Disposition 1.5.1 : prioriser les actions de restauration de la continuité écologique sur l'ensemble du bassin au profit du bon état des cours d'eau et de la reconquête de la biodiversité ;
  - Disposition 1.5.2 : diagnostiquer et établir un programme de restauration de la continuité sur une échelle hydrologique pertinente ;
  - Orientation 1.5.3 : privilégier les solutions ambitieuses de restauration de la continuité écologique en associant l'ensemble des acteurs concernés ;
  - Disposition 1.5.4 : rétablir ou améliorer la continuité écologique à l'occasion de l'attribution ou du renouvellement des autorisations et des concessions des installations hydrauliques ;
  - Disposition 1.5.5 : rétablir les connexions terre-mer en traitant les ouvrages « verrous » dans le cadre de projets de territoire multifonctionnels ;
- **Orientation 1.6 : restaurer les populations de poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands**
  - Disposition 1.6.1 : assurer la montaison et la dévalaison au droit des ouvrages fonctionnels ;
  - Disposition 1.6.2 : éviter l'équipement pour la production hydroélectrique des ouvrages existants situés sur des cours d'eau classés en liste 1 et particulièrement sur les axes à enjeux pour les migrateurs ;
  - Disposition 1.6.3 : améliorer la connaissance des migrateurs amphihalins et des pressions les affectant en milieux aquatiques continentaux et marins ;
  - Disposition 1.6.5 : intégrer les disposition du plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Seine-Normandie dans les SAGE ;
  - Disposition 1.6.6 : établir et mettre en œuvre des plans de gestion piscicole à une échelle pertinente ;
  - Disposition 1.6.7 : promouvoir une gestion patrimoniale naturelle en faveur des milieux et non fondée sur les peuplements piscicoles ;
- **Orientation 1.7 : Structurer la maîtrise d'ouvrage pour la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations**
  - Disposition 1.7.1 : favoriser la mise en œuvre de la GEMAPI à une échelle hydrographique pertinente ;
  - Disposition 1.7.2 : identifier les périmètres prioritaires d'intervention des EPAGE et des EPTB.

## b) Compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie

**Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles contribue à répondre à l'orientation fondamentale 1 « Des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée ».**

Les orientations et dispositions suivantes apportent une précision quant à la nature de cette contribution.

***Orientation 1.1 : identifier et préserver les milieux aquatiques continentaux et littoraux et les zones d'expansion des crues, pour assurer la pérennité de leur fonctionnement***

**ET**

***Orientation 1.2 : Préserver le lit majeur des rivières et étendre les milieux associés nécessaires au bon fonctionnement hydromorphologique et à l'atteinte du bon état***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles favorisera des débordements de crue plus fréquents en rive gauche du bras naturel dans l'emprise du plan d'eau exondé réaménagé ce qui contribuera, en association avec les dispositions de restauration prévues par ailleurs sur cette zone, à soutenir les fonctions biogéochimiques, hydrologiques et écologiques typiques de zone humide.

***Orientation 1.3 : éviter avant de réduire, puis de compenser (séquence ERC) l'atteinte aux zones humides et aux milieux aquatiques afin de stopper leur disparition ou leur dégradation***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles est de nature à favoriser et à pérenniser le bon fonctionnement des milieux aquatiques et humides au sein du bras naturel en fond de vallée mais également en rive gauche dans l'emprise du plan d'eau exondé réaménagé.

Il participe également à améliorer le fonctionnement hydromorphologique et écologique du linéaire actuellement influencé en amont de l'ouvrage de décharge ainsi que sur le bief du moulin.

L'abaissement de ligne d'eau en amont du moulin restera modeste toutefois et ne sera pas de nature à compromettre le caractère humide des terrains riverains. Cet effet pourra même être bénéfique du point de vue des fonctionnalités biologiques, hydrologiques et hydrogéochimiques associées.

***Orientation 1.4 : restaurer les fonctionnalités des milieux humides en tête de bassin versant et dans le lit majeur, et restaurer les rivières dans leur profil d'équilibre en fond de vallée et en connexion avec le lit majeur***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles participe à cet objectif dans la mesure où :

- La majeure partie du débit du Betz sera affectée au bras naturel en fond de vallée ;
- Des débordements de crue plus fréquents seront assurés en rive gauche du bras naturel dans l'emprise du plan d'eau exondé réaménagé.

***Orientation 1.5 : restaurer la continuité écologique en privilégiant les actions permettant à la fois de restaurer le libre écoulement de l'eau, le transit sédimentaire et les habitats aquatiques***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles participe à cette orientation dans la mesure où la solution retenue pour restaurer la continuité écologique repose sur l'effacement de l'ouvrage répartiteur amont et le remodelage fonctionnel du bras naturel en fond de vallée (recharge granulométrique avec diversification du profil en long et en travers) lequel accueillera la majeure partie du débit du cours d'eau et présentera des possibilités de débordement dès les crues fréquentes en rive gauche dans l'emprise du plan d'eau exondé réaménagé, favorisant à ce niveau l'essor de fonctionnalités typiques des zones humides.

***Orientation 1.6 : restaurer les populations de poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles participe directement à cette orientation en favorisant notamment la libre circulation de l'anguille à la montaison et à la dévalaison.

***Orientation 1.7 : Structurer la maîtrise d'ouvrage pour la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations***

Sans objet

### **9.1.2 Plan de gestion des risques d'inondation du bassin Seine-Normandie**

Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) 2022-2027 du bassin Seine Normandie a été arrêté le 3 mars 2022 par le préfet coordonnateur du bassin. Son application est entrée en vigueur le 8 avril 2022 au lendemain de sa date de publication au Journal Officiel.

Il fixe pour six ans les 4 grands objectifs à atteindre sur le bassin Seine-Normandie pour réduire les conséquences des inondations sur la vie et la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'économie.

Il donne un cadre aux politiques locales de gestion des risques d'inondation en combinant la réduction de la vulnérabilité, la gestion de l'aléa, la gestion de crise, les gouvernances et la culture du risque.

