

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

CONSULTING

SAFEGE
Bâtiment Universaône
18, Rue Félix Mangini
69009 LYON

Hydraulique Fluviale

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 2

Sommaire

1.....	Préambule.....	6
1.1	Contexte.....	6
1.2	Déroulement de la mission	6
1.3	Périmètre d'étude.....	6
1.4	Contraintes réglementaires	7
2.....	Bilan des données d'entrées	11
3.....	État des lieux et diagnostic	12
3.1	Présentation de la Saint-Nicolas	12
3.2	Contexte piscicole	12
3.3	Contexte historique	16
3.4	Patrimoine naturel	28
3.5	Analyse hydraulique.....	28
3.6	Analyse écologique	55
3.7	La nappe	105
3.8	Synthèse sur la Saint-Nicolas	107
3.9	Synthèse sur la Neuve Rivière	107
4.....	Enjeux humain et économique	108
4.1	Analyse des usages.....	108
4.2	Analyse des contraintes	111
5.....	Conclusions.....	116
6.....	Glossaire	117
7.....	Sigles	118

Tables des illustrations

Figure 1 : Périmètre d'étude.....	7
Figure 2 : Localisation de la Saint-Nicolas étudiée au sein du SRCE Franche-Comté (Source : DREAL Franche-Comté)	9
Figure 3 : Cartographie des différents secteurs par priorité d'intervention hiérarchisée de l'étude piscicole sur le site Natura 2000 « Étangs et vallées du Territoire de Belfort » (Source : TELEOS Suisse, 2011)	13
Figure 4 : Stations de suivis piscicoles (Fédération de Pêche 90)	14
Figure 5 : Évolution du secteur d'étude sur les cartes de Cassini, d'État-major et photographie aérienne de 1950-1965 (source : Géoportail).....	18
Figure 6 : Plan de 1849 (source : archives départementales).....	19
Figure 7 : plan de novembre 1897, localisant la digue historique de Lachapelle-sous-Rougemont (source : archives départementales)	20
Figure 8 : Inventaires passés et actuels des seuils.....	22
Figure 9 : Vestiges d'anciens seuils importants	23
Figure 10 : Disjonction de la Saint-Nicolas sur la carte de Cassini, au niveau du cercle (source : geoportail).....	24
Figure 11 : Analyse diachronique sur la Saint-Nicolas.....	27
Figure 12 : Patrimoine naturel sur le site d'étude (Source : Géoportail)	28
Figure 13 : Cartographie de la structure du modèle.....	29
Figure 14 : Calcul des pertes de charge sur un déversoir.....	31
Figure 15 : Calcul des pertes de charge dans un orifice	31
Figure 16 : Localisation des profils en travers	33
Figure 17 : Localisation des ouvrages.....	34
Figure 18 : Hydrogramme d'injection de débit en amont du modèle pour un orage biennal	35
Figure 19 : Loi cote/débit utilisée comme condition aval des crues ; le point orange représente la cote d'eau maximale de la crue de 1990 selon le du PPRI de La Bourbeuse	35
Figure 20 : Localisation des injections dans le modèle	36
Figure 21 : Hydrogramme de la crue de février de 1990 à la station de Rougemont-le-château, la ligne discontinue correspond à des données reconstitués (Source : Banque Hydro)	37
Figure 22 : Localisation des laisses de la crue de 1990 dans la zone d'étude	38
Figure 23 : Localisation des arrivées d'eau en amont de la zone d'étude	39
Figure 24 : La Saint-Nicolas 100 mètres en amont de la laisse de crue au PK 4135	40
Figure 25 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Rougemont-le-Château	41
Figure 26 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Leval	42
Figure 27 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Petitefontaine	43
Figure 28 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Lachapelle-sous-Rougemont.....	44
Figure 29 : Profil en long de la ligne d'eau du bras déversoir de l'étang	45
Figure 30 : Profil en long de la ligne d'eau de la Neuve Rivière.....	46
Figure 31 : Profil en long de la ligne d'eau du Canal du Moulin	47
Figure 32 : Distribution de la hauteur d'eau en étiage	48
Figure 33 : Vue du profil en travers 7 de la Saint-Nicolas en débit d'étiage.	49
Figure 34 : Vue du profil en travers 18 de la Saint-Nicolas en débit d'étiage.	49
Figure 35 : Vue du profil en travers 7 de la rivière Saint-Nicolas en amont de la diffuence de la Neuve Rivière au module. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	50
Figure 36 : Vue du profil en travers 10 au module. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	50
Figure 37 : Extension du débit double module.....	51
Figure 38 : Extension de la crue biennale	52
Figure 39 : Vue du profil en travers 16 de la rivière Saint-Nicolas en crue biennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	52
Figure 40 : Vue du profil en travers de la rivière Saint-Nicolas 10 en crue biennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	53
Figure 41 : Extension de la crue cinquantennale	53
Figure 42 : Vue du profil en travers 10 de la Saint-Nicolas en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	54

Figure 43 : Vue du profil en travers 10 de la Neuve Rivière en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	54
Figure 44 : Vue du profil en travers 17 de la Saint-Nicolas en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale.....	55
Figure 45 : Tronçon de la parcelle à cervidés.....	56
Figure 46 : Clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (Malavoi et Souchon, 2002).....	59
Figure 47 : Faciès d'écoulement par tronçon homogène.....	61
Figure 48 : Exemple de la granulométrie grossière.....	62
Figure 49 : Pavage du fond du lit à Rougemont-le-Château.....	63
Figure 50 : Exemple de fond colmaté (amont de l'ouvrage en aval du pont rue Jean moulin à Rougemont-le-Château).....	63
Figure 51 : Exemple de schéma de berges recalibrées et de berges en pente douce.....	64
Figure 52 : Illustrations des berges de la Saint-Nicolas.....	65
Figure 53 : Illustrations des berges de la Neuve Rivière.....	66
Figure 54 : Exemple de berge diversifiée suite à un effondrement.....	66
Figure 55 : Cartographie des aménagements de berges et digues.....	68
Figure 56 : Carte des incisions du lit.....	71
Figure 57 : Cartographie de la végétation.....	74
Figure 58 : Illustrations de la ripisylve de la Saint-Nicolas.....	76
Figure 59 : Renouée du Japon.....	76
Figure 60 : Exemples de pieds de Balsamine de l'Himalaya.....	77
Figure 61 : Bambous.....	77
Figure 62 : Laurier cerise.....	77
Figure 63 : Buddleia de David.....	77
Figure 64 : Conifères.....	78
Figure 65 : Exemples d'embâcles de volumes très importants en extrémité sud de la zone d'étude.....	79
Figure 66 : Exemple d'atterrissement avec début de végétalisation.....	80
Figure 67 : Bras mort (environ 150 m en aval de confluence avec la Goutte).....	80
Figure 68 : Inventaire des milieux humides (CD90 et Suez Consulting).....	82
Figure 69 : Localisation des ouvrages hydrauliques.....	85
Figure 70 : Exemple de seuil mineur.....	86
Figure 71 : Exemples de grilles potentiellement infranchissables (sur la Neuve Rivière à gauche et la Saint-Nicolas à droite).....	86
Figure 72 : Photographie de l'intérieur du passage sous l'usine anciennement Thécla.....	87
Figure 73 : Photographie de l'intérieur de la buse de la Neuve Rivière.....	87
Figure 74 : Schéma du linéaire de remous d'un OH.....	92
Figure 75 : Cartographie des tronçons homogènes.....	95
Figure 76 : Schématisation du calcul du taux d'étagement d'un cours d'eau (Source : ONEMA).....	97
Figure 77 : Schématisation du phénomène d'érosion régressive (Source : OFB).....	99
Figure 78 : Seuils de puissance spécifique (OFB).....	102
Figure 79 : Localisation des piézomètres à Leval du Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas (source : Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas).....	105
Figure 80 : Suivi des piézomètres des puits de captages Leval 1 et 2 sur 2019 et 2020 (source : Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas).....	106
Figure 81 : Occupation du sol.....	109
Figure 82 : Étang de l'usine ID Casting.....	111
Figure 83 : Contraintes spatiales au bord de la Saint-Nicolas (SN1) (source : Étude hydromorphologique du bassin versant de la Bourbeuse, département du Territoire de Belfort. 2016).....	112
Figure 84 : Cartographie des contraintes spatiales à Lachapelle-sous-Rougemont.....	113
Figure 85 : Extrait de la carte d'aléa retrait / gonflement des argiles (BRGM 2006).....	114

Table des tableaux

Tableau 1 : Poissons pêchés en 2011 sur la station à l'amont de Petitefontaine (source : Teleos 2011).....	12
Tableau 2 : Bilan des effectifs brutes des espèces pêchées en 2012.....	14
Tableau 3 : Bilan des espèces présentes par classes d'abondances sur les stations d'inventaires.....	15

Tableau 4 : Résultats IPR 2012 (Source : FDPPMA 90).....	16
Tableau 5 : Condition au limite amont selon le scenario.....	34
Tableau 6 : Condition aval des scenarios de basses eaux	35
Tableau 7 : Différence entre les cotes observées et simulées de la crue de 1990	39
Tableau 8 : Résultats des analyses IBG de 1990 (Source : étude Béture Sétame, 1990).....	57
Tableau 9 : Synthèse des suivis du Département du Territoire de Belfort depuis 2006 (source : Évaluation de la Qualité des Eaux de Surface du Territoire de Belfort - Synthèse des données 2016-2018, 2019)	58
Tableau 10 : Échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifiée dans Malavoi et Souchon (1989)	62
Tableau 11 : Résultats de la franchissabilité des ouvrages	89
Tableau 12 : Synthèse de l'état de franchissabilité des ouvrages majeurs	92
Tableau 13 : Indices de sinuosité	96
Tableau 14 : Largeurs et hauteurs de plein bord de chaque tronçon	96
Tableau 15 : Taux de fractionnement et d'étagement.....	98
Tableau 16 : Paramètres de calculs de la pente d'équilibre	101
Tableau 17 : Calcul de la puissance spécifique par tronçon	103
Tableau 18 : Synthèse de l'état hydromorphologique	103
Tableau 19 : Localisation des captages d'eau potable	110

Table des annexes

Annexe 1 Résultats des suivis du conseil départemental

1 PREAMBULE

1.1 Contexte

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000/60/CE) a été adoptée en 2000 par la commission européenne. Ce texte fixe la ligne de conduite politique en ce qui concerne l'eau. Cette DCE exige notamment des états membres qu'ils atteignent le bon état écologique des masses d'eau (cours d'eau et plan d'eau) en 2015. Cet objectif d'atteinte est reporté, par dérogation, à 2021 puis à 2027.

En réponse aux objectifs fixés par la DCE, la Communauté de Communes des Vosges du Sud (CCVS) engage une étude d'une portion de la rivière Saint-Nicolas avec pour objectif une restauration morphologique. L'étude devra prendre en considération les deux contraintes principales à savoir la pérennisation d'un débit d'étiage suffisant tout en essayant de limiter l'aléa inondation lors des crues.

Les objectifs opérationnels sont :

- Réaliser un diagnostic initial sur chaque tronçon hydromorphologique homogène.
- Proposer des scénarios d'aménagement au regard des enjeux écologiques, hydrologiques et socio-économiques pour plusieurs linéaires et différents niveaux d'ambition de restauration.

1.2 Déroulement de la mission

La présente mission s'organise autour de deux phases :

- Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial de la Saint-Nicolas
- Phase 2 : Élaboration de différents scénarii de restauration morphologique.

Le présent document constitue le rapport de rendu de Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial.

1.3 Périmètre d'étude

L'étude hydromorphologique réalisée sur le bassin versant de la Bourbeuse (par le conseil départemental (CD) 90 en 2016) et les travaux du comité technique du SAGE Allan ont permis d'identifier un tronçon prioritaire (à priorité très forte) sur la Saint-Nicolas du pont de l'avenue Jean Moulin à Rougemont-le-Château à la limite communale en aval de Petitefontaine (en rouge sur la figure suivante). À ce linéaire, la CCVS a souhaité rajouter (en bleu sur la figure) (option affermie) :

- Le reste de la partie urbaine de la Saint-Nicolas à Rougemont-le-Château (à partir de la rue d'Étueffont)
- Le linéaire sur Lachapelle-sous-Rougemont, afin d'intégrer la portion de la Saint-Nicolas recevant les eaux traitées de la station épuration jusqu'en limite du ban communal.

Donc, le linéaire d'étude comprend le linéaire principal de la Saint-Nicolas de la rue d'Étueffont à Rougemont le Château à la limite communale en aval de Lachapelle sur Rougemont, ainsi que le linéaire de la Neuve Rivière, soit environ 7,9 km. Il ne comprend pas le linéaire du canal du moulin ou d'affluents.



Figure 1 : Périmètre d'étude

1.4 Contraintes réglementaires

1.4.1 Contexte réglementaire

1.4.1.1 Directive Cadre sur l'Eau

La directive 2000/60/CE du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) impose la bonne qualité des eaux superficielles et souterraines à l'échéance de 2021.

Les plans de gestion, sur la base de l'état des lieux établi dans chaque district (achèvement en décembre 2004), **doivent mobiliser les moyens techniques, économiques et juridiques permettant d'atteindre cet objectif** ou de s'en rapprocher le plus possible.

Le bon état des cours d'eau doit être atteint sur deux états : chimique et écologique.

1.4.1.2 Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

La LEMA votée le 30 décembre 2006 est la loi française transposant en droit français la directive cadre européenne sur l'eau, afin d'arriver aux objectifs qu'elle a posée et notamment :

- Le bon état des eaux d'ici 2021 (sauf dérogation),
- L'amélioration des conditions d'accès à l'eau pour tous,
- Plus de transparence au fonctionnement du service public de l'eau,
- La rénovation de l'organisation de la pêche en eau douce.

1.4.1.3 SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021

La Saint-Nicolas est située sur le périmètre du SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021. Les défis et dispositions du SDAGE concernés par le projet sont mentionnés ci-dessous :

- Orientation fondamentale n°6 : Préserver et restaurer le fonctionnement naturel des milieux aquatiques et des zones humides
 - A- Agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques
 - ▷ Disposition 6A-01 : Définir les espaces de bon fonctionnement des milieux aquatiques, humides, littoraux et eaux souterraines.
 - ▷ Disposition 6A-08 : Restaurer la morphologie en intégrant les dimensions économiques et sociologiques.

1.4.1.4 SAGE Allan

Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) est un document de planification de la gestion de l'eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau et il doit être compatible avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Le SAGE est un document élaboré par les acteurs locaux (élus, usagers, associations, représentants de l'État) réunis au sein de la commission locale de l'eau (CLE). Ces acteurs locaux établissent un projet pour une gestion concertée et collective de l'eau.

La zone d'étude est comprise dans le territoire du SAGE Allan.

Le SAGE Allan a été approuvé le 28 janvier 2019 par l'arrêté n°90-2019-01-28-002.

Les enjeux du SAGE, avec lesquels la présente étude doit être en cohérence, sont les suivants :

- Assurer la gouvernance, la cohérence et l'organisation du SAGE
- Améliorer la gestion quantitative de la ressource en eau
- Améliorer la qualité de l'eau
- Prévenir et gérer les risques d'inondation
- Restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques et humides

La présente étude découle des objectifs du SAGE ALLAN et répond à :

- Enjeu 5 : Restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques et humides.
 - Disposition 5.1.2 : Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau.
 - Disposition 5.1.3 : Identifier les espaces de bon fonctionnement des cours d'eau.