#### **a) Détail du PGRI du bassin Seine-Normandie 2022-2027**

Le programme de mesure du PGRI du bassin Seine-Normandie 2022-2027 se décline en 4 objectifs et 26 dispositions suivants :

**Objectif 1 – Aménager les territoires de manière résiliente pour réduire leur vulnérabilité**

- 1.A-Evaluer et réduire la vulnérabilité aux inondations des territoires ;
- 1.B-Evaluer et réduire la vulnérabilité aux inondations des quartiers, des bâtiments et des activités économiques de secteurs à enjeux ;
- 1.C-Planifier un aménagement du territoire résilient aux inondations ;
- 1.D-Éviter et encadrer les aménagements (installations, ouvrages, remblais) dans le lit majeur des cours d'eau ;
- 1.E-Planifier un aménagement du territoire tenant compte de la gestion des eaux pluviales ;

**Objectif 2 - Agir sur l'aléa pour augmenter la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages**

- 2.A-Inscrire la réduction de l'aléa inondation dans une stratégie de long terme à l'échelle d'un bassin de risque cohérent ;
- 2.B-Agir sur les écoulements en respectant le fonctionnement naturel des cours d'eau ;
- 2.C-Agir sur l'aléa en préservant et restaurant les zones d'expansion des crues (ZEC) et les milieux humides contribuant au ralentissement des écoulements d'eau ;
- 2.D-Préserver et restaurer les milieux naturels et les espaces côtiers contribuant à limiter le risque de submersion marine ;
- 2.E-Prévenir et lutter contre le ruissellement à l'échelle du bassin versant ;

**Objectif 3 – Améliorer la prévision des phénomènes hydrométéorologiques et se préparer à gérer la crise**

- 3.A-Renforcer les outils de surveillance, de prévision, et de vigilance des phénomènes hydro-météorologiques et de leurs conséquences possibles en termes d'inondation ou de submersion des territoires, pour mieux anticiper la crise ;
- 3.B-Se préparer à la gestion de crise pour raccourcir le délai de retour à la normale ;
- 3.C-Tirer profit de l'expérience ;

**Objectif 4 - Mobiliser tous les acteurs au service de la connaissance de la culture du risque**

- 4.A-Renforcer la connaissance sur les aléas d'inondation ;
- 4.B-Renforcer la connaissance des enjeux en zone inondable et en zone impactée ;
- 4.C- Connaître et suivre les ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations ;
- 4.D-Améliorer le partage de la connaissance sur les risques d'inondation ;
- 4.E-Sensibiliser et mobiliser les élus autour des risques d'inondation ;
- 4.F-Sensibiliser et mobiliser les citoyens autour des risques d'inondation ;
- 4.G-Sensibiliser et mobiliser les acteurs économiques autour des risques d'inondation ;
- 4.H-Améliorer la maîtrise d'ouvrage pour la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) et la coopération entre acteurs ;
- 4.I-Articuler la gestion des risques d'inondation avec les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

**b) Compatibilité du projet avec le PGRI du bassin Seine-Normandie 2016-2021**

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles contribue à répondre à l'objectif « Agir sur l'aléa pour augmenter la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages ».

**Le projet n'apparaît donc pas incompatible avec le PGRI du bassin Seine-Normandie 2016-2021.**

Les orientations et dispositions suivantes apportent une précision quant à la nature de cette contribution.

9.1.2.b.1 *Aménager les territoires de manière résiliente pour réduire leur vulnérabilité*

***1.A-Evaluer et réduire la vulnérabilité aux inondations des territoires***

Sans objet

***1.B-Evaluer et réduire la vulnérabilité aux inondations des quartiers, des bâtiments et des activités économiques de secteurs à enjeux***

Sans objet

***1.C-Planifier un aménagement du territoire résilient aux inondations***

Sans objet

***1.D-Éviter et encadrer les aménagements (installations, ouvrages, remblais) dans le lit majeur des cours d'eau***

Sans objet

***1.E-Planifier un aménagement du territoire tenant compte de la gestion des eaux pluviales***



Sans objet

9.1.2.b.2 Agir sur l'aléa pour augmenter la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages

***2.A-Inscrire la réduction de l'aléa inondation dans une stratégie de long terme à l'échelle d'un bassin de risque cohérent***

Sans objet

***2.B-Agir sur les écoulements en respectant le fonctionnement naturel des cours d'eau***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles favorisera un fonctionnement plus naturel du cours d'eau par une réorientation de l'essentiel des écoulements dans le bras naturel en fond de vallée et la possibilité rendue sur cet axe de voir des débordements en rive gauche pour des crues fréquente dans l'emprise du plan d'eau exondé et réaménagé.

***2.C-Agir sur l'aléa en préservant et restaurant les zones d'expansion des crues (ZEC) et les milieux humides contribuant au ralentissement des écoulements d'eau***

Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles prévoit l'effacement de la digue de séparation de l'actuel plan d'eau avec le bras naturel court-circuité, permettant la restauration d'une zone d'expansion de crue en rive gauche dans l'emprise du plan d'eau exondé.

***2.D-Préserver et restaurer les milieux naturels et les espaces côtiers contribuant à limiter le risque de submersion marine***

Sans objet

***2.E-Prévenir et lutter contre le ruissellement à l'échelle du bassin versant***

Sans objet

9.1.2.b.3 Mobiliser tous les acteurs au service de la connaissance de la culture du risque

Sans objet

## **9.2 OBJECTIFS VISES PAR LE CODE DE L'ENVIRONNEMENT**

**L'article L.211-1 (article 1) du Code de l'Environnement fixe 7 objectifs de la gestion équilibrée et durable de la ressource, définis par ce même code :**

- 1. Prévention des inondations et préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ;
- 2. Protection des eaux et lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature ;
- 3. Restauration de la qualité de ces eaux ;
- 4. Développement, mobilisation, création et protection de la ressource en eau ;
- 5. Valorisation de l'eau comme ressource économique en particulier pour le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable et répartition de cette ressource ;
- 6. Promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau;

- 7. Rétablissement de la continuité écologique au sein des bassins hydrographiques.

**Le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles répond pleinement aux 1<sup>er</sup> et 7<sup>ième</sup> objectifs définis par l'article L.211-1 du Code de l'Environnement.**

Il respecte également les autres objectifs fixés, avec notamment la non-aggravation du risque inondation, la préservation de la qualité des eaux au moment de la phase travaux par le respect de mesures préventives.

### **9.3 ZONES D'INTERET ENVIRONNEMENTAL**

La zone d'intervention se situe en dehors de toute zone d'intérêt environnemental de proximité (ZNIEFF, SIC/ZICO Natura 2000...).

## **10 MESURES CORRECTIVES OU COMPENSATOIRES ENVISAGEES POUR LIMITER LES INCIDENCES POTENTIELLES DU PROJET ET ASSURER UNE SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS**

### **10.1 MESURES CORRECTIVES**

La mise en place de mesures correctrices ou compensatoires n'apparaît pas nécessaire d'autant que des mesures de limitations des impacts sont prévues en phase travaux comme décrit ci-après.

### **10.2 MESURES D'EVITEMENT ET DE SURVEILLANCE EN PHASE TRAVAUX**

#### **10.2.1 Respect de la période d'intervention**

Les travaux seront effectués à l'étiage en fin de période estivale, début de période automnale, facilitant ainsi la réalisation des travaux de terrassement et évitant les périodes de hautes eaux et de fraie des poissons.

Le choix de cette période permet également d'éviter la période de reproduction de la faune fréquentant le site.

#### **10.2.2 Travaux hors d'eau**

Les travaux seront réalisés en situation de basses eaux et hors d'eau, par dérivation successivement de la totalité du débit sur le bief puis sur le bras naturel réaménagé, de façon à limiter le départ des fines dans le cours d'eau et limiter les risques de fuites d'hydrocarbures vers le milieu naturel.