1.4.1.5 Schéma Régional de Cohérence Écologique

Le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) est un outil d'aménagement durable du territoire visant à concilier le fonctionnement écologique du territoire avec les activités humaines à l'échelle régionale. Le SRCE définit la trame verte et bleue (corridors écologiques) à l'échelle régionale. Il assure la cohérence régionale et interrégionale du réseau écologique. La « prise en compte » du SRCE se définit en urbanisme comme « une obligation de compatibilité sous réserve de possibilité de dérogation pour des motifs déterminés » (arrêt du 28 juillet 2004 en Conseil d'État). ». Il s'agit concrètement d'intégrer les informations ou recommandations fournies par le document de cadrage (en l'occurrence le SRCE) dans les choix et décisions conditionnant la planification et l'aménagement du territoire ; si ces choix et décisions n'intègrent finalement pas ces éléments, une justification doit être apportée.

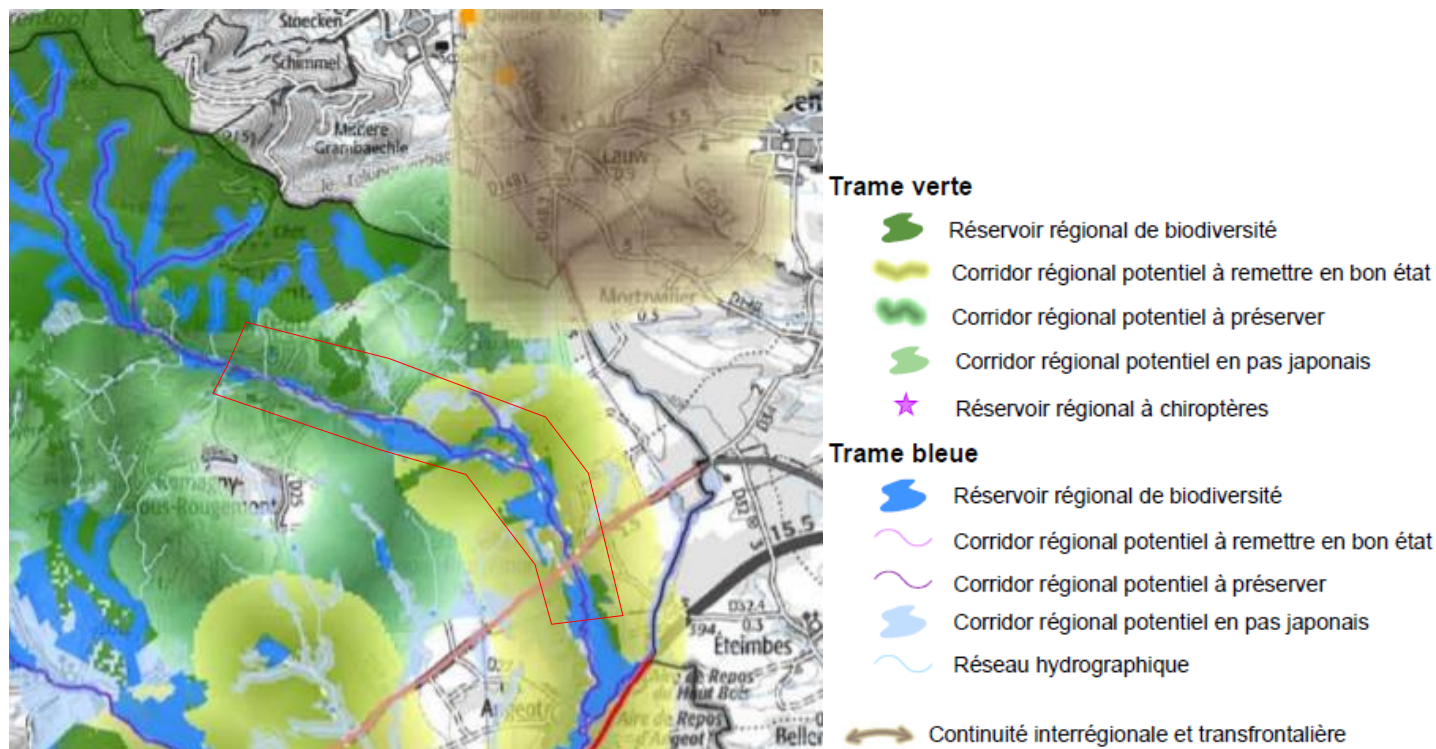


Figure 2 : Localisation de la Saint-Nicolas étudiée au sein du SRCE Franche-Comté (Source : DREAL Franche-Comté)

L'atlas du SRCE compte également la localisation d'ouvrages hydrauliques difficilement franchissables et infranchissables ainsi que ceux sur liste 2. Aucun ouvrage n'apparaît sur le linéaire étudié.

La Saint-Nicolas est identifiée comme réservoir de biodiversité et corridor trame bleue régional à préserver (la Neuve Rivière ne fait pas partie de ce corridor). Sa vallée est également concernée par la trame verte : à préserver en amont et à remettre en état à l'aval.

1.4.1.6 PGRI du Bassin Rhône-Méditerranée

Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée a été arrêté le 7 décembre 2015 par le préfet coordonnateur du bassin. Il fixe pour six ans les 5 grands objectifs complémentaires listés ci-dessous :

- **Thème 1 : La prise en compte des risques dans l'aménagement et la maîtrise du coût des dommages liés à l'inondation par la connaissance et la réduction de la vulnérabilité des biens, mais surtout par le respect des principes d'un aménagement du territoire qui intègre les risques d'inondation.**
- **Thème 2 : La gestion de l'aléa en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques** au travers d'une approche intégrée sur la gestion de l'aléa et des phénomènes d'inondation (les débordement des cours d'eau, le ruissellement, les submersions marines ...), la recherche de synergies entre gestion de l'aléa et restauration des milieux, la recherche d'une meilleure performance des ouvrages de protection, mais aussi la prise en compte de spécificités des territoires tels que le risque torrentiel ou encore l'érosion côtière.
- **Thème 3 : L'amélioration de la résilience des territoires exposés** à une inondation au travers d'une bonne organisation de la prévision des phénomènes, de l'alerte, de la gestion de crise mais également de la sensibilisation de la population.
- **Thème 4 : L'organisation des acteurs et des compétences pour mieux prévenir les risques d'inondation** par la structuration d'une gouvernance, par la définition d'une stratégie de prévention et par l'accompagnement de la GEMAPI.
- **Thème 5 : Le développement et le partage de la connaissance** sur les phénomènes, les enjeux exposés et leurs évolutions.

Le bassin Rhône-Méditerranée compte 31 territoires à risque importants d'inondation (TRI), dont le périmètre a été arrêté le 12 décembre 2012, suite à l'évaluation préliminaire des risques d'inondation menée en 2011. Il existe le TRI Belfort/Montbéliard. La zone d'étude est en dehors du périmètre de ces TRI mais comprise dans la Stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI) du TRI de Belfort/Montbéliard.

1.4.1.7 Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI)

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), institué par la loi 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (dite loi Barnier), est un document stratégique cartographique et réglementaire qui définit les règles de **constructibilité dans les secteurs susceptibles d'être inondés**.

Le PPRI de la Bourbeuse est en cours de révision. Le 1er PPRI approuvé en 2002 ne comprenait pas la zone d'étude. **Son extension comprend la zone d'étude.**

1.4.2 Réglementation spécifique aux ouvrages hydrauliques

1.4.2.1 Ouvrage prioritaire

D'après la liste des ouvrages Grenelle du bassin Rhône Méditerranée, aucun ouvrage hydraulique sur le secteur d'étude n'est classé prioritaire.

1.4.2.2 Classement de la rivière

La LEMA (art. L. 214-17 et L. 214-18 du Code de l'environnement) a réformé ces deux dispositifs de classements des rivières en les adaptant aux exigences du droit communautaire (Directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000 et directive « Énergie » du 27 septembre 2001).

Ainsi sont différenciés :

- Les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux classés en « très bon état écologique » ou jouant le rôle de « réservoir biologique » (liste 1) ;
- Les cours d'eau dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs (liste 2).

Ces cours d'eau figurent sur des listes qui conditionnent également le régime juridique applicable aux ouvrages hydrauliques présents. Un même cours d'eau (ou section) peut être inscrit sur les deux listes.

La Saint-Nicolas a été identifiée en liste 1 par l'arrêté n°13-251 du 13 Juillet 2013. Ainsi, la restauration de la continuité écologique est obligatoire à long terme (notamment dès une demande d'autorisation de travaux) et aucun nouvel ouvrage transversal, obstacle à la continuité écologique, ne pourra être construit.

1.4.3 Captage Alimentation en Eau Potable (AEP)

Le site d'étude se trouve à proximité de captages d'alimentation en eau potable : cf. § 4.1.2.1 page 110.

2 BILAN DES DONNEES D'ENTREES

	Titre	Commentaires
Études	Étude hydromorphologique du bassin versant de la Bourbeuse – Rapport détaillé phases 1 et 2 – Réalisé par le service des ouvrages hydrauliques, de l'eau et des milieux aquatiques du département du Territoire de Belfort. 2016.	Ne concerne, sur la zone d'étude, que le tronçon prioritaire SN1 État hydromorphologique à partir de relevés de 2012 A priori présence d'une erreur sur les tracés de cours d'eau extrait du cadastre napoléonien
	Étude de la rivière Saint-Nicolas - Beture-Setame, Agence de l'eau. 1990.	Ancien
	Étude et cartographie des habitats naturels et semi-naturels – Site Natura 2000 Étangs et vallées du Territoire de Belfort – Ecoscop, Conseil Général du Territoire de Belfort, DIREN Franche-Comté – 2009	Comprend plus que la zone d'étude Peu utile sans les données SIG
	Étude piscicole sur le site Natura 2000 « Étangs et vallées du Territoire de Belfort » - TELEOS Suisse – 2011	
	Pêches électriques de la FDPPMA 90 - 2012	
	Suivi qualité réalisé par la DDT90	
	Les cours d'eau du Territoire de Belfort : Approche de l'évolution morphologique des principales rivières. Étude préalable à la définition d'une politique foncière et d'une restauration durable des cours d'eau en zones inondables. Conseil Général du Territoire de Belfort, Direction de l'environnement, Service des rivières et de l'eau – 2005.	L'approche sur les lits majeurs n'est réalisée qu'à partir de Petitefontaine
SIG	Réseau hydrographique en 1760 du Territoire de Belfort tracé à partir des plans de finages, levés dans un but fiscal entre 1760 et 1763.	https://geo.data.gouv.fr/
Autocad	Levés topographiques des seuils de la Saint-Nicolas (2005)	
Archives	Documents sur Lachapelle-sous-Rougemont	
	Profils en travers du PPRI de la Bourbeuse en cours de révision	

3 ÉTAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC

3.1 Présentation de la Saint-Nicolas

La rivière Saint-Nicolas prend sa source à 650 m d'altitude au pied du ballon d'Alsace sur la commune de Rougemont-le-Château. Elle traverse le Nord-est du Département, recueille les eaux de nombreux affluents, avant de confluer avec la Madeleine pour former la Bourbeuse, après un parcours de 32,3 km. Ce linéaire est le deuxième plus long dans le Territoire de Belfort après la Savoureuse.

Son bassin versant a une superficie de 126 km².

Cette étude ne concerne que le tronçon de la Saint-Nicolas de la rue d'Étueffont à Rougemont-le-Château à la limite aval communale de Lachapelle-sous-Rougemont, ainsi que le linéaire de la Neuve Rivière à Leval.

La Saint-Nicolas concerne une **seule masse d'eau : FRDR632A**.

L'état des masses d'eau du bassin Rhône-Méditerranée a été actualisé pour le SDAGE 2022-2027 en préparation. Dans cet état actualisé, l'état écologique de la Saint-Nicolas est médiocre. Les éléments déclassants sont : Invertébrés, Diatomées, Taux de saturation en O₂. Et l'état chimique est bon. La chronique de données utilisée pour établir ces états n'est pas spécifiée (2014-2016 ou 2015-2017 ?).

Les nouveaux objectifs d'atteinte du bon état ne sont pas encore établis. Dans le SDAGE 2016-2021, l'objectif d'atteinte du bon état écologique de cette masse d'eau a été reporté en **2027**.

3.2 Contexte piscicole

La rivière est en 1^{ère} catégorie sur la zone d'étude, elle passe en 2^{ème} catégorie piscicole en aval de Lachapelle-sous-Rougemont.

Différentes études ont permis d'établir une vision du contexte piscicole.

3.2.1 Étude Béture Sétame de 1990

L'étude Béture Sétame de 1990 indique que de l'amont de Rougemont-le-Château à l'aval de Leval, du fait des pollutions, les populations de Truites subsistent grâce à l'alevinage. Le peuplement piscicole est composé de Chevesnes, Vairons, Loches ainsi que Poissons chat et perches (influence des étangs), favorisé par le réchauffement des eaux. La population piscicole évolue rapidement du type salmonicole vers le type cyprinicole, l'évolution naturelle étant accélérée par les problèmes de pollution de la rivière.

3.2.2 Étude en 2011

En 2011, dans le cadre de l'étude piscicole sur le site Natura 2000 « Étangs et vallées du Territoire de Belfort » réalisée par TELEOS Suisse des relevés ont été réalisés sur différentes stations du site Natura 2000 et notamment sur la Saint-Nicolas, dont une sur la zone de notre étude (en amont de Petitefontaine ; et une à la limite de notre zone : à l'amont d'Angeot). Cette étude montre que les espèces d'eau courante d'intérêts communautaires (Truite, Chabot, Loche, Lamproie de Planer et Écrevisse pieds-blancs) sont progressivement remplacées par d'autres moins sensibles (Chevesne) ou invasives (Perche-soleil, écrevisse Signal, ...).

Les populations pêchées sur la station en amont de Petitefontaine sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Poissons pêchés en 2011 sur la station à l'amont de Petitefontaine (source : Teleos 2011)

Espèce	Nombre
Truite fario	12
Loche franche	5
Goujon	1

Ainsi, peu d'espèces sont présentes sur cette station. Par exemple le Chabot y est absent mais il est présent sur les stations de suivi en amont et à l'aval.

Les causes semblent être :

- Des températures supérieures à celles attendues sur un réseau de tête de bassin de ce type
- Une qualité de l'habitat piscicole mauvaise sur la plupart des secteurs inventoriés
- Des pollutions des eaux de surfaces suspectées.

À l'échelle du site Natura 2000, cette étude n'a pas défini notre secteur d'étude comme secteur prioritaire (cf. figure suivante).