Par mesure de précaution, un dispositif anti-MES (massif granulaire ou filtre à paille par exemple) sera mis en place sur le canal de fuite et sur le bras de décharge en aval du point de restitution de l'étang et avant confluence avec le bras naturel court-circuité.

#### **10.2.3 Limitation des risques de pollution**

Le rejet accidentel d'hydrocarbures dans l'eau est le principal accident potentiel.

Afin d'en limiter les impacts s'il se produit, le maître d'ouvrage élaborera au préalable un plan d'intervention qui comprendra les modalités de l'identification de l'accident pour les premières personnes intervenant sur les lieux, les consignes de sécurité à respecter, la liste des personnes et organismes à prévenir, et les moyens d'action à mettre en œuvre.

Les entreprises disposeront sur le chantier de barrages flottants pour retenir les hydrocarbures dans l'eau et d'une pompe pour les récupérer. Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra également être présente et facilement accessible sur le site.

Les terres souillées seront évacuées vers une filière d'élimination adaptée.

La neutralisation de la source de la pollution comprendra les étapes suivantes :

- Contenir et arrêter le déversement ;

- Empêcher la propagation du polluant sur le sol en mettant en place des barrages pour fixer le polluant avec de la terre, du sable et des produits absorbants ou gélifiants ;
- Neutraliser le produit avec l'aide de spécialistes, car l'emploi de certains produits est dangereux et le respect des consignes de sécurité est impératif.

En cas de pollution, le chef de chantier devra informer au plus tôt les services de l'OFB ou la gendarmerie la plus proche.

Il est préconisé l'emploi d'huiles végétales et biodégradables dans les circuits hydrauliques des engins de chantier pour limiter les risques de pollution des milieux naturels.

Une quantité suffisante de produits absorbants d'éventuels produits dangereux pour le milieu naturel devra être présente et facilement accessible sur la zone d'intervention.

Le remplissage de carburants des engins de chantiers se fera sur une zone étanche éloignée du cours d'eau.

Le stockage des huiles et hydrocarbures sera réalisé dans une cuve éloignée du ruisseau pour limiter les risques de pollution accidentelle.

L'entretien, la réparation, le ravitaillement et le lavage des véhicules, engins ou matériel devra se faire sur des surfaces étanches permettant la récupération des liquides polluants.

Il est par ailleurs interdit de réaliser les vidanges et autres entretiens avec rejet dans les tranchées ou dans la rivière.

#### 10.2.4 Gestion des déchets

Tous les déchets de chantier et matériaux excédentaires seront évacués en ISDI.

Aucun matériel ou déchet de quelque nature que ce soit ne sera abandonné par l'entreprise sur l'emprise du chantier.

#### 10.2.5 Limitation des risques de mortalité piscicole – Pêches de sauvegarde

Une pêche de sauvegarde piscicole est préconisée sur le plan d'eau en fin de vidange, dans l'emprise du bras de décharge et sur le bief de façon concomitante à leur mise hors d'eau.

**D'une façon générale, l'entreprise sera tenue pour responsable de tout dommage sur l'environnement et devra donc en assumer les conséquences.**

#### 10.2.6 Propreté et remise en état des lieux

L'entreprise assurera le nettoyage quotidien nécessaire des salissures, terres et détritiques apportés sur les voies d'accès, les zones ouvertes au public et dans les propriétés riveraines concernées par le chantier.

L'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour les rétablissements provisoires d'accès privés et routiers lors de l'exécution du chantier. Toutes les dégradations des circulations dues aux engins travaillant sur le chantier seront remises en état aux frais de l'entrepreneur.

# **11 ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS**

## **11.1 PRESENTATION SUCCINCTE DES PROJETS CONNUS**

Il n'y a pas de projet connu situé à proximité de la zone des travaux.

## **11.2 ANALYSE DES EFFETS CUMULES**

Sans objet



**12 MENTION, LE CAS ECHEANT, DES DEMANDES D'AUTORISATION OU DES DECLARATIONS DEJA DEPOSEES POUR LE PROJET D'INSTALLATION, D'OUVRAGE, DE TRAVAUX OU D'ACTIVITE AU TITRE D'UNE AUTRE LEGISLATION, AVEC LA DATE DE DEPOT ET LA MENTION DE L'AUTORITE COMPETENTE » (CF R214-32 DU CE)**

le projet de restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard à Bransles (77) n'a fait l'objet d'aucune demande d'autorisation ou de déclaration auprès d'une autre législation.

## 13 PIÈCE N°5 MOYENS DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE, MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

### 13.1 MESURES DE CONTRÔLE, DE SURVEILLANCE, DE GESTION, ET D'ENTRETIEN

Dans le cas présent, les aménagements prévus pour la restauration de la continuité écologique du Betz au droit du moulin Brandard ne nécessitent pas réellement à terme de surveillance, gestion et entretien autre que celle qui pourrait s'appliquer à n'importe quelle autre section semblable de cours d'eau, contrairement à ce qui pourrait être proposé par exemple pour la mise en œuvre d'un dispositif de franchissement piscicole (passes à bassin réputées exigeantes de ce point de vue pour garantir une fonctionnalité et efficacité satisfaisantes à long terme).

Setec Hydratec préconise toutefois la mise en œuvre d'un entretien régulier et raisonné de la végétation en bordure du bras naturel court-circuité et de la zone humide formée dans l'emprise de la digue arasée et du plan d'eau exondé de façon à éviter la fermeture du milieu, et à favoriser une plus grande diversité des conditions de luminosité, propice à une plus grande biodiversité végétale et animale, qu'elle soit aquatique ou rivulaire.

L'entretien de la ripisylve en bordure du tronçon restauré pourrait dès lors consister à programmer à échéance régulière des opérations d'égagement, avec coupes de branches et recépages sélectifs par taille douce, afin de les préserver au maximum.

Il n'est pas précisé ici si cet entretien serait conduit par l'EPAGE du bassin du Loing, dans le cadre de ses actions d'entretien programmées dans les années à venir, ou laissé à l'entière charge des propriétaires du site.

Il peut apparaître souhaitable en tout cas que l'EPAGE du bassin du Loing s'y investisse les premières années après les travaux du moins, afin qu'il se donne toutes les chances de pouvoir atteindre les objectifs recherchés par les travaux de restauration.