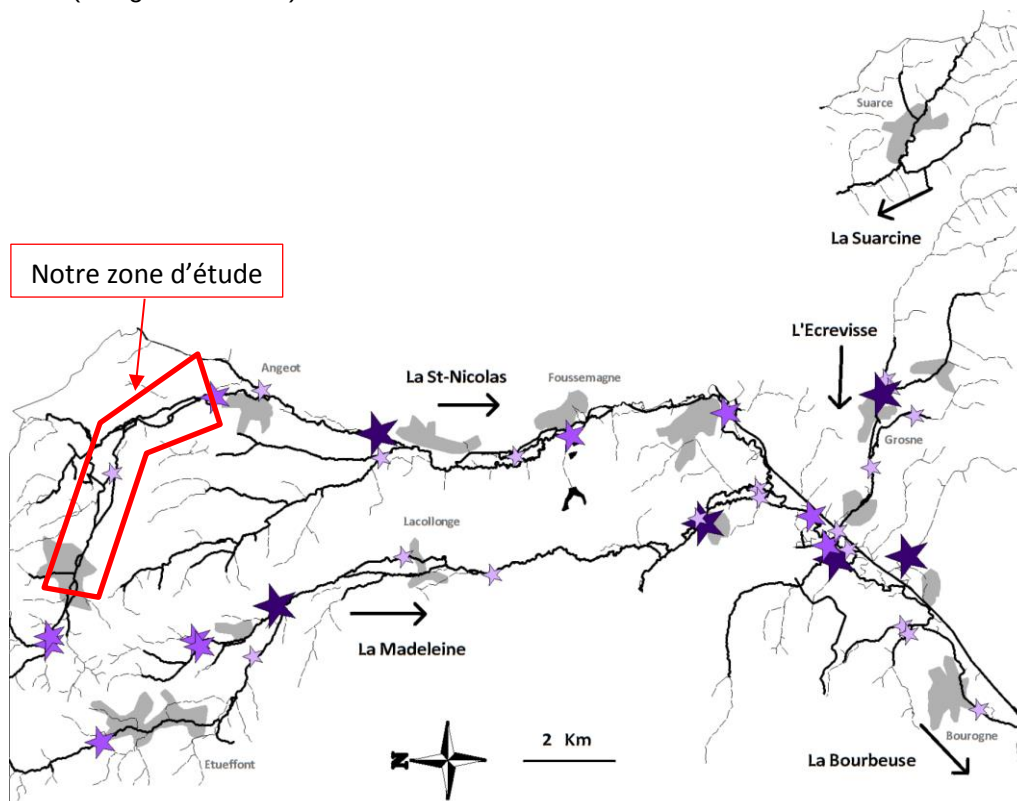


Figure 3 : Cartographie des différents secteurs par priorité d'intervention hiérarchisée de l'étude piscicole sur le site Natura 2000 « Étangs et vallées du Territoire de Belfort » (Source : TELEOS Suisse, 2011)

3.2.3 Étude en 2012

La FDPPMA 90 a réalisé des pêches en 2012. La localisation des stations pêchées est présentée sur la carte suivante. Il existe deux types de stations (losange et triangle). Il s'agit respectivement de sondages piscicoles (1 passage, relevé des tailles et non des biomasses) et d'inventaires (2 à 3 passages densités/biomasses). En rouge, il s'agit des stations DCE.

La FDPPMA 90 considère que ces résultats sont encore valables, car la situation piscicole n'a pas dû s'améliorer depuis, voire se dégrader au vu des assecs des dernières années.

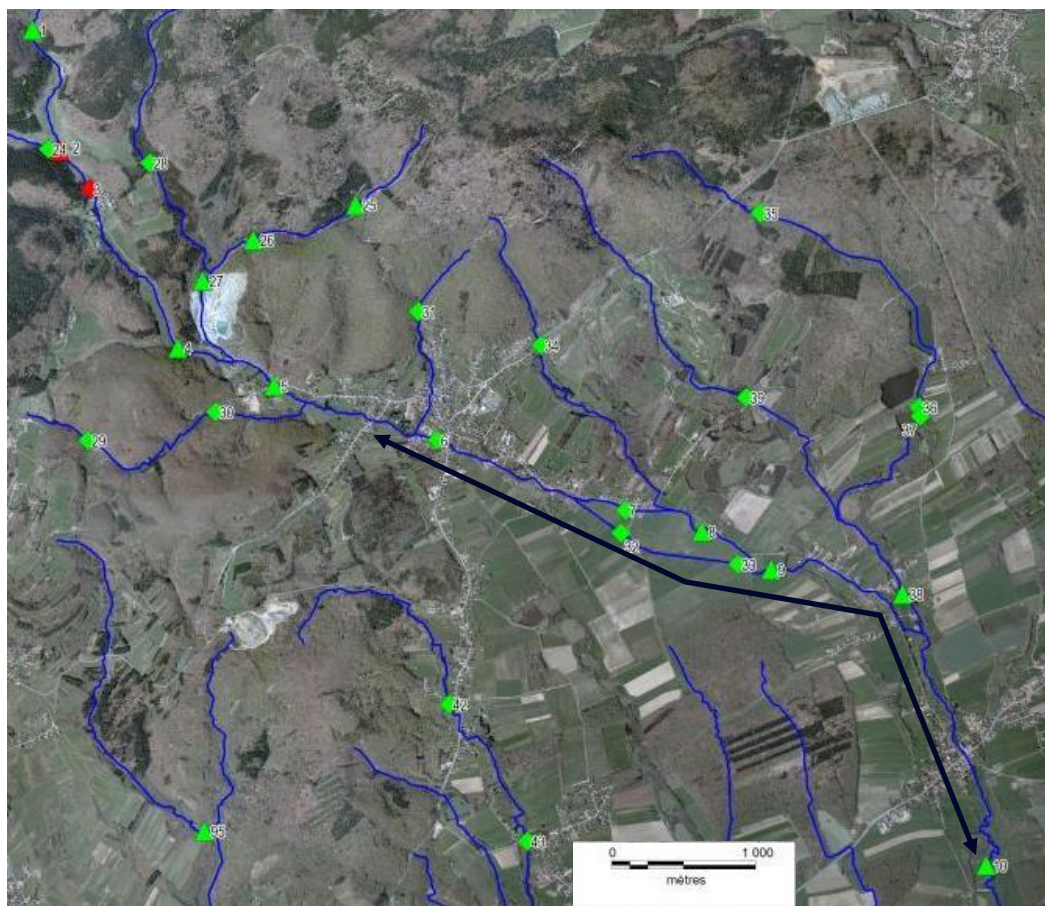


Figure 4 : Stations de suivis piscicoles (Fédération de Pêche 90)

Ainsi, la zone d'étude (indiquée par la flèche) est concernée par 4 sondages (losange) dont deux sur la Neuve Rivière (stations 6, 7, 32 et 33) et 2 stations d'inventaires (station 8 et 9). Elle est encadrée par deux stations d'inventaires (5, référence amont et 10).

Ces relevés ont permis le calcul de l'IPR (indice poisson rivière). Les résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 2 : Bilan des effectifs brutes des espèces pêchées en 2012

Cours d'eau		La Saint-Nicolas						La Neuve Rivière	
Station		5	6	7	8	9	10	32	33
Date de l'opération		4/6/12	5/6/12	5/6/12	5/6/12	5/9/12	7/6/12	5/9/12	5/9/12
CAS	Carassins	0	0	0	3	0	0	0	0
CHA	Chabot	37	32	25	2	1	69	0	0
CHE	Chevesne	1	12	0	1	27	4	0	16
GAR	Gardon	0	1	0	0	25	3	0	0
GOU	Goujon	0	8	0	8	119	55	0	3
LOF	Loche Franche	0	4	1	24	102	18	24	114
LOT	Lote	0	0	0	0	0	3	0	0

	Cours d'eau	La Saint-Nicolas						La Neuve Rivière	
	Station	5	6	7	8	9	10	32	33
PER	Perche	0	0	0	0	3	8	0	0
PES	Perche Soleil	0	0	1	3	23	0	0	0
ROT	Rotengle	0	0	0	0	1	0	0	0
TRF	Truite Fario	36	12	41	17	90	4	0	0
VAI	Vairon	0	0	0	0	18	57	0	2
VAN	Vandoise	0	0	0	0	0	14	0	0

Tableau 3 : Bilan des espèces présentes par classes d'abondances sur les stations d'inventaires

		Stations			5			8			9			10		
		classes d'abondances														
espèces		Num	Pond	opt/ref	Num	Pond	opt/ref	Num	Pond	opt/ref	Num	Pond	opt/ref			
CHA	Chabot	4	4	5	1	2	5	1	1	4	5	5	3			
TRF	Truite Fario	4	4	5	2	3	5	4	5	4	1	3	4			
LPP	Lamproie De Planer			3			4			4			5			
VAI	Vairon			3			5	1	1	4	4	4	3			
LOF	Loche Franche				1	1	4	3	4	5	1	1	5			
CHE	Chevesne	0.1	0.1	0	0.1	0.1	1	3	3	3	2	3	3			
GOU	Goujon				1	2		4	5	2	5	5	3			
HOT	Hotu									0.1			1			
BAF	Barbeau												1			
LOT	Lote										5	5	1			
VAN	Vandoise										3	4	0			
PER	Perche							3	5	0	5	5	0			
GAR	Gardon							1	1	0	1	1	0			
CAS	Carassins				4	4	0									
PES	Perche Soleil				3	3	0	5	5	0						
ROT	Rotengle							1	1	0						
PFL	écrevisse signal	1	1	0	0.1	1	0									

Les espèces caractéristiques de ce type de rivière (Truite, Chabot, Loche, Lamproie de Planer, Vairon et Écrevisse pieds-blancs) ont des effectifs faibles ou sont souvent absentes. On note toutefois la bonne abondance de la Truite Fario en stations 9 et 5. La répartition du Chabot est étonnante, il se trouve en grande quantité sur la station 10 alors qu'il devrait être plus présent en amont. Des espèces non inféodées à ce type de milieu ont été inventoriées comme perche, rotengle et des espèces invasives (Perche-soleil, écrevisse Signal). Ainsi, la situation piscicole est perturbée sur le secteur.

Tableau 4 : Résultats IPR 2012 (Source : FDPPMA 90)

Nom du cours d'eau	Nom de la station	Classe de qualité de l'IPR (DCE)	
La Saint-Nicolas	5	2	Bonne
La Saint-Nicolas	6	3	Médiocre
La Saint-Nicolas	7	2	Bonne
La Saint-Nicolas	8	3	Médiocre
La Saint-Nicolas	9	4	Mauvaise
La Saint-Nicolas	10	3	Médiocre
La Neuve Rivière	32	5	Très mauvaise
La Neuve Rivière	33	5	Très mauvaise

La qualité piscicole, par cet indice, apparaît variable le long de la Saint-Nicolas. De bonne sur la station de référence en dehors de la zone d'étude, elle est médiocre dans sa traversée de Rougemont-le-Château, puis redevient bonne en parallèle de la Neuve Rivière sur l'amont mais médiocre sur la partie en aval. La qualité passe de médiocre à mauvaise entre les stations d'inventaires 8 et 9, peut-être est-ce dû à la mauvaise influence de la Neuve Rivière. La station juste en aval de la zone d'étude indique une qualité médiocre.

Et la qualité piscicole de la Neuve Rivière semble très mauvaise.

Ces résultats peuvent être biaisés sur les stations 6, 7, 32 et 33 par le fait qu'un seul passage a été réalisé.

3.2.4 Inspections 2020

Au cours de la prospection de terrain de 2020, nous avons pu observer :

- Du fait des faibles hauteurs d'eau, les poissons se concentraient au niveau des fosses en aval des seuils ou des mouilles naturelles,
- Une écrevisse a été observée contre (en amont) le seuil de séparation de la Neuve Rivière.



3.3 Contexte historique

3.3.1 Aménagements passés

L'utilisation des cartes et photographies anciennes : carte de Cassini (18ème siècle), carte d'État-Major (réalisée selon des relevés effectués entre 1820 et 1866) et photographies aériennes anciennes (1950-1965) (cf. Figure 5) permettent d'avoir une vision des aménagements passés. Ils sont complétés par les plans de finage de 1760.

De nombreux aménagements sont déjà visibles :

- Depuis les plans de finage de 1760 :
 - la Neuve Rivière
- sur la carte d'État-Major (1820 et 1866) :
 - le moulin à Rougemont-le-Château (ancienne usine ID Casting)
 - le moulin à la limite Petitefontaine et Lachapelle-sous-Rougemont.

Par contre le bief en amont de la zone d'étude n'est pas encore existant.

À l'inverse, un bief était présent à l'amont de Petitefontaine en 1760, mais il a disparu sur la carte d'État-major (toutefois, le tracé sur ce secteur sur cette carte n'est pas clair).

Sur la commune de Leval, pour se protéger des inondations (notamment des inondations rapides dues à la fonte des neiges), un bras de décharge a été créé : La Neuve Rivière. Le maire actuel de Leval nous a expliqué qu'historiquement la séparation entre la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière était réalisée par une « simple » pierre de séparation des eaux (cette pierre a été déplacée sur son terrain). Suite à des inondations dans les années 60, une étude a été menée et suite à ses conclusions, un ouvrage en béton avec vanne (coté Neuve Rivière) et batardeaux (coté Saint-Nicolas) en bois a été réalisé. Sa gestion était complexe et a été de moins en moins réalisée au fil des années. Après plusieurs embâcles et crues, les parties mobiles se sont détruites. Ne reste ainsi présent que les seuils en béton (cf. description détaillée de l'ouvrage au § 3.6.3.4 page 87).

Le bief de l'ancienne usine ID Casting a été créé en 1830. Le site a connu diverses activités notamment depuis 1957 avec les premières activités de galvanoplastie et de laitonnage. En 1965, une station de traitement de détoxification physico-chimique a été construite pour traiter les eaux issues des ateliers de galvanoplastie. Après avoir été exploité par plusieurs sociétés, ce site a été repris par DFI en 2001. DFI a cessé toutes activités en 2009 à Rougemont-le-Château. Lors des activités de la société THECLA Industrie (exploitant précédent), un incident a entraîné une pollution de la rivière Saint-Nicolas. Le 16/07/1998, 11 m³ d'eaux usées provenant de la station de traitement ont été rejetés dans la rivière et ont entraîné la mort de 130 kg de truites. Ces eaux rejetées contenaient 45 mg/L de cyanure, soit 450 fois la valeur maximale acceptable de l'arrêté d'autorisation n°3258 du 22/12/1981. Suite à cet incident, l'arrêté préfectoral de prescriptions complémentaires n°2158 du 27/11/1998 a exigé que l'exploitant fasse réaliser une étude ayant pour objectif de définir les modifications à apporter et les mesures à prendre afin d'améliorer la sécurité de fonctionnement des installations de traitement des effluents générés par l'entreprise, pour éviter tout risque de pollution du milieu récepteur.

Les anciennes activités du site (ainsi qu'une fuite de la cuve d'hydrocarbures) ont entraîné des pollutions des sols. Pour les eaux souterraines, les impacts constatés dans les sols (chrome, nickel, TCE et PCE) et du chlorure de vinyle sont retrouvés dans les eaux à l'aval du bâtiment principal de l'ancien site. La présence de solvants chlorés est également mise en évidence au droit du piézomètre localisé à l'aval des dépendances de l'ancien site. L'impact en hydrocarbures dans les sols n'est en revanche pas retrouvé dans les eaux. À noter, que les prélèvements réalisés en amont du site ne présentent pas d'anomalies en polluants, ce qui démontre une pollution due aux activités exercées. (source : https://basol.developpement-durable.gouv.fr/fiche.php?page=1&index_sp=90.0035)

Sur la carte de l'État-major, on observe a priori une vaste zone humide entre la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière (déjà présente). Par ailleurs la présence de nombreux étangs est déjà visible sur les cartes de Cassini et d'État-major.



Figure 5 : Évolution du secteur d'étude sur les cartes de Cassini, d'État-major et photographie aérienne de 1950-1965 (source : Géoportail)

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Sous-titre de la mission



Des éléments historiques sont fournis par des archives départementales et dires de riverains.

Le plan suivant, du 21 septembre 1849, montre la modification du tracé de la Saint-Nicolas à l'aval du ban communal de Petitefontaine.



Figure 6 : Plan de 1849 (source : archives départementales)

D'après un compte rendu du conseil municipal en 1995, un entretien de la rivière a été réalisé sur 300 m par la commune et des agriculteurs (et le document incite les riverains à réaliser un entretien de la végétation rivulaire afin de limiter les inondations). Un habitant de la commune nous a informé (au cours de la réunion de démarrage de cette étude) avoir observé, il y a environ 25 ans, un curage important de la rivière (avec tracteur dans le lit de la rivière) à Lachapelle-sous-Rougemont. Il n'a pas le linéaire exact, mais c'était en amont et aval du pont de la D83. Ce curage correspond sûrement à l'entretien réalisé en 1995.

Par ailleurs, des agriculteurs ont retiré des granulats du lit de la rivière dans le passé.

Toutefois, d'après un compte rendu de 2008 dans le cadre de l'étude sur la Bourbeuse, il est indiqué que la rivière a été curée pour la dernière fois en 1962. Il indique également qu'un curage de la Saint-Nicolas et de l'ensemble du canal du Moulin est souhaité et qu'une inondation a eu lieu suite au busage du canal (fossé rue Pierre Jaminet) en 1984 (alors qu'il n'y avait pas eu d'inondation avant le busage).

La digue présente sur la commune de Lachapelle-sous-Rougemont a été créée à l'automne 1826 par les Ponts et Chaussées dans un but d'intérêt général. Cette digue trop faible et mal confectionnée (termes employés dans le document d'archive de 1827) a rompu en décembre 1827. D'après d'autres documents, elle a été refaite en 1896 et 1934. Il semble que la brèche de 1896 a été l'œuvre d'un riverain.

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Sous-titre de la mission

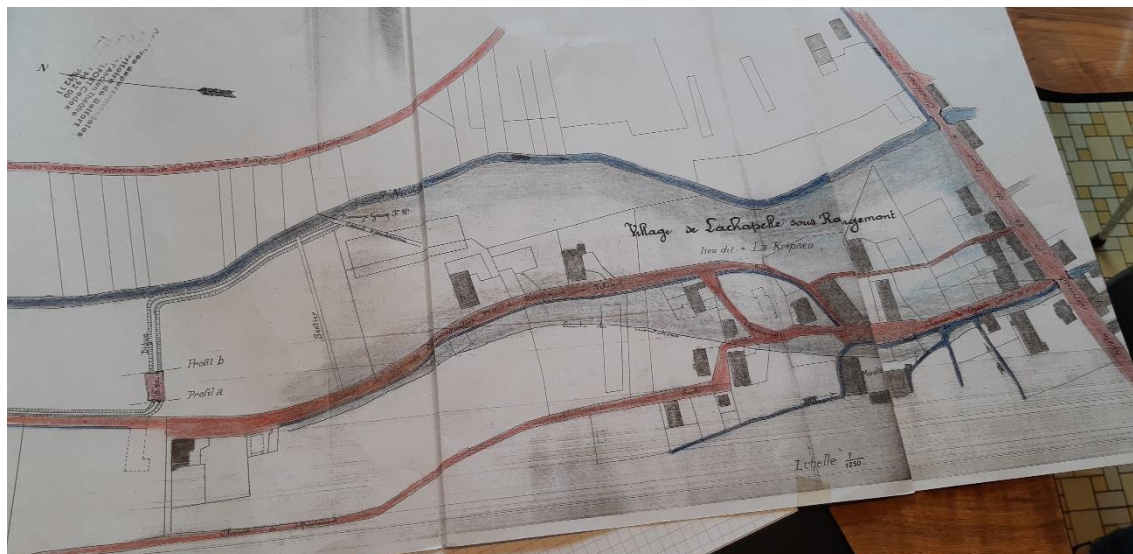


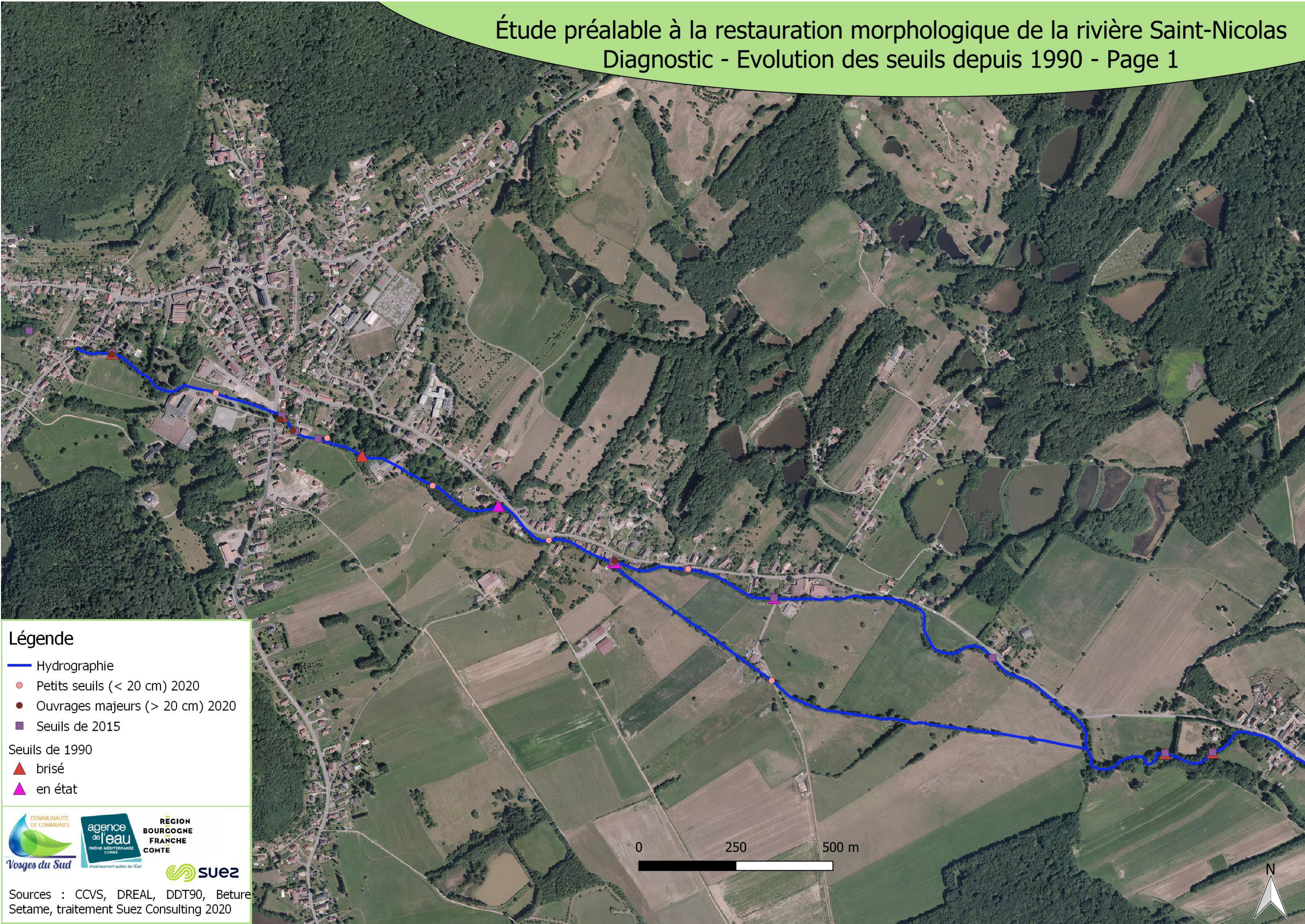
Figure 7 : plan de novembre 1897, localisant la digue historique de Lachapelle-sous-Rougemont (source : archives départementales)

Nous avons observé sur le terrain qu'une autre digue prolonge celle indiquée sur ce plan.

Les études de 1990 et 1995 font état de berges très dégradées, dues notamment aux érosions régressives du fait de la dégradation des seuils.

La carte suivante représente l'inventaire des seuils réalisés dans le cadre de l'étude de Béture Sétame de 1990 (la localisation des seuils a été reproduite sous SIG à partir des plans papiers de l'époque) en comparaison à l'inventaire réalisé en 2012 par le Département du Territoire de Belfort et en 2020 par Suez Consulting.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Evolution des seuils depuis 1990 - Page 1



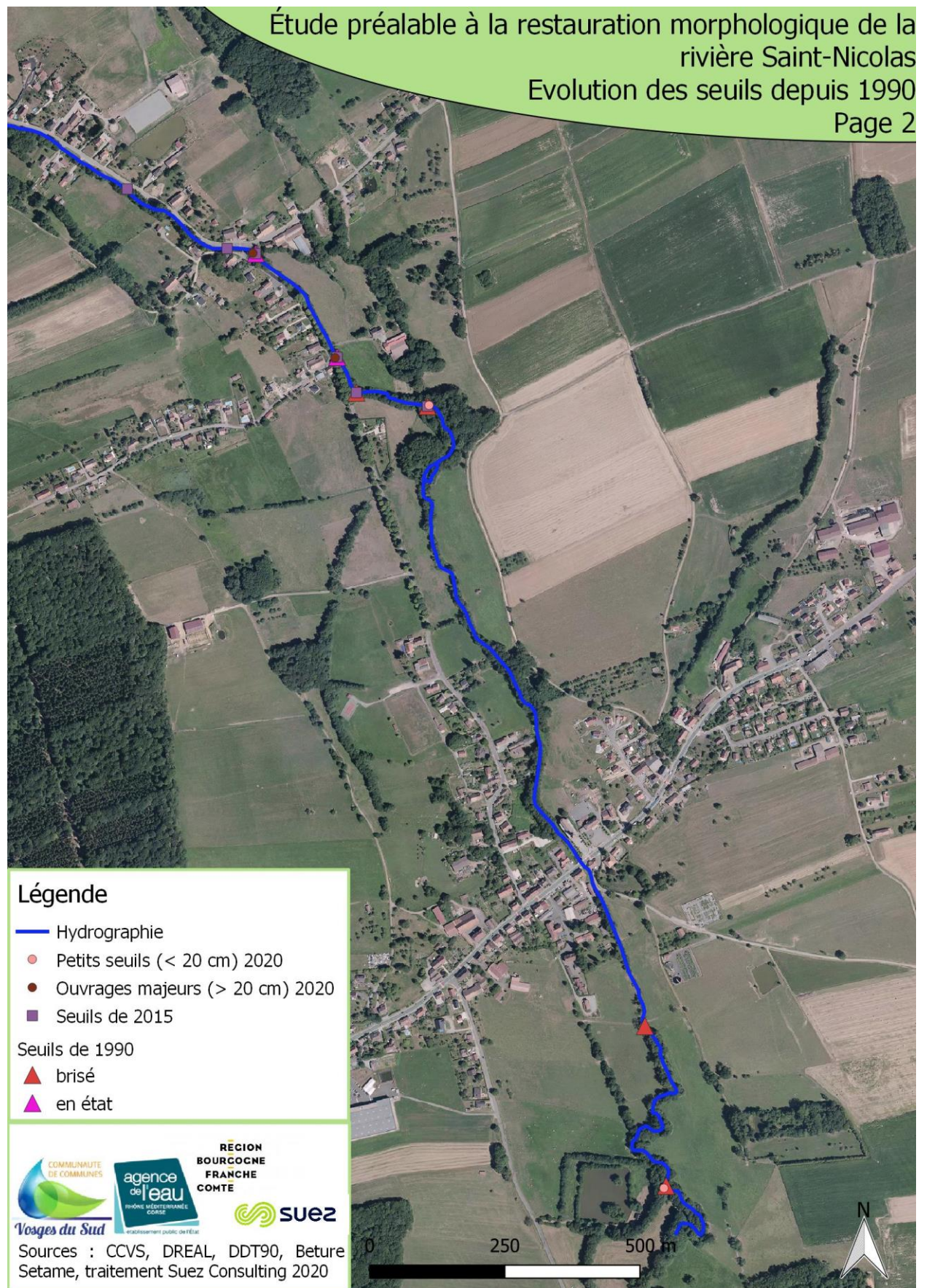


Figure 8 : Inventaires passés et actuels des seuils

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Sous-titre de la mission

En 1990, 15 seuils avaient été recensés dont 9 décrits comme brisés. Le relevé mené en 2012 indique 16 seuils, seulement sur le tronçon prioritaire du SAGE (pas de relevé à Lachapelle-sous-Rougemont). En 2020, 14 seuils ont été identifiés, dont 6 majeurs. Plusieurs observés en 1990 ou 2012, n'ont pas été observés en 2020, mais de nouveaux ont été relevés.

On note une plus forte concentration des seuils sur la partie en amont.

En 2020, nous avons notamment observé des vestiges sur les berges de 3 seuils initialement importants (il ne reste plus d'obstacle à l'écoulement dans le lit mineur) :

- 380 m en aval de la confluence entre la Neuve Rivière et la Saint-Nicolas
- À la limite communale entre Petitefontaine et Lachapelle-sous-Rougemont
- Au niveau de la confluence avec la Goutte.

Ils sont respectivement présentés sur les photos suivantes. Leur impact passé est visible sur l'état hydromorphologique de la rivière.

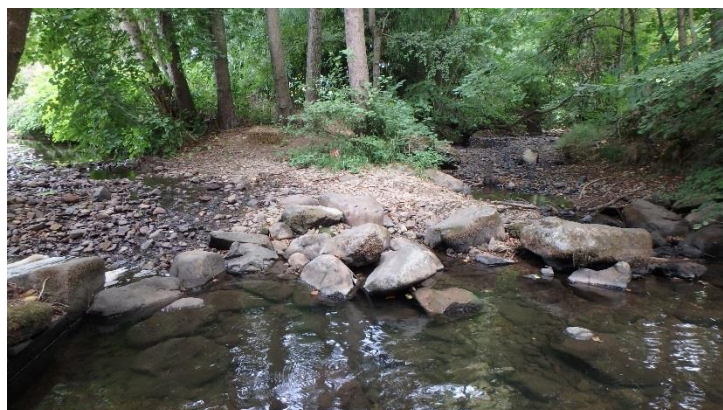


Figure 9 : Vestiges d'anciens seuils importants

3.3.2 Évolution des tracés

L'étude diachronique de l'évolution du tracé des cours d'eau permet de donner une réalité aux différents paramètres du score géodynamique. On rappelle ici que la dynamique fluviale est l'expression de la recherche d'un équilibre entre le débit liquide et le débit solide des cours d'eau. C'est la présence d'un déséquilibre entre ces deux variables qui est responsable des ajustements morphologiques au sein des cours d'eau. L'étude diachronique des évolutions du tracé doit nous permettre de trancher sur la question de l'importance de la dynamique fluviale de la Saint-Nicolas dans le périmètre d'étude. Elle permet également d'estimer le tracé historique de la rivière.

Pour ce faire, nous avons recherché les tracés historiques de la Saint-Nicolas à différentes périodes. Nous nous sommes basés sur les données disponibles :

- sur Géoportail :
 - la carte de Cassini (18ème siècle),
 - la carte d'État-Major (réalisée selon des relevés effectués entre 1820 et 1866) et les photographies aériennes anciennes (1950-1965).
- Sur le site remonterletemps de l'IGN : des photographies aériennes de 1935 pour une partie de la zone d'étude (amont),
- Sur <https://geo.data.gouv.fr/> : le réseau hydrographique en 1760 du Territoire de Belfort tracé à partir des plans de finages, levés dans un but fiscal entre 1760 et 1763.