### 13.2 PRECONISATIONS DE SUIVI HYDROMORPHOLOGIQUE

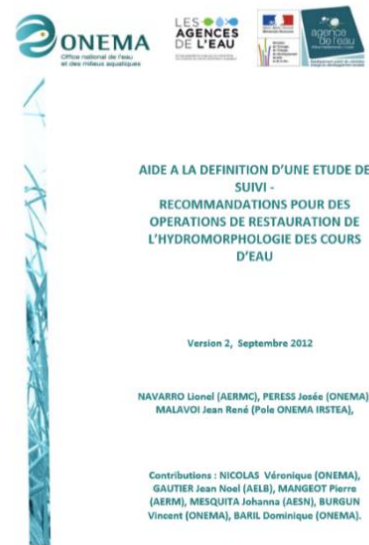
#### 13.2.1 Suivi scientifique minimal préconisé pour les opérations de restauration de cours d'eau

Le protocole de suivi proposé doit permettre :

- De mesurer les gains écologiques de l'opération ;
- De statuer sur la suffisance des opérations à l'issue d'une période d'observation, en vue de définir d'éventuels besoins d'aménagements complémentaires ou correctifs nécessaires pour atteindre les objectifs initialement fixés.

Des modalités de suivi scientifique minimal des opérations de restauration de cours d'eau sont proposées dans les guides techniques de référence suivants :

- *Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau, AFB 2019 ;*
- *Aide à la définition d'une étude de suivi - Recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau, ONEMA, Agences de l'Eau, 2012.*



1

Ce suivi minimal repose sur la mesure de paramètres hydromorphologiques, biologiques et physico-chimiques, et cela à trois échelles de suivi :

- **Suivi stationnel** au niveau d'une ou plusieurs stations représentatives du linéaire restauré (longueur de 14 fois la largeur du cours d'eau à plein bord) ;
- **Suivi sur l'ensemble du linéaire restauré** ;
- **Suivi étendu** sur un ou plusieurs sites pour mesurer si besoin les effets sur le réseau hydrographique amont et/ou aval, en dehors de la zone restaurée proprement dite (longueur de 6 fois la largeur du cours à plein bord) :
  - Pour des effets attendus sur le compartiment hydromorphologique (reprise du transit sédimentaire) : site dans les 5 km en aval de la zone restaurée ou 5 sites dans les 20 km en aval de la zone restaurée ;
  - Pour des effets attendus sur un ou plusieurs compartiments biologiques : site choisi en fonction de l'aire de répartition de l'espèce ou en fonction des zones d'habitat fonctionnel.

Les guides proposent également une fréquence et une durée pour ce suivi minimal :

- **Réalisation d'un état initial** :
  - Idéalement sur **3 années consécutives minimum** avant les travaux pour les paramètres biologiques et physico-chimiques, afin de tenir compte de la variabilité interannuelle de ces paramètres ;
  - Uniquement sur **1 an** pour les paramètres hydromorphologiques ;
- **Suivi de l'état post-travaux à partir de 9 à 15 mois après les travaux et une année sur deux pendant au moins 7 ans après les travaux, soit 4 interventions.**



## 13.2.2 Protocole à privilégier, dans le cadre d'un suivi scientifique minimal

Dans le cadre d'un suivi scientifique minimal, le protocole à mettre en œuvre pour les travaux de restauration pourra s'inspirer des protocoles préconisés dans le guide pour les opérations de :

- **Remise dans le talweg;**
  - **Fiche opération n°04** du guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau ;

FICHE OPÉRATION

04

Remise dans le talweg

« Remettre un cours d'eau dans son talweg consiste, lorsqu'il est canalisé et perché, à le replacer en fond de vallée pour le reconnecter à sa nappe d'accompagnement. » [29]

**Objectifs**

**Sur l'hydromorphologie :**

- restaurer le profil en long et la pente d'équilibre du cours d'eau ;
- restaurer l'hydrologie ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- favoriser la reconnexion des annexes fluviales et les échanges entre la nappe alluviale et le chenal.

**Sur les communautés biologiques :**

- changements de composition des peuplements biologiques liés à la diversification des habitats (diversification du peuplement, retour d'espèces lithophiles, etc.) et à la reconnexion avec la nappe alluviale ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

Remise dans le talweg

- **Reconstitution du matelas alluvial ;**
  - **Fiche opération n°05** du guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau ;

FICHE OPÉRATION

05

Reconstitution du matelas alluvial

(directe ou suite à une recharge en patch[s])

« Pour remédier à [des] phénomènes d'incision et de disparition du substrat alluvial, [et si l'on ne peut ni restaurer un espace de mobilité au cours d'eau, ni compter sur des apports naturels de l'amont ou latéraux], il sera nécessaire d'apporter sur place les matériaux. » [28] Cet apport constitue l'objet de la reconstitution du matelas alluvial.

Objectifs

**Sur l'hydromorphologie :**

- recréer une couche de substrat alluvial sur les tronçons où celle-ci a disparu ou est trop peu épaisse ;
- rehausser le fond du lit sur des secteurs incisés et limiter la poursuite de l'incision ;
- rehausser la ligne d'eau à l'étiage ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- améliorer la connectivité latérale.

**Sur les communautés biologiques :**

- recréation d'habitats favorables à des peuplements biologiques diversifiés (notamment concernant les taxons benthiques et/ou lithophiles) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du site.

Le protocole préconise à minima trois stations de suivi :

- Une station restaurée sur la zone d'intervention;



- Une station Témoin non altérée (TNA) et Témoin altérée (TA) en amont des travaux.

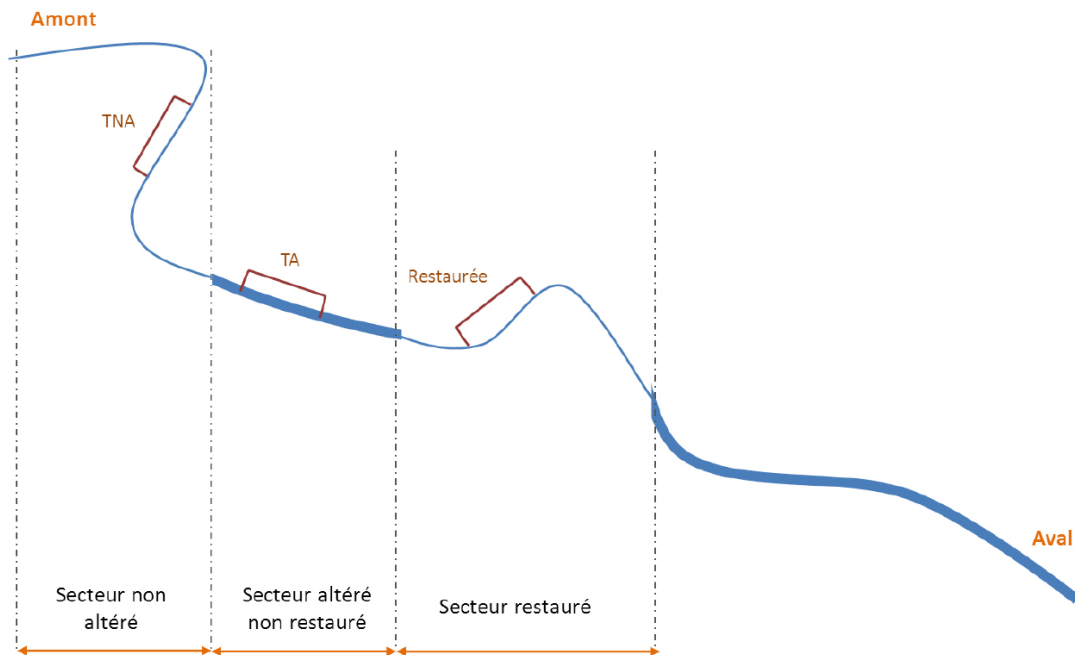


Figure 81. Localisation des secteurs et positionnement des stations

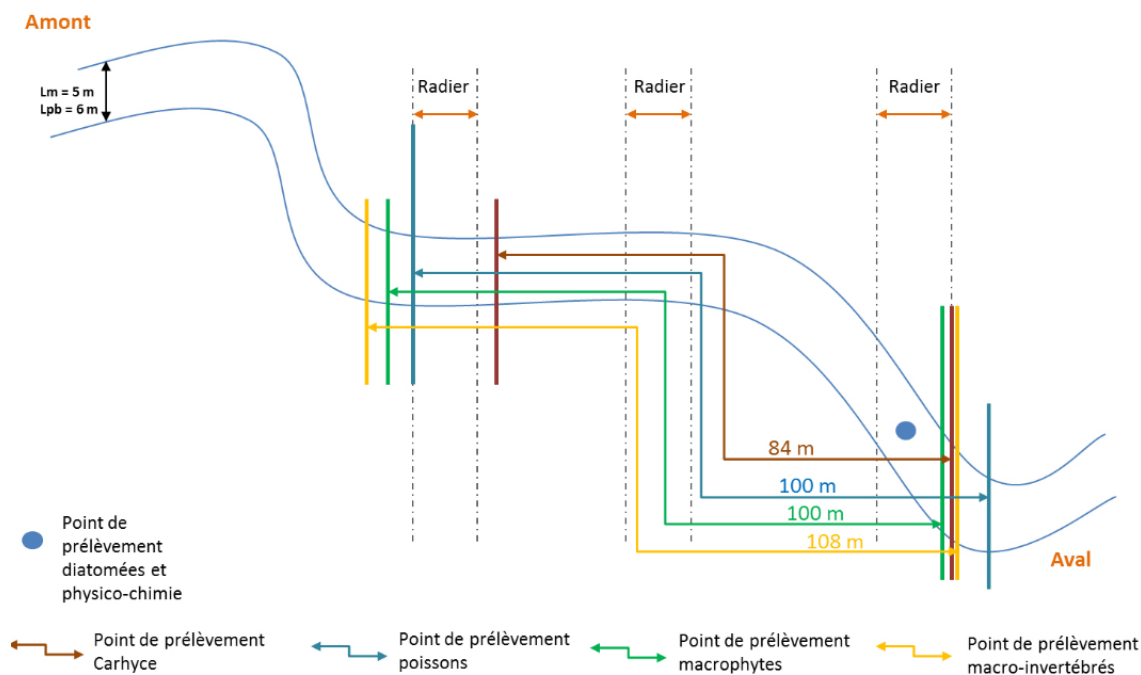
**Le suivi doit être identique sur toutes les stations témoins et restaurée :**

- **Compartment Hydromorphologie :**
  - Objectifs : suivre les évolutions apportées par la modification de la géométrie du lit (modification des lits mineur et d'étiage, évolution des berges) ;
  - Protocole de prélèvement :
    - **CARHYCE**
      - Référence : *protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied*
      - Fiche technique du guide : **fiche 1**
- **Compartment Biologie:**
  - Objectifs : suivre l'évolution des peuplements avant-après modification de la géométrie du lit, liée à la diversification des habitats et à la modification des niveaux d'eau ;
  - Protocoles de prélèvement :
    - **Poissons** : réalisation d'une **pêche électrique** complète à deux passages avec calcul et interprétation de l'IPR
      - Référence : *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons*
      - Fiche technique du guide : **fiche 2**
    - **Invertébrés** : protocole de **prélèvements de macroinvertébrés** avec calcul et interprétation de l'IBGN et I2M2 :
      - Références : guides d'applications FD T90-733 et GA T90-788 ;

- Normes NF T90-333 et XP T90-388 ;
- *Fiche technique du guide : **fiche 3***
- **Compartment Physico-chimie:**
  - Objectifs : Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles;
  - Paramètres mesurés :
    - **Mesures in situ:**
      - Température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
    - **Mesures physico-chimiques sur paramètres classiques:**
      - Turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique
      - *Fiche technique du guide : **fiche 6***
- **Paramètre température:**
  - Objectif : Suivre l'évolution de la température, en lien avec la modification de la Hauteur et la diversification des écoulements
  - Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu
    - *Fiche technique du guide : **fiche 5***
- **Suivi photographique:**
  - Objectifs : Suivre l'évolution du paysage avant-après modification de la géométrie du lit en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution visuelle des berges, du lit d'étiage et du lit mineur ;
  - Réalisation de photos du site, du cours d'eau, du fond de vallée
    - *Fiche technique du guide : **fiche 7***
- **Suivi faciès et profil en long :**
  - Objectif : Suivre les évolutions apportées par la modification de la géométrie du lit (modification des lits mineur et d'étiage, évolution des processus d'érosion/dépôt) ;
  - Relevé de faciès et profil en long
    - *Fiche technique du guide : **fiche 8***
- **Suivi des connexions avec la nappe ;**
  - Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des connexions nappe-rivière en lien avec la recharge granulométrique ;
    - *Fiche technique du guide : **fiche 10***
- **Suivi de l'hydrologie :**
  - Objectif : Connaître le fonctionnement hydrologique du tronçon, facteur explicatif des peuplements, de la morphologie et de la physico-chimie observés lors des suivis, évaluer les évolutions avant-après travaux et notamment la fréquence et les caractéristiques des débordements
    - *Fiche technique du guide : **fiche 9***

Selon ce protocole, le positionnement des points de prélèvement sur chaque station devrait suivre le schéma de principe suivant, étant entendu que la longueur des points de prélèvement suivra les différents protocoles de prélèvement standardisés adaptée à la largeur en présence du cours d'eau:

- **14 fois la largeur plein bords évaluée pour le protocole CARHYCE ;**
- **18 fois la largeur plein bord pour le protocole de prélèvement des macroinvertébrés ;**
- **20 fois la largeur mouillée pour les pêches.**



### 13.2.3 Suivi préconisé pour les travaux de restauration, dans le cadre d'un suivi scientifique minimal

Dans le cas présent, et dans le cas seulement où l'EPAGE du bassin du Loing souhaiterait mettre en œuvre un protocole de suivi scientifique minimal, Setec Hydratec propose d'adopter le protocole de suivi présenté ci-avant aux adaptations près suivantes :