La carte de Cassini sur le secteur d'étude correspond à une jonction entre deux cartes. La discontinuité du raccordement est clairement visible juste en aval de Lachapelle-sous-Rougemont. Cela entraîne une forte incertitude sur la position du tracé, surtout sur la partie en aval du bourg de Lachapelle-sous-Rougemont.



Figure 10 : Disjonction de la Saint-Nicolas sur la carte de Cassini, au niveau du cercle (source : geoportail)

La carte ci-après illustre le réseau hydrographique du site aux différentes dates. On voit une nette différence entre le tracé sur la carte de Cassini et les tracés postérieurs, notamment du fait de la présence de l'ouvrage de séparation de la Neuve Rivière *a minima* depuis 1760. Au vu des incertitudes sur le tracé de la carte de Cassini, on ne peut pas conclure à partir de cette carte de la position exacte de la rivière à cette époque mais on peut remarquer que le tracé était plus

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

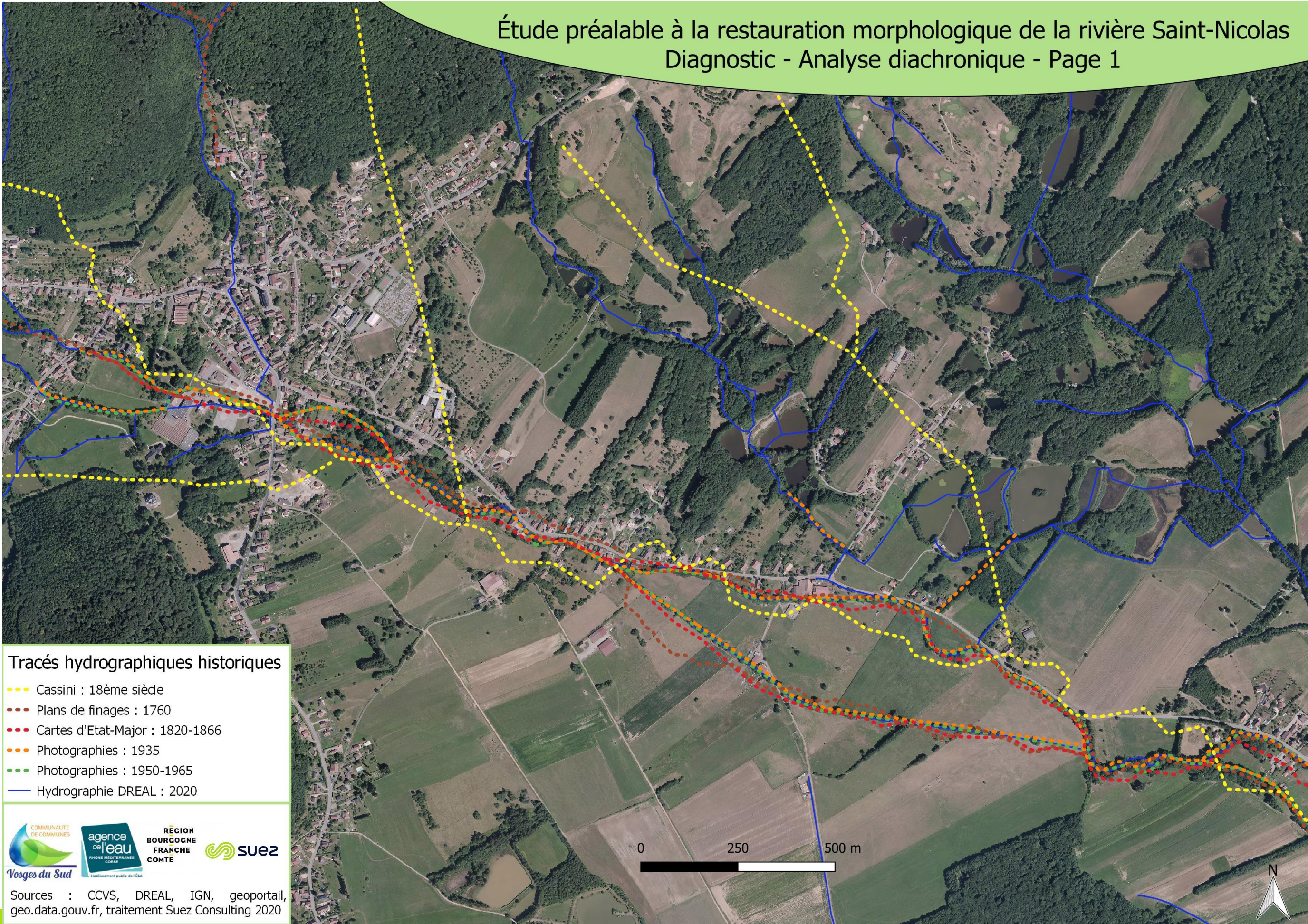
Sous-titre de la mission



sinueux voire méandriforme, notamment dans les traversées de communes et la plaine de Leval. Ainsi, de 1760 à aujourd'hui, on observe peu d'évolution, les ouvrages étant déjà présents à cette date, on note quelques changements sur des méandres ponctuellement et encore aujourd'hui (notamment en amont de Petitefontaine). M. Boulanger de l'OFB a observé un recoupement de méandre dans les dernières décennies sur la partie en aval de Lachapelle-sous-Rougemont.

Sur les plans de finage de 1760, on voit un tracé au niveau de l'actuel canal du Moulin à Lachapelle-sous-Rougemont. Le tracé est moins long sur la carte d'État-Major et correspond à un ru pour alimenter un étang. Sur la photographie de 1950-1965, nous observons des alignements d'arbres, supposant un linéaire en eau. Ainsi ces linéaires correspondent-ils à un ancien bief ou un ancien affluent ?

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Analyse diachronique - Page 1



Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Diagnostic - Analyse diachronique

Page 2

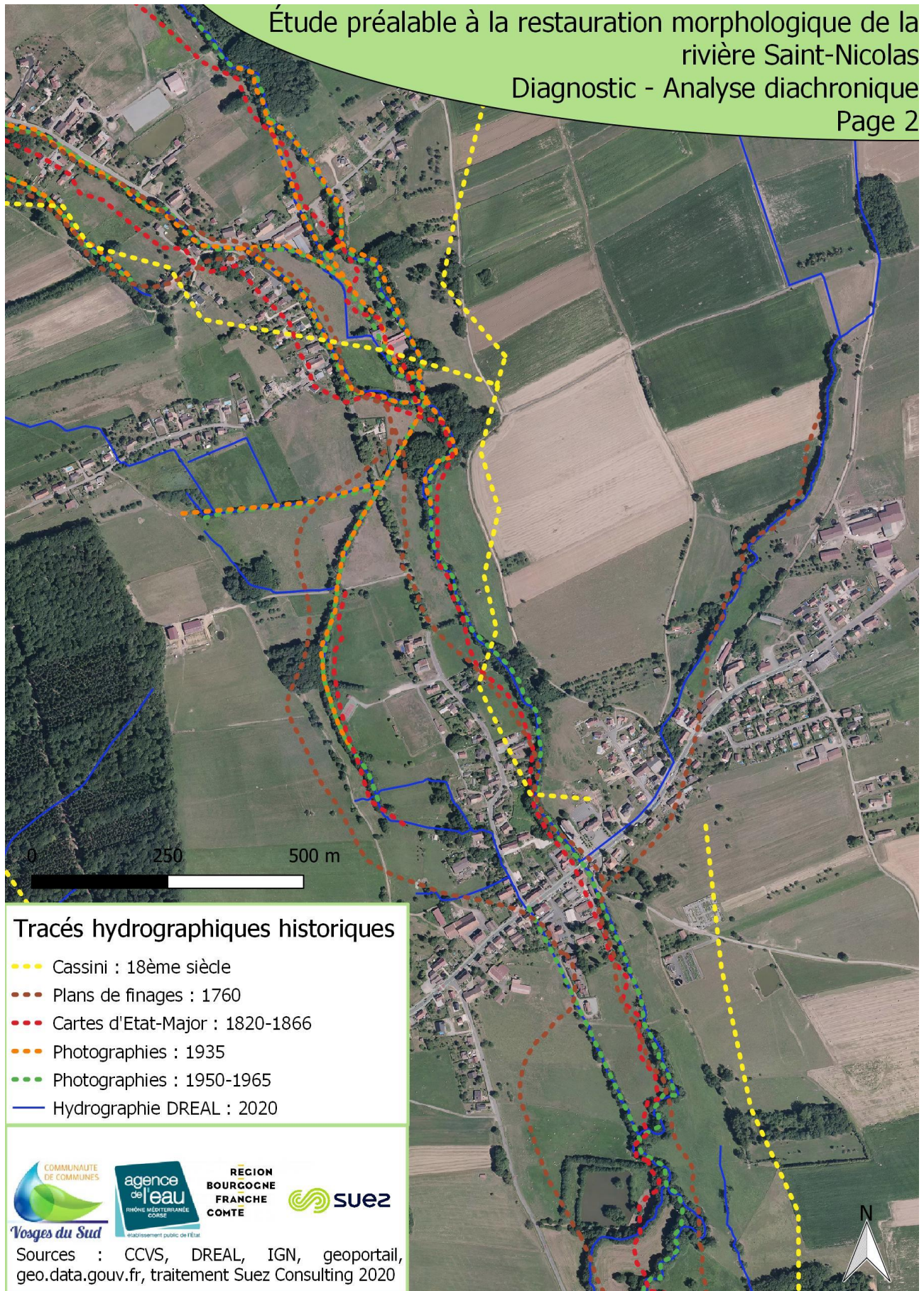


Figure 11 : Analyse diachronique sur la Saint-Nicolas

3.4 Patrimoine naturel

Le lit majeur de la Saint-Nicolas sur la zone d'étude est concerné par plusieurs zones d'inventaires et de protections du patrimoine naturel suivantes (cf. Figure 12) :

- Site Natura 2000 : Forêts et ruisseaux du Piémont vosgien dans le Territoire de Belfort
- Parc Naturel régional « Ballons des Vosges »
- ZNIEFF de type 1 : Haute vallée de la Saint-Nicolas
- ZNIEFF de type 2 : Vallée de la Bourbeuse et ses affluents, la Madeleine et la Saint-Nicolas
- ZICO : massif des Vosges : hautes Vosges.

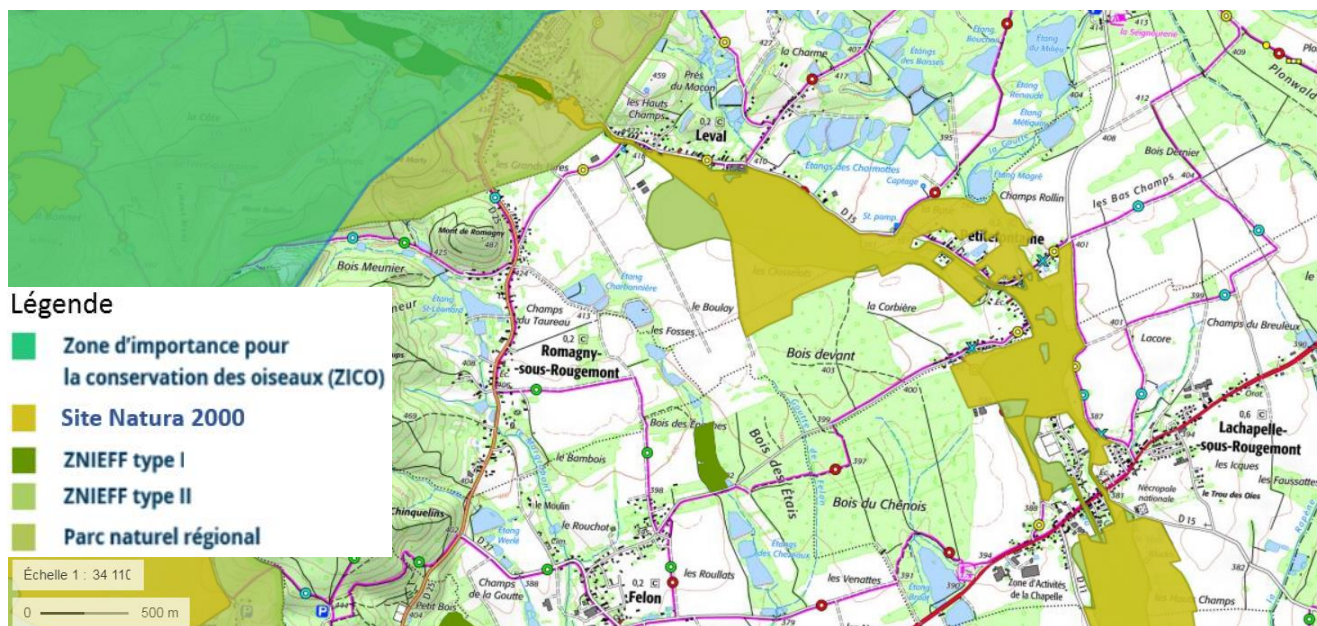


Figure 12 : Patrimoine naturel sur le site d'étude (Source : Géoportail)

3.5 Analyse hydraulique

3.5.1 Objectifs

Les objectifs de l'étude hydraulique du site à l'aide d'une modélisation hydraulique 1D, sont de :

- ☐ Comprendre le comportement hydraulique de la rivière à travers plusieurs débits de référence ;
- ☐ Identifier les zones sujettes à débordements ;
- ☐ Servir de base pour les futurs aménagements.

Pour ce faire, un modèle hydraulique a été construit. Ce modèle s'étend sur la rivière Saint-Nicolas du pont de la D2 à Rougemont-le-Château jusqu'à l'aval de Lachapelle-sous-Rougemont, 500 m après la confluence du Canal du Moulin. Il prend en compte les affluents suivants (de l'amont vers l'aval) :

- La Goutte des Gravieres à Rougemont-le-Château (en rive gauche)
- La Goutte du Seigneur à Leval (en rive gauche)
- La Goutte à Petitefontaine (en rive gauche)
- La Goutte des deux riverains à Lachapelle-sous-Rougemont (en rive gauche)
- Le Canal du Moulin (en rive droite).

Le modèle comprend également le bras de dérivation de l'étang de l'usine ID Casting à Rougemont-le-Château et le bras de la Neuve Rivière.

La cartographie du modèle est présentée en Figure 13.