- **Le suivi continu du paramètre température peut être exclu** compte tenu des mesures in-situ déjà réalisées de façon bimensuelle dans le cadre du suivi du **compartiment Physico-chimie** ;
- **Le suivi faciès et profil en long peut être exclu** compte tenu des mesures in-situ déjà réalisées dans le cadre du suivi du **compartiment Hydromorphologie** ;
- **Le suivi des connexions avec la nappe peut être exclu si l'on s'attache plutôt à décrire l'évolution des habitats naturels et de l'hydromorphie des sols (informant sur les conséquences des évolutions des connexions avec la nappe donc) ;**
- Concernant le suivi du **compartiment Hydromorphologie** :
  - Remplacement du protocole **CARHYCE** par le protocole **IAM** (protocole exigé au CCTP de la présente mission pour le suivi de l'état initial) ;
- **Positionnement de la station témoin altérée non restaurée (TA) à l'aval de la zone d'intervention** (contrairement à une situation idéale où celle-ci serait positionnée en amont de la zone restaurée) :
  - Prévoir un positionnement de la station suffisamment en aval pour ne pas être trop impactée par les travaux (colmatage, dérive...), mais en restant dans le même tronçon (*cas n°2 du guide - Impossibilité de positionner la station Témoin altérée et/ou Témoin non altérée en amont du secteur des travaux*) ;

**En plus des éléments listés ci-avant, Setec Hydratec préconise la réalisation d'un inventaire faune/flore au droit de la zone humide formée dans l'emprise de la digue arasée et du plan d'eau exondé.**

La station **témoin non altérée (TNA)** pourrait être représentée par l'actuelle station de suivi de la qualité de l'eau du Betz à Bransles située en amont proche de la zone d'étude et en dehors de l'influence de tout ouvrage transversal (**station n°03053750**). **Pour le suivi de l'état initial**, la station de suivi existante (station FRHR86-F43-0420) fournira des données sur plus de **3 années** concernant les **compartiments biologie** (macro-invertébrés uniquement) et **physico-chimie**.

La station **restaurée** pourrait être positionnée dans l'emprise du bras naturel court-circuité faisant l'objet d'un remodelage fonctionnel.

La **station témoin altérée (TA)** pourrait quant à elle être positionnée en aval du complexe hydraulique du moulin Brandard compte tenu des altérations morphologiques conséquentes observées sur le bief du moulin de Gros Lot (rectification et recalibrage du lit).

#### 13.2.4 Suivi simplifié proposé, en l'absence de protocole de suivi scientifique minimal

**Dans le cas où l'EPAGE du bassin du Loing considérerait qu'il n'y pas d'enjeu fort à mettre en place un suivi scientifique minimal sur le site à restaurer, (compte tenu des fortes dépenses associées à la mise en œuvre d'un tel protocole au regard de l'envergure des travaux et/ou gains écologiques attendus par exemple), la mise en œuvre d'un protocole de suivi plus simplifié pourrait être retenue, bien que ce dernier ne puisse prétendre restituer une analyse aussi complète et objective.**

**Dans ce cas de figure, Setec Hydratec préconise de suivre de façon prioritaire les compartiments suivants:**

- **Compartiment Biologie:**
  - Protocoles de prélèvement :
    - **Poissons** : réalisation de **pêches électriques** complètes à deux passages avec calcul et interprétation de l'IPR ;
    - **Invertébrés** : protocole de **prélèvements de macroinvertébrés** avec calcul et interprétation de l'IBGN et I2M2 ;
  - Fréquences de suivi:
    - **Poissons et invertébrés: année n-1 (déjà réalisé), années n+3 et n+5 ;**
  - Localisation :
    - Bras principal du Betz en amont immédiat de l'actuel ouvrage répartiteur (portion de cours d'eau la plus influencée actuellement par les ouvrages du moulin et susceptible de connaître de forte évolutions du faciès d'écoulement du fait de la mise en œuvre du projet)
- **Compartiment Hydromorphologie :**
  - Protocole de prélèvement : **IAM**
  - Fréquences de suivi: **année n-1 (déjà réalisé), années n+3 et n+5**
  - Localisation:
    - Bras principal du Betz en amont immédiat de l'actuel ouvrage répartiteur.

Un suivi étendu pourra être réalisé par analyse comparative des données de suivi acquises simultanément à la station de suivi de Bransles (**station n°03053750**) existante en amont proche du secteur à restaurer (analyse comparative possible uniquement pour le compartiment Biologie toutefois).



Figure 82. Localisation de la station de suivi choisie sur le Betz en amont immédiat de l'ouvrage répartiteur amont pour le suivi de l'état initial (IPR + IAM) – Source : FDAPPMA 77



## 13.3 MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT OU D'INCIDENT

### 13.3.1 Cadre législatif

Conformément à l'article L.211-5 du code de l'environnement,

*« Le préfet et le maire intéressés doivent être informés, dans les meilleurs délais par toute personne qui en a connaissance, de tout incident ou accident présentant un danger pour la sécurité civile, la qualité, la circulation ou la conservation des eaux.*

*La personne à l'origine de l'incident ou de l'accident et l'exploitant ou, s'il n'existe pas d'exploitant, le propriétaire sont tenus, dès qu'ils en ont connaissance, de prendre ou faire prendre toutes les mesures possibles pour mettre fin à la cause de danger ou d'atteinte au milieu aquatique, évaluer les conséquences de l'incident ou de l'accident et y remédier.*

*Le préfet peut prescrire aux personnes mentionnées ci-dessus les mesures à prendre pour mettre fin au dommage constaté ou en circonscrire la gravité et, notamment, les analyses à effectuer.*

*En cas de carence, et s'il y a un risque de pollution ou de destruction du milieu naturel, ou encore pour la santé publique et l'alimentation en eau potable, le préfet peut prendre ou faire exécuter les mesures nécessaires aux frais et risques des personnes responsables.*

*Le préfet et le maire intéressés informent les populations par tous les moyens appropriés des circonstances de l'incident ou de l'accident, de ses effets prévisibles et des mesures prises pour y remédier.*

*Les agents des services publics d'incendie et de secours ont accès aux propriétés privées pour mettre fin aux causes de danger ou d'atteinte au milieu aquatique et prévenir ou limiter les conséquences de l'incident ou de l'accident.*

*Sans préjudice de l'indemnisation des autres dommages subis, les personnes morales de droit public intervenues matériellement ou financièrement ont droit au remboursement, par la ou les personnes à qui incombe la responsabilité de l'incident ou de l'accident, des frais exposés par elles. A ce titre, elles peuvent se constituer partie civile devant les juridictions pénales saisies de poursuites consécutives à l'incident ou à l'accident. »*

### 13.3.2 Evaluation des risques d'incident ou d'accident

Les risques d'incidents ou d'accidents concernés par le sujet du dossier sont liés essentiellement à la pollution accidentelle du cours d'eau ou du milieu naturel environnant (fuite de carburant ou autre).