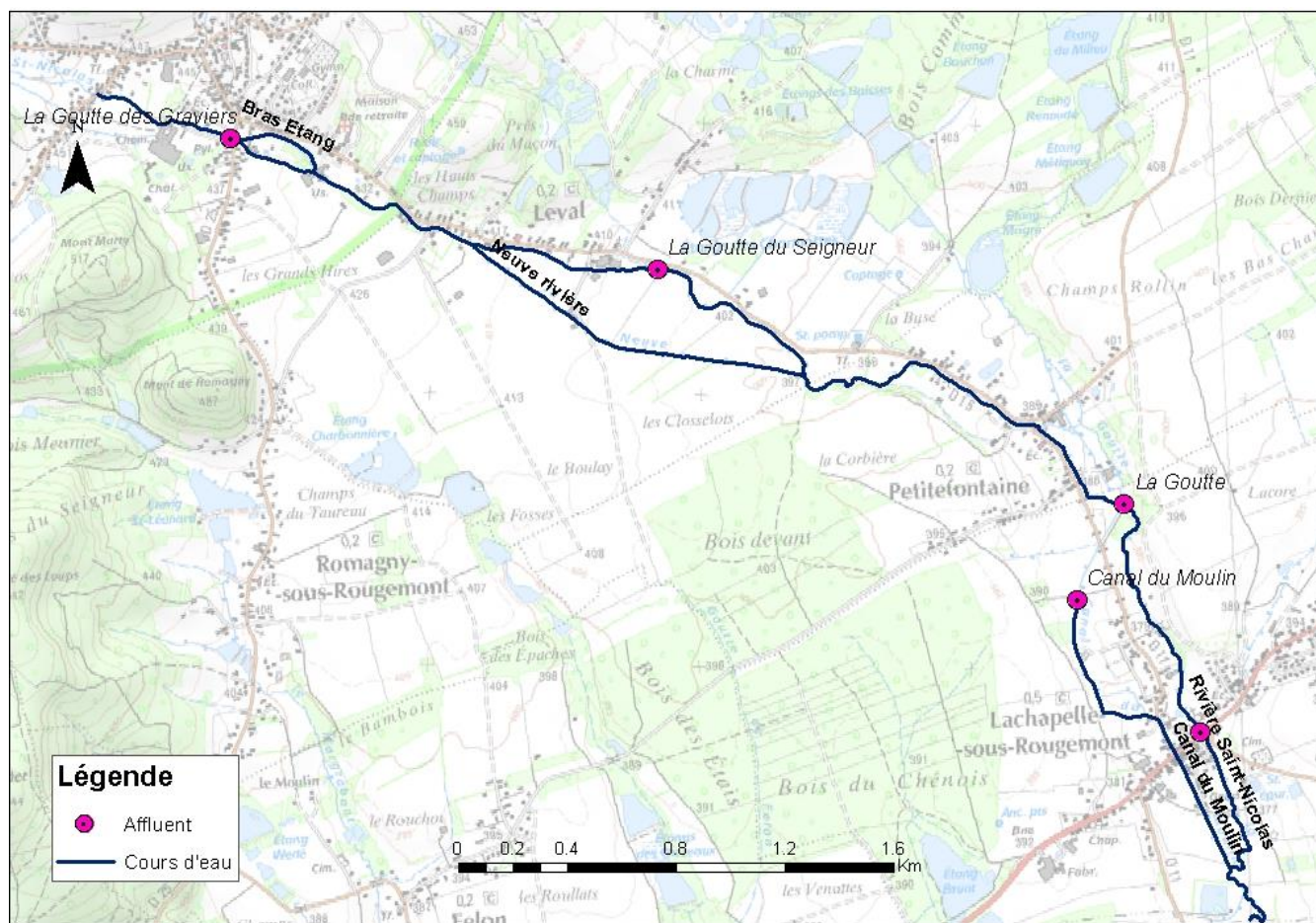


Figure 13 : Cartographie de la structure du modèle

3.5.2 Construction du modèle

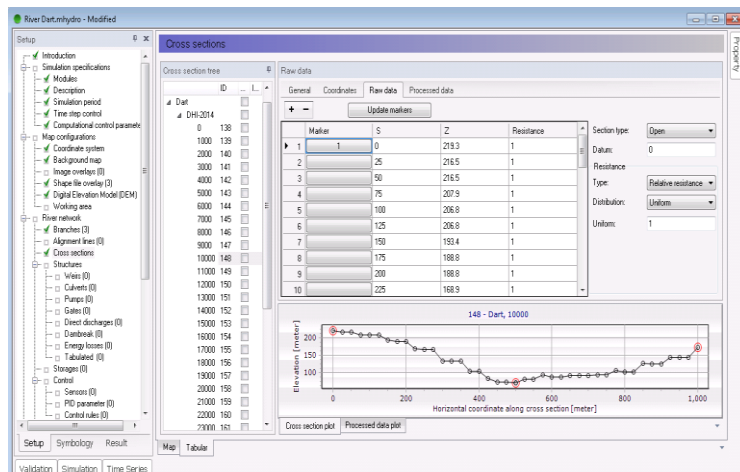
3.5.2.1 Modélisation hydrodynamique avec Mike Hydro River

QUELQUES GÉNÉRALITÉS

MIKE HYDRO River est un logiciel professionnel pour la simulation des écoulements, de la qualité de l'eau et du transport des sédiments dans les estuaires, rivières, systèmes d'irrigation, canaux ou tout autre ouvrage hydraulique. Le code développé depuis de longues années a été amélioré et dispose de nouveaux outils intégrés dans une nouvelle interface cartographique.

MIKE HYDRO River est un outil de modélisation 1D, totalement dynamique et simple d'utilisation. Il peut être utilisé pour les analyses détaillées, la conception, la gestion et les opérations sur des systèmes simples ou complexes de rivières et de canaux.

Le module Hydrodynamique (HD) est le noyau du système de modélisation MIKE HYDRO River et constitue une base pour les autres modules qui viennent s'y ajouter (modules de prévision des crues, d'advection-dispersion, de qualité de l'eau ou de transport de sédiments). Le module Hydrodynamique de MIKE HYDRO River résout les équations de continuité et de conservation de la quantité de mouvement, intégrées verticalement, usuellement appelées Équations de Saint-Venant.



Comme tout modèle 1D, MIKE HYDRO River représente la topographie par une succession de profils en travers

LA DESCRIPTION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les seuils, barrages et déversoirs sont décrits par des lois correspondantes, dont les coefficients peuvent être ajustés lors du calage. Les ouvrages complexes sont décrits avec autant de « compartiments » que nécessaire. On peut par exemple modéliser un barrage en distinguant le déversoir, les vannes, les ouvrages de décharge associés.

Les ouvrages de franchissement sont introduits dans le modèle soit par l'intermédiaire de sections fermées décrivant leur géométrie, soit par une loi de type orifice. La perte de charge induite par ces ouvrages est automatiquement calculée par le modèle et prise en compte dans le calcul de la ligne d'eau.

Des pompes peuvent être introduites n'importe où dans le modèle. Ces pompes, dont le débit peut être fonction d'un débit ailleurs dans le modèle, permettent de diriger une partie du débit d'un point du modèle vers un autre.

MIKE HYDRO River dispose d'un module Gestion d'ouvrages appelé Structure Operation (SO). Le paramétrage des ouvrages de régulation, qui peut dépendre de conditions hydrodynamiques quasiment illimitées, est aisément modifiable grâce à l'interface graphique du logiciel. Le modèle permet par exemple de définir des ouvrages régulant un niveau ou un débit en fonction de paramètres définis en un ou plusieurs autres points du modèle. L'ouvrage de régulation est défini par son type (sur ou sous verse), sa vitesse de manœuvre, ses niveaux min et max, etc.

LE CALCUL DES PERTES DE CHARGES

La perte de charge occasionnée par un déversoir est calculée de la façon suivante par le logiciel :

$$\Delta H = \frac{Q_s^2}{2gA_s^2} (\zeta_1 + \zeta_2)$$

Avec : ζ_1 : coefficient de perte de charge par réduction de section ;

ζ_2 : coefficient de perte de charge par augmentation de section ;

A_1 : surface mouillée en amont ;

A_2 : surface mouillée à l'aval ;

A_s : surface mouillée moyenne sur le déversoir.

Ces paramètres sont présentés sur la figure ci-dessous et explicités ci-après.

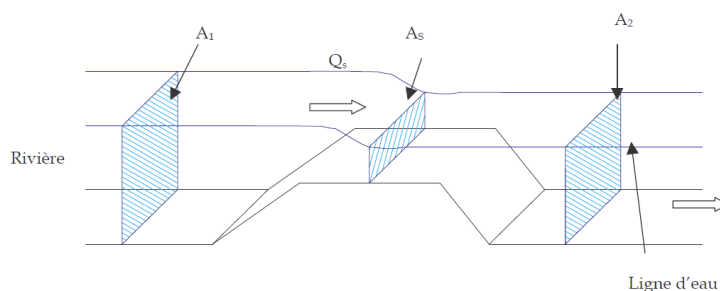


Figure 14 : Calcul des pertes de charge sur un déversoir

Réduction de section : Elle prend en compte les sections en amont et au centre du déversoir ainsi que le coefficient de perte de charge ζ_{INFLOW} (perte de charge en entrée).

$$\zeta_1 = \zeta_{INFLOW} \left(1 - \frac{A_s}{A_1} \right)^2.$$

La valeur par défaut de ζ_{INFLOW} est de 0.5.

Augmentation de section : Elle prend en compte les sections en sortie et au centre du déversoir ainsi que le coefficient de perte de charge $\zeta_{OUTFLOW}$ (perte de charge en sortie).

$$\zeta_2 = \zeta_{OUTFLOW} \left(1 - \frac{A_s}{A_2} \right)^2$$

La valeur par défaut de $\zeta_{OUTFLOW}$ est de 1.

Pertes de charge pour les orifices

Les pertes de charge prises en compte par le logiciel pour le calcul des lois hauteur-débit au droit des orifices sont explicitées ci-après.

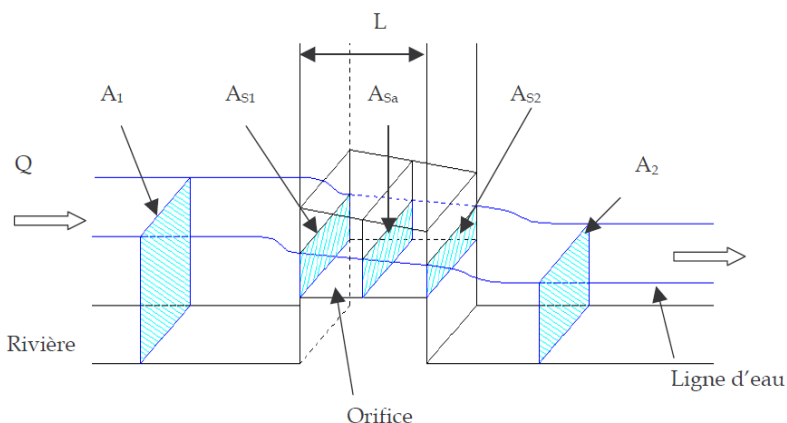


Figure 15 : Calcul des pertes de charge dans un orifice

- Avec :
- A_1 : surface mouillée amont ;
 - A_{S1} : surface mouillée en entrée de l'orifice ;
 - A_{Sa} : surface mouillée en moyenne dans l'orifice ;
 - A_{S2} : surface mouillée en sortie de l'orifice,
 - A_2 : surface mouillée à l'aval ;
 - L : longueur de l'orifice ;
 - n : coefficient de Manning ;
 - R : rayon hydraulique moyen dans l'orifice.

Réduction de section : Elle prend en compte les sections en amont et en entrée de l'orifice ainsi que le coefficient de perte de charge ζ_{INFLOW} .

$$\zeta_1 = \zeta_{INFLOW} \left(1 - \frac{A_{S1}}{A_1} \right)^2$$

La valeur par défaut de ζ_{INFLOW} est de 0.5.

Augmentation de section : Elle prend en compte les sections en sortie et en aval de l'orifice ainsi que le coefficient de perte de charge $\zeta_{OUTFLOW}$.

$$\zeta_2 = \zeta_{OUTFLOW} \left(1 - \frac{A_{S2}}{A_2} \right)^2$$

La valeur par défaut de $\zeta_{OUTFLOW}$ est de 1.

Perte linéaire par frottement : La perte de charge linéaire est évaluée à partir de la formule de Manning :

$$\zeta_f = \frac{2gLn^2}{R^{4/3}}$$

La valeur par défaut de n est de 0.013.

Courbure et autres pertes de charge : Ce coefficient ζ_b tient compte d'éventuelles courbures de l'ouvrage et peut également représenter des pertes de charges supplémentaires, dues par exemple à la présence d'embâcles ou un ouvrage endommagé. Sa valeur par défaut est de 0.

Perte de charge totale

La perte de charge totale dans l'orifice se calcule alors de la façon suivante :

$$\Delta H = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{\zeta_1}{A_{S1}^2} + \frac{\zeta_f + \zeta_b}{A_{Sa}^2} + \frac{\zeta_2}{A_{S2}^2} \right)$$

3.5.2.2 Biefs

Le modèle est constitué de 4 biefs d'écoulement et de 24 *link channel* soit un total de **28** branches.

Link channel est un terme spécifique à Mike, il s'agit d'un lien de type loi de seuil pour définir la surverse entre deux profils en travers sur des biefs différents. Dans cette étude, les links channels sont utilisés pour connecter les profils en travers du bief de la rivière Saint-Nicolas aux biefs secondaires (bras déversoir de l'étang, la Neuve Rivière et le Canal du Moulin).

3.5.2.3 Profils en travers

Pour la bonne représentativité du modèle, l'inter-distance entre les profils en travers doit être comprise entre 10 m et 250 m. Les données topographiques et bathymétriques ont été extraites des 21 sections en lit mineur et lit majeur levés en 2019 pour le PPRI de la Bourbeuse (Figure 16). Pour les zones où la donnée n'était pas suffisamment affinée (distance supérieure à 250m entre les levés), les profils en travers ont été interpolés.

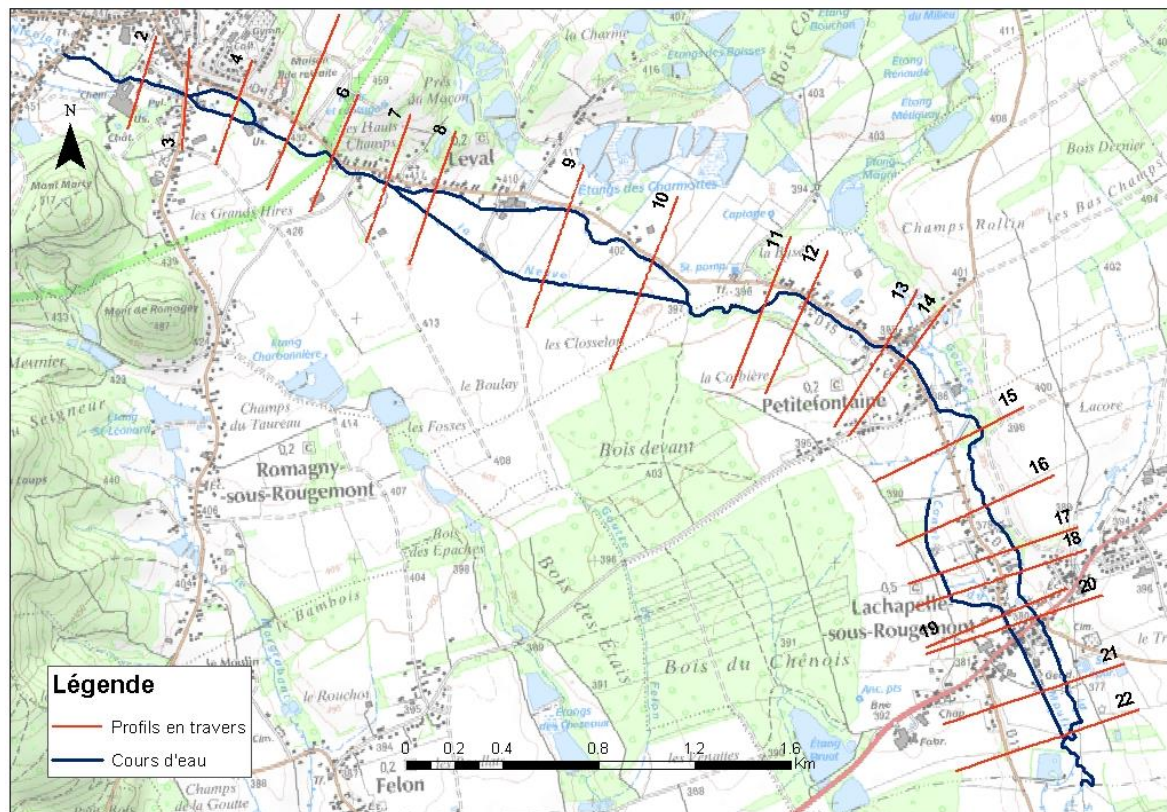


Figure 16 : Localisation des profils en travers

Ces profils en travers sont moins précis que des relevés topographiques, ainsi ils peuvent induire des erreurs. C'est notamment le cas pour les bras annexes et notamment la Neuve Rivière. Les interprétations des résultats devront être considérées comme des ordres de grandeur.

3.5.2.4 Ouvrages hydrauliques

Les différents ouvrages présents dans le modèle 1D sont représentés selon 2 types :

- Les « **culverts** », ou buses, sont utilisés pour représenter les passages voûtés des ponts ainsi que les simples buses. Ils sont au nombre de **11**.
- Les « **weirs** », ou seuils, permettent de décrire les surverses par-dessus les tabliers des ponts ou par-dessus certaines infrastructures linéaires, ou alors de simples seuils. Ils sont au nombre de **24**.

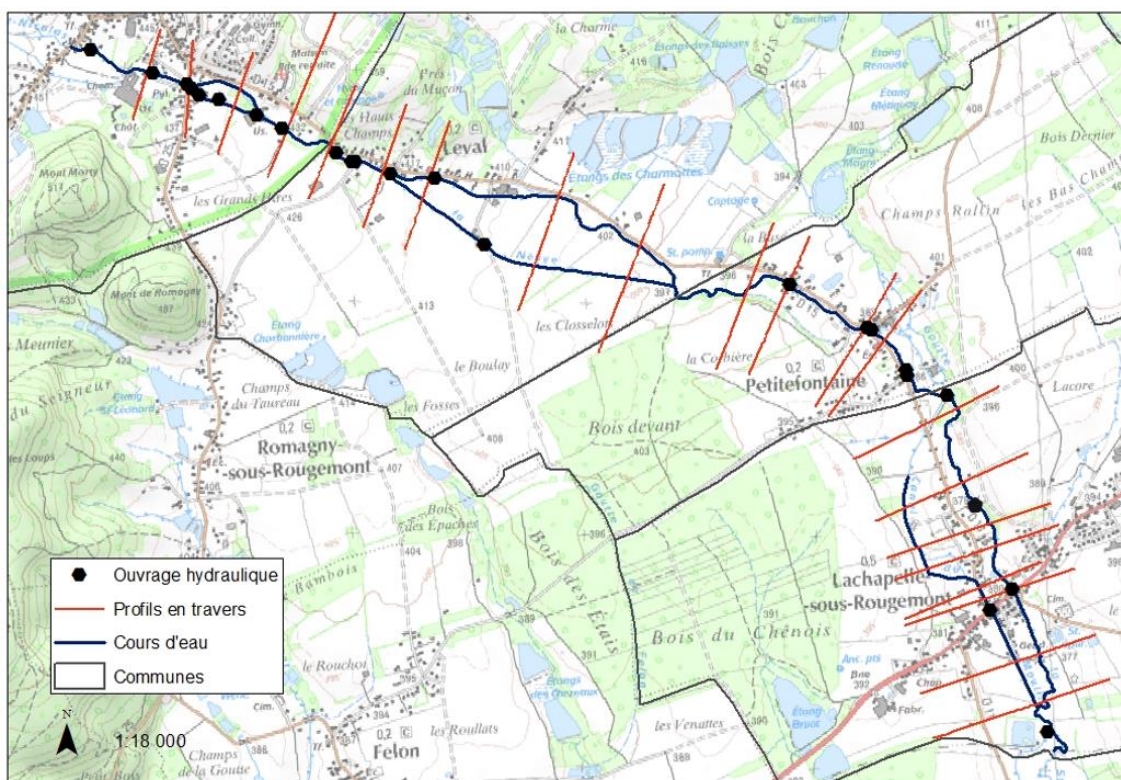


Figure 17 : Localisation des ouvrages

3.5.2.5 Conditions aux limites

Les conditions aux limites en amont sont définies par un débit constant (régime permanent) pour les simulations de l'étiage, du module et du double du module et par un hydrogramme pour les crues (régime transitoire). Les données de débit ont été récupérées directement de la station de la Banque Hydro à Rougemont-le-Château.

Tableau 5 : Condition au limite amont selon le scenario

Scenario	Débit (m³/s)	Type de régime
Etiage	0.01	Permanent
Module	0.31	Permanent
2*Module	0.62	Permanent
Biennal	5.3	Transitoire
Cinquantennale	13	Transitoire

Pour la construction des hydrogrammes de la Q2 et de la Q50, un hydrogramme type a été ajusté selon le débit de pointe caractéristique de chaque période de retour, les temps de montée et de descente observés sur des événements passés similaires extraits des données QTVAR de la même station de Rougemont-le-Château (1974-2020). L'hydrogramme résultant correspondant à chaque scenario est présenté sur la Figure 18.

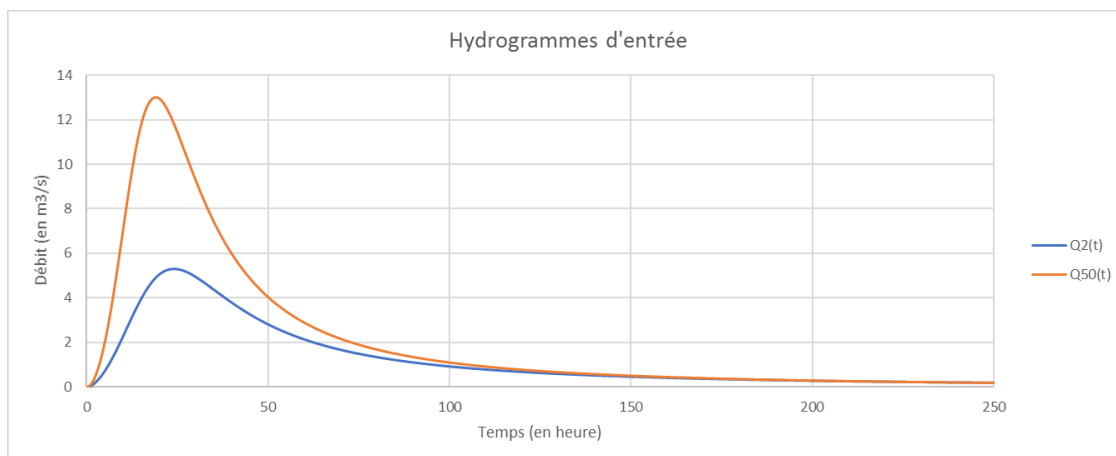


Figure 18 : Hydrogramme d'injection de débit en amont du modèle pour un orage biennal

À l'aval, la condition à la limite est une cote d'eau fixe pour chacun des scénarios en régime permanent (cf. Tableau 6), et une loi Cote/Débit pour les crues (cf. Figure 19). La reconstitution de la loi Z/Q est basée sur les données de cote d'eau du PPRI de La Bourbeuse pour la crue de 1990 au niveau de la section PT_1_19.4559 du PPRI (localisé à la fin de l'emprise du modèle pour la présente étude).

Tableau 6 : Condition aval des scénarios de basses eaux

Scenario	Hauteur d'eau aval (m)
Etiage	0.13
Module	0.16
Double-module	0.25



Figure 19 : Loi cote/débit utilisée comme condition aval des crues ; le point orange représente la cote d'eau maximale de la crue de 1990 selon le du PPRI de La Bourbeuse

3.5.2.6 Injections de débit

Par ailleurs, le débit correspondant aux 4 affluents de la Saint-Nicolas dans l'emprise du modèle ainsi que le rejet de la STEP de Lachapelle-sous-Rougemont et le débit correspondant à l'amont du Canal du Moulin (Figure 20) sont injectés grâce à des injections ponctuelles.

Le débit à injecter pour chacun des points est estimé grâce à la formule de Myer, à l'exception du rejet de la STEP qui a un débit fixe égal à 1014 m³/jour d'après le *Portail d'information sur l'assainissement communal*.

La formule de Myer utilise un processus d'analogie avec un bassin versant contigu qui permet ensuite de déterminer la proportion de débit à injecter sur un bassin versant de surface connue selon la formule suivante :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^a$$

Q fait référence au débit, S à la surface du bassin versant et a est le coefficient de Myer, généralement compris entre 0,5 et 1, en fonction de la géologie, du climat, etc., classiquement fixé à 0.8.

Pour finir, pour représenter les ruissellements pouvant avoir lieu sur les bassins versants latéraux, une injection diffuse de débit est appliquée tout le long de la rivière Saint-Nicolas et du Canal du Moulin.

Ces injections peuvent être surestimées car elles ne prennent pas en compte les effets des étangs (notamment sur la Saint-Nicolas). Dès que les étangs surversent, le modèle représente ce qu'il se produit dans la réalité.

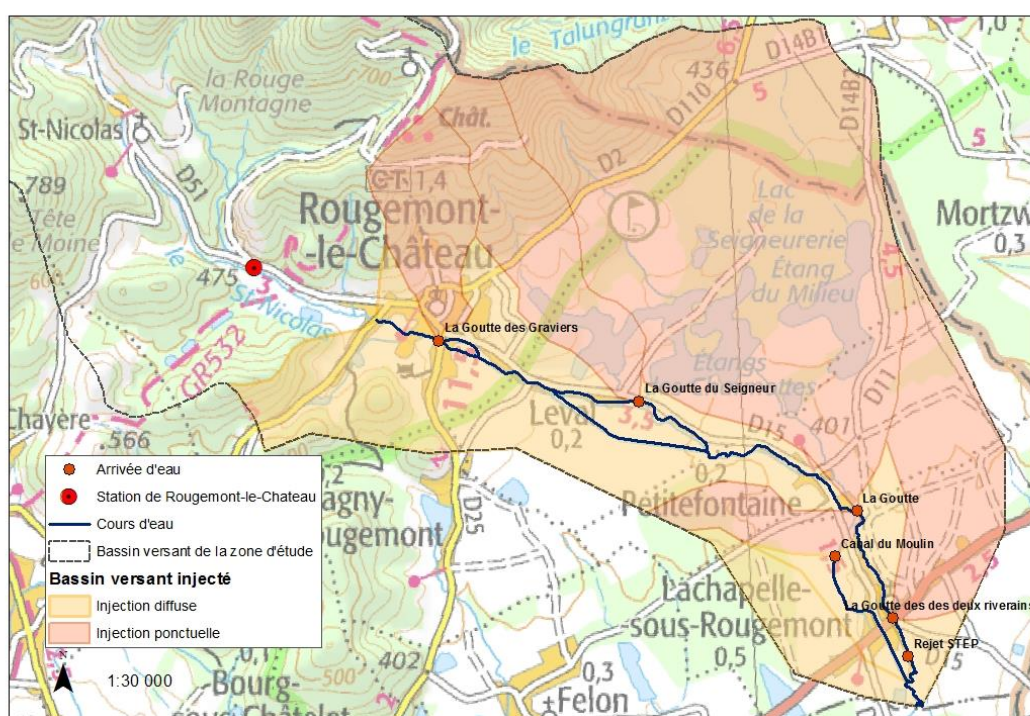


Figure 20 : Localisation des injections dans le modèle

3.5.3 Calage du modèle

Le calage du modèle a pour objectif de s'assurer de la fiabilité du modèle en reproduisant convenablement les niveaux d'eau atteints lors d'épisode connus. Pour cette étude, la crue historique de Février 1990 (Figure 21) a été considérée pour le calage grâce aux laisses de crues disponibles sur le territoire.

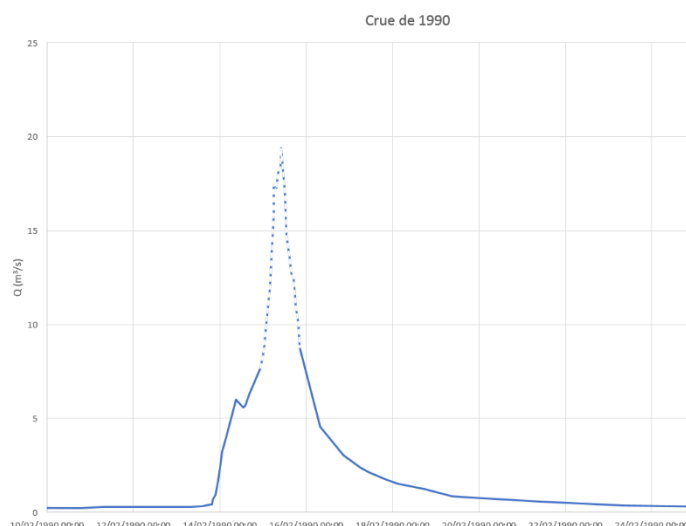


Figure 21 : Hydrogramme de la crue de février de 1990 à la station de Rougemont-le-château, la ligne discontinue correspond à des données reconstituées (Source : Banque Hydro)

Les paramètres de calage sont les suivants :

- 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 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 ...).

Avant la présentation des résultats de calage, il est important de rappeler qu'un modèle hydraulique 1D est lié à un nombre d'incertitudes au titre des hypothèses des équations utilisées, et des possibles sources d'erreur dans les données d'entrée (données hydrologiques, topographiques, etc.). Ainsi, une différence de ± 30 cm par rapport aux données observées est considérée acceptable pour ce type de modèle.

Les cotes obtenues par la modélisation de la crue sont comparées aux cotes relevées au droit des laisses de crue. La carte de localisation des laisses de crue présentes sur l'emprise du modèle est présentée en Figure 22.