### 13.3.3 Moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident

En cas de pollution accidentelle, les actions ci-après seront appliquées par les équipes en place :

- Absorption du polluant par épandage de matériaux absorbants (kit de dépollution dans chaque engin de chantier) ;
- Confinement de la pollution par un système gonflable au droit des zones de ralentissement des écoulements (amont immédiat du filtre aval) ;
- Etanchéification de la fuite ou collecte du polluant par un contenant étanche, avant l'évacuation de la source de cette pollution ;

- Purge des sols souillés et évacuation vers une décharge agréée, conformément à la réglementation en vigueur, et suivi de la destination finale des sols souillés.

# 14 PIECE N°6 : LES ELEMENTS GRAPHIQUES, PLANS OU CARTES UTILES A LA COMPREHENSION DES PIECES DU DOSSIER

## 14.1 PLANS DE PROJET

Les vues en plan et en coupe des aménagements au stade Projet sont données en annexe du présent document :

- **Vue\_en\_plan\_PRO\_1\_750\_A3** : vue en plan générale à l'échelle 1/750<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bras\_Naturel\_PK\_0\_13\_1\_100\_A3** : vues en coupes des aménagements sur le bras naturel entre les PK 0 et 13 à l'échelle 1/100<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bras\_Naturel\_PK\_24\_50\_1\_100\_A3** : vues en coupes des aménagements sur le bras naturel entre les PK 24 et 50 à l'échelle 1/100<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bras\_Naturel\_PK\_62\_88\_1\_100\_A3** : vues en coupes des aménagements sur le bras naturel entre les PK 62 et 88 à l'échelle 1/100<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bras\_Naturel\_PK\_100\_130\_1\_100\_A3** : vues en coupes des aménagements sur le bras naturel entre les PK 100 et 130 à l'échelle 1/100<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bras\_Naturel\_PK\_146\_252\_1\_100\_A0** : vues en coupes des aménagements sur le bras naturel entre les PK 146 et 252 à l'échelle 1/100<sup>ième</sup> et au format A3 ;
- **Vues\_en\_coupes\_Bief\_PK\_714\_916\_1\_75\_A0** : vues en coupes des aménagements sur le bief entre les PK 714 et 916 à l'échelle 1/75<sup>ième</sup> et au format A0.

## 14.2 REPRESENTATION VISUELLE DU BIEF AMENAGE DEPUIS LA RIVE DROITE EN AMONT DU MOULIN

Les figures pages suivantes donnent une représentation visuelle des aménagements prévus sur le bief du moulin Brandard (banquette végétalisées alternes) depuis la rive droite en amont du moulin.



## Etat actuel



## Etat aménagé





## 15 PIECE N°7 : CHIFFRAGE FINANCIER DE L'OPERATION

### 15.1 PREAMBULE

L'analyse des coûts du projet recouvre :

- Les coûts de réalisation des travaux ;
- Les couts de suivi post-travaux.

Les travaux ont été décomposés par postes, auxquels ont été appliqués des coûts unitaires ou forfaitaires sécuritaires.

Le projet d'aménagement a fait alors l'objet d'une évaluation financière globale moyenne à partir des avant-métrés établis et l'application de coûts moyens et sécuritaires observés pour ce type de travaux.

Les estimations ont été réalisées à partir :

- Du retour d'expérience de Setec Hydratec sur le chiffrage de solutions d'aménagements équivalentes ;
- D'une base de donnée exhaustive et récente de devis d'entreprises relatifs à des travaux sur cours d'eau.

Il est précisé à ce stade que le chiffrage estimatif n'a pas tenu compte d'une éventuelle fourniture à plus bas coûts de pierres de champs locales pour la reconstitution du matelas alluvial (réduction possible des coûts sur ce poste en cas d'opportunité locale).

### 15.2 SYNTHÈSE DES COÛTS PAR POSTE DE TRAVAUX

La synthèse des coûts estimatifs pour le projet de restauration est présentée dans le tableau suivant.

Postes de dépense	Projet
Prix généraux	32 000 €
Travaux de restauration	176 000 €
Mesures d'accompagnement pour les usages	4 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>212 000 €</b>

*Tableau 32. Synthèse des coûts estimatifs pour le projet de restauration*

### 15.3 COUT DU PROJET - DETAIL

Le détail des coûts estimatifs du projet de restauration est présenté dans les tableaux pages suivantes.



PROJET				
Définition	Unités	Quantités	Prix unitaires	S/total
<b>Prix généraux</b>				
Installation/repli de chantier/ Remise en état des terrains dégradés (décompactage, nivellement, ensemencement, réempierrement des chemins existants dégradés...) - 7% du cout total	ft	0.07	212000.00	14 840 €
Piste busée temporaire pour le franchissement du bras naturel court-circuité	ft	1.00	10000.00	10 000 €
Pêche de sauvegarde sur l'étang et le bras de décharge (pêche complète à deux passages)	ft	1.00	1500.00	1 500 €
Etudes et plans d'exécution, PAQ, PAE, PPSPS, contrôle et essais	ft	1.00	3000.00	3 000 €
Implantation des aménagements et piquetage	ft	1.00	1500.00	1 500 €
Plan de recolement, élaboration du DOE	ft	1.00	1500.00	1 500 €
<b>Sous-total prix généraux</b>				<b>32 340 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>32 000 €</b>
<b>Travaux de restauration</b>				
<b>Travaux forestiers</b>				
Abattage/déssouchage d'arbres	U	350	100.00	35 000 €
Débroussaillage/Fauchage	m²	1 600	2.00	3 200 €
<b>Sous total travaux forestiers</b>				<b>38 200 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>38 000 €</b>
<b>Démolition / Terrassements / Enrochements / Construction</b>				
Dépose de la vanne usinière et des vannes de décharge	ft	1	2000.00	2 000 €
Enlevement des éléments encombrants dans l'emprise du seuil	ft	1	1000.00	1 000 €
Depose des enrochements dans l'environnement proche de l'ouvrage de décharge amont et évacuation	T	120.0	17.00	2 040 €
Depose d'une partie de la cloture en rive gauche du bras naturel court-circuité au niveau de la digue de séparation du plan d'eau	ml	150.0	6.00	900 €
Démolition de l'ouvrage de décharge amont comprenant la découpe du rideau de palplanche, et l'évacuation des matériaux	ft	1.0	6800.00	6 800 €
Démolition du mur de soutènement en rive gauche du bras naturel court-circuité	m3	12.6	250.00	3 150 €
Depose des plaques de soutènement en béton sur le pourtour de l'étang à déconnecter et évacuation	m3	4.6	250.00	1 155 €
Terrassement en déblais de matériaux gravo-terreux et mise en attente en vue du réemploi sur site d'une partie des matériaux	m3	1942.0	15.00	29 130 €
Extraction des vases sur le bief et régalinge des matériaux vaseux en partie superficielle des surfaces remblayées	m3	800.0	15.00	12 000 €
Terrassement en remblais réemployant les matériaux gravo-terreux excavés sur site	m3	1942.0	15.00	29 130 €
Mise en œuvre de radiers formés de pierres de type LMA 5-60 (calibre 150 -300 mm) sur une épaisseur de 0.45 m	T	372	50.00	18 603 €
Fourniture et mise en œuvre de matériaux granulaires de calibre 10-100 mm	m3	442.5	40.00	17 700 €
<b>Sous total Terrassements / Enrochements / Construction</b>				<b>123 608 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>123 000 €</b>
<b>Genie végétal</b>				
Ensemencement des terrains dans l'emprise de la digue arasée et des surfaces remblayées dans l'emprise de l'actuel plan d'eau	m²	3 570	2.00	7 140 €
Ensemencement des banquettes sur le bief	m²	547	2.00	1 094 €
Fourniture et pose de jeunes plants	U	116	20.00	2 320 €
Fourniture et pose d'arbres tiges	U	22	100.00	2 200 €
<b>Sous total génie végétal</b>				<b>12 754 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>13 000 €</b>
<b>Equipements</b>				
Pose d'une nouvelle cloture en bordure du cours d'eau (type cloture agricole)	ml	150	12.00	1 800 €
<b>Sous total équipements</b>				<b>1 800 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>2 000 €</b>
<b>Sous-total travaux de restauration</b>				<b>176 000 €</b>

<b>Mesures d'accompagnement</b>				
<b>Prise d'eau incendie</b>				
Prise d'eau incendie	ft	1	4 000.00	4 000 €
<b>Sous total Prise d'eau incendie</b>				<b>4 000 €</b>
<b>Sous-total retenu</b>				<b>4 000 €</b>
<b>Sous-total mesures d'accompagnement pour les usages</b>				<b>4 000 €</b>

<b>Total € HT</b>	<b>212 000 €</b>			
-------------------	------------------	--	--	--

<b>Coûts de suivi morphoécologiques (en cas de mise en place d'un protocole simplifié)</b>				
<b>Suivi biologique</b>				
IPR - Pêche électrique à réaliser sur 1 station restaurée sur une année préalablement aux travaux et sur 2 années post-travaux	ft	3	1 500.00	4 500 €
IBGN - Prélèvements à réaliser sur 1 station restaurée sur une année préalablement aux travaux et sur 2 années post-travaux	ft	3	1 000.00	3 000 €
<b>Suivi hydromorphologique</b>				
Protocole IAM ou CARHYCE à réaliser sur 1 station restaurée sur une année préalablement aux travaux et sur 2 années post-travaux	ft	3	2 000.00	6 000 €
<b>Sous-total € HT</b>				<b>13 500 €</b>
<b>Sous-total retenu pour le suivi hydromorphologique € HT</b>				<b>14 000 €</b>

Tableau 33. Détail des coûts estimatifs du projet

## 15.4 POSSIBILITES DE FINANCEMENT PAR L'AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE

Les possibilités de financement considérées pour le projet d'aménagement envisagé reposent en premier lieu sur les aides de l'Agence de l'Eau Seine Normandie dans le cadre de son 11<sup>ème</sup> programme (programme « Eau et Climat » 2019-2024).

Les taux de financement éligibles des travaux de restauration de la continuité écologique auprès de l'Agence de l'Eau Seine Normandie varient entre **40 et 90%** (Axe E.1 du programme – Protéger et restaurer les milieux aquatiques ou humides et leurs milieux connectés) :

- **Suppression d'obstacles à la libre circulation et étude préalable, acquisition de droits réels : 80%** avec bonification de **10%** supplémentaires pour les opérations inscrites dans un contrat de territoire « eau et climat » et dont le maître d'ouvrage est signataire du contrat ;
- **Dispositif assurant la continuité écologique (libre circulation des organismes aquatiques et des sédiments) et étude préalable : 40%** avec bonification de **20%** supplémentaires pour les enjeux migrateurs amphihalins en cohérence avec le PLAGEPOMI et le plan de gestion anguille.

**Dans le cas présent**, le projet de restauration de la continuité écologique envisagé sur le site du moulin Brandard pourrait bénéficier d'un taux de financement de l'Agence de l'Eau de **90%** pour la mise en œuvre de la solution de rétablissement de la continuité écologique et de restauration hydromorphologique du cours d'eau.

**Les possibilités de financement doivent être dans tous les cas validées par l'Agence de l'Eau Seine Normandie au regard de la consistance du scénario d'intervention retenu et des gains écologiques attendus. D'autres sources de financement pourraient également être sollicitées en complément des aides de l'Agence de l'Eau Seine Normandie ou substitution d'une partie d'entre elles, dans la limite d'un**

**plafond d'aides publiques de 95% toutefois, et pourront être précisées ultérieurement par les collectivités et organismes concernés. De plus, dans le cadre des projets de zones d'expansion de crues (suppression de l'étang et création d'une zone humide dans notre cas) de l'Etablissement Public Territorial de Bassin Seine Grands Lacs, ce dernier pourrait participer au financement d'une partie du reste à charge de l'EPAGE du Bassin du Loing.**


## 16 AUTEURS DES ETUDES

### 16.1 DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Le présent dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'Eau a été réalisé par le bureau d'étude Setec Hydratec

**Setec Hydratec – Agence de Paris**

Immeuble Central Seine, 42-52 quai de la Rapée, 75582 Paris Cedex 12


	Dossier d'Autorisation Environnementale (DAE)
Directeur d'études	Benoit CORTIER
Chef de projet	Jean-Loic DOUARD
Relecteur qualité	Jean-Loic DOUARD

### 16.2 PROJET

Le PROJET a été réalisé par le bureau d'études Setec Hydratec .

**Setec Hydratec – Agence de Paris**

Immeuble Central Seine, 42-52 quai de la Rapée, 75582 Paris Cedex 12

	Rapport d'état des lieux et diagnostic – Novembre 2021 Rapport d'Avant-Projet – Février 2022 Rapport de Projet – Mai 2022
Directeur d'études	Benoit CORTIER
Chef de projet	Jean-Loic DOUARD
Relecteur qualité	Jean-Loic DOUARD

## 17 ANNEXES

Annexe 1 : FICHE DE SYNTHÈSE HYDRO – Le Betz à Bransles

Annexe 2 : PLANS TOPOGRAPHIQUES DU SITE (SOURCE : HYDROTOPO - 2021)

Annexe 3 : PLANS DES AMÉNAGEMENTS AU STADE PROJET

Annexe 4 : FICHES OPERATIONS DU GUIDE POUR L'ÉLABORATION DE SUIVIS D'OPÉRATIONS DE RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE EN COURS D'EAU

Annexe 5 : Etat initial avant travaux – RCE Moulin de Brandard à Bransles (77) – FDAPPMA 77 - 2021