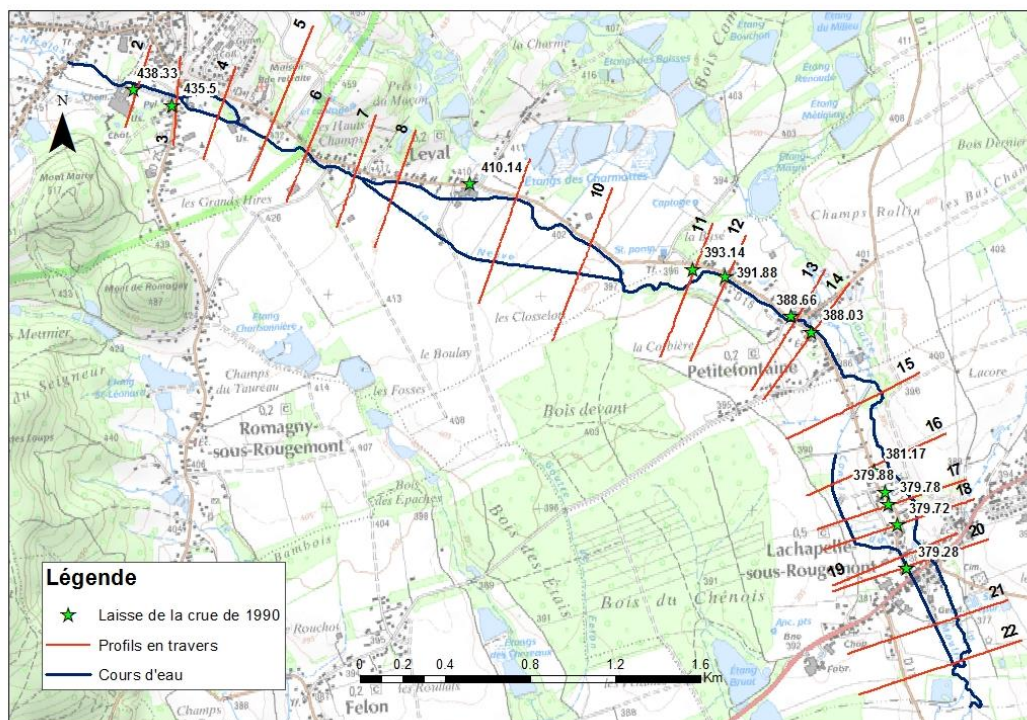


Figure 22 : Localisation des laisses de la crue de 1990 dans la zone d'étude

Le Tableau 7 résume les différences entre la cote des laisses de crue et la cote résultante de la simulation, triées d'amont en aval. Les différences observées entre les cotes historiquement atteintes et la simulation réalisée pour la présente étude sont comprises entre -29 et +27 cm, à l'exception de 2 points :

- PK 2091 : les trois arrivées d'eau négligées dans le modèle (affichées en rouge dans la Figure 23), à cause du manque de données de débit, pourraient justifier une cote plus basse au droit de la laisse de crue. D'amont en aval, ces arrivées correspondent à un bras détourné, une source et un rejet inconnu.
- PK 4135 : le tracé du profil en travers au droit de la laisse de crue contraste avec des photos au même point prises lors des visites de terrain pour cette étude. On observe une surestimation de la taille du lit mineur (de 25 m de largeur sur les données topographiques à 3-4 m sur les photos (Figure 24)). Cette donnée a été corrigée avec une estimation de la géométrie du lit mineur, cependant des données plus exactes de la topographie pourraient aider à réduire cette différence entre cotes.

Branche	Cote (m NGF)				
	PK	Observée	Simulée	Différence (Simulée-observée)	Fiabilité de laisse de crue
Saint-Nicolas	374	438.33	438.035	-0.29	bonne
Saint-Nicolas	564	435.50	435.50	0	moyenne
Saint-Nicolas	2091	410.14	409.447	-0.84	moyenne
Saint-Nicolas	3427	393.14	392.866	-0.27	bonne
Saint-Nicolas	3636	391.88	391.88	0	bonne
Saint-Nicolas	4024	388.66	388.93	0.27	bonne
Saint-Nicolas	4135	388.03	387.764	-0.33	moyenne
Saint-Nicolas	4983	381.17	381.332	0.16	bonne
Saint-Nicolas	5130	379.88	380.183	0.17	bonne
Saint-Nicolas	5199	379.78	379.814	0.03	bonne
Saint-Nicolas	5305	379.72	379.644	-0.08	bonne
Canal Moulin	740	379.28	379.242	-0.04	bonne

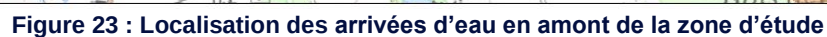




Figure 24 : La Saint-Nicolas 100 mètres en amont de la laisse de crue au PK 4135

3.5.4 Résultats

3.5.4.1 Profils en long

Les profils en long des lignes d'eau de la rivière Saint-Nicolas, de son bras déversoir à l'étang, de la Neuve Rivière et du Canal du Moulin sont présentés ci-dessous. La localisation des ouvrages sur une carte est réalisée sur la Figure 69 page 85 (§3.6.3.2 Localisation des ouvrages).

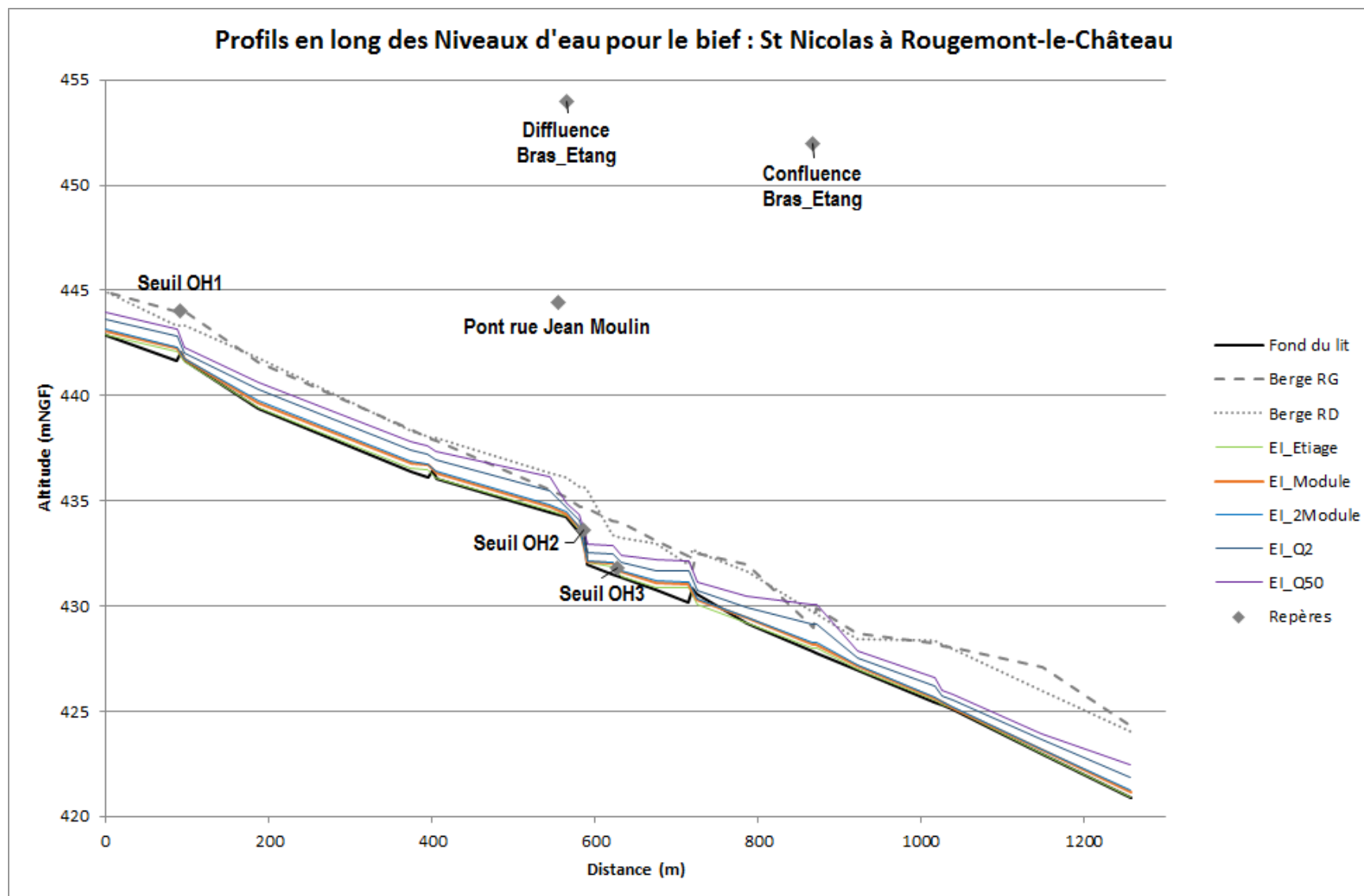


Figure 25 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Rougemont-le-Château

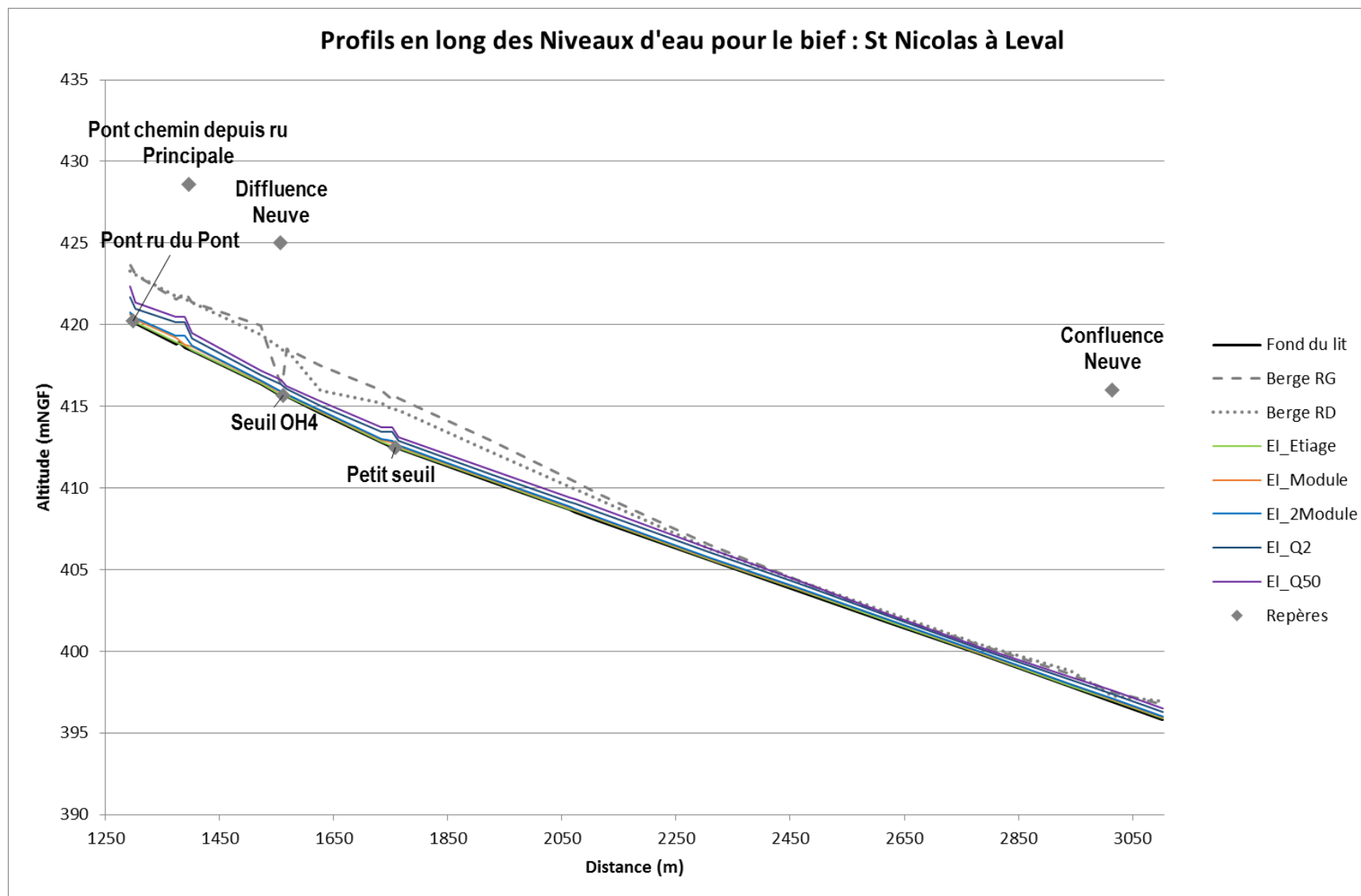


Figure 26 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Leval

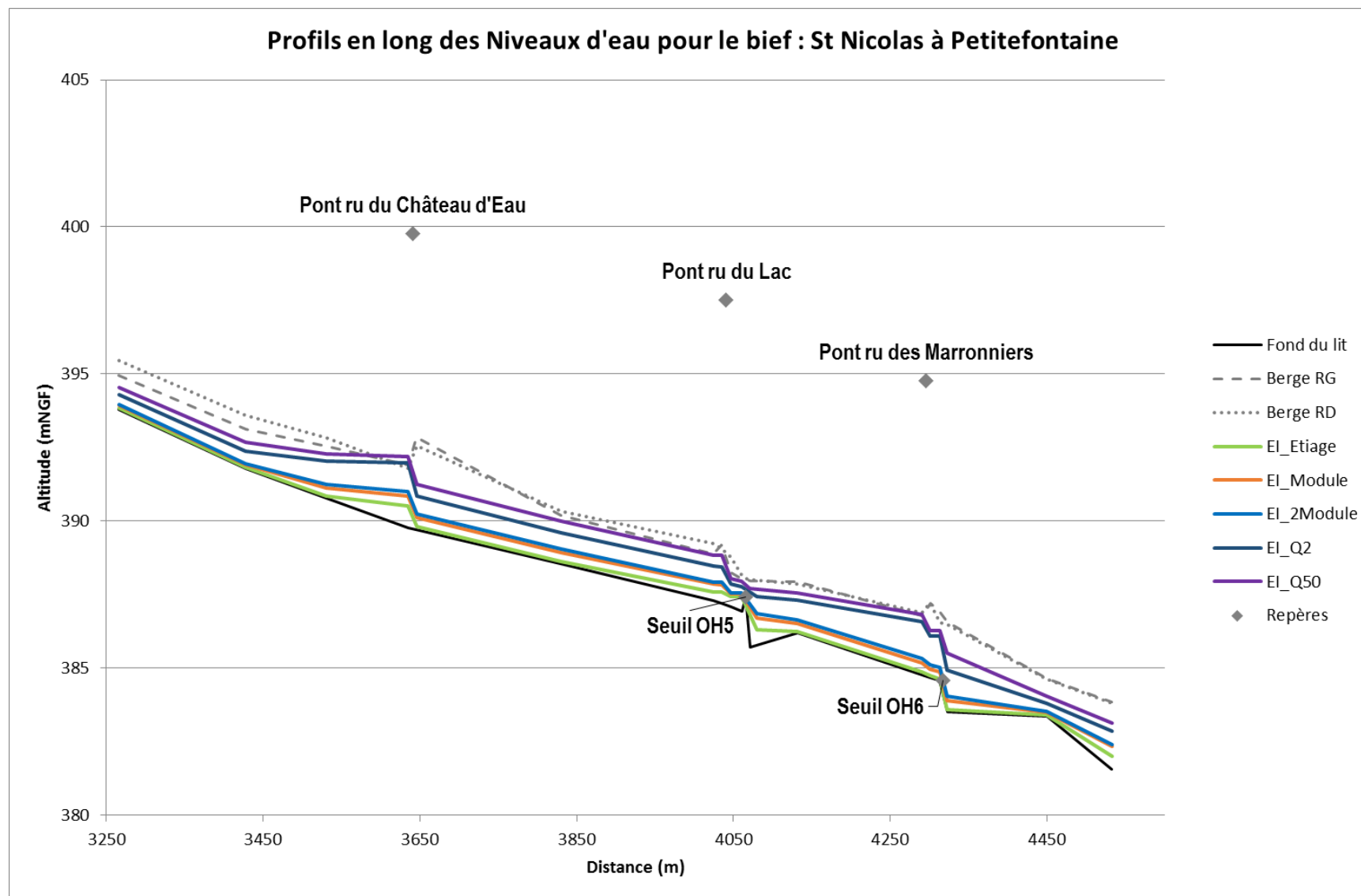


Figure 27 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Petitefontaine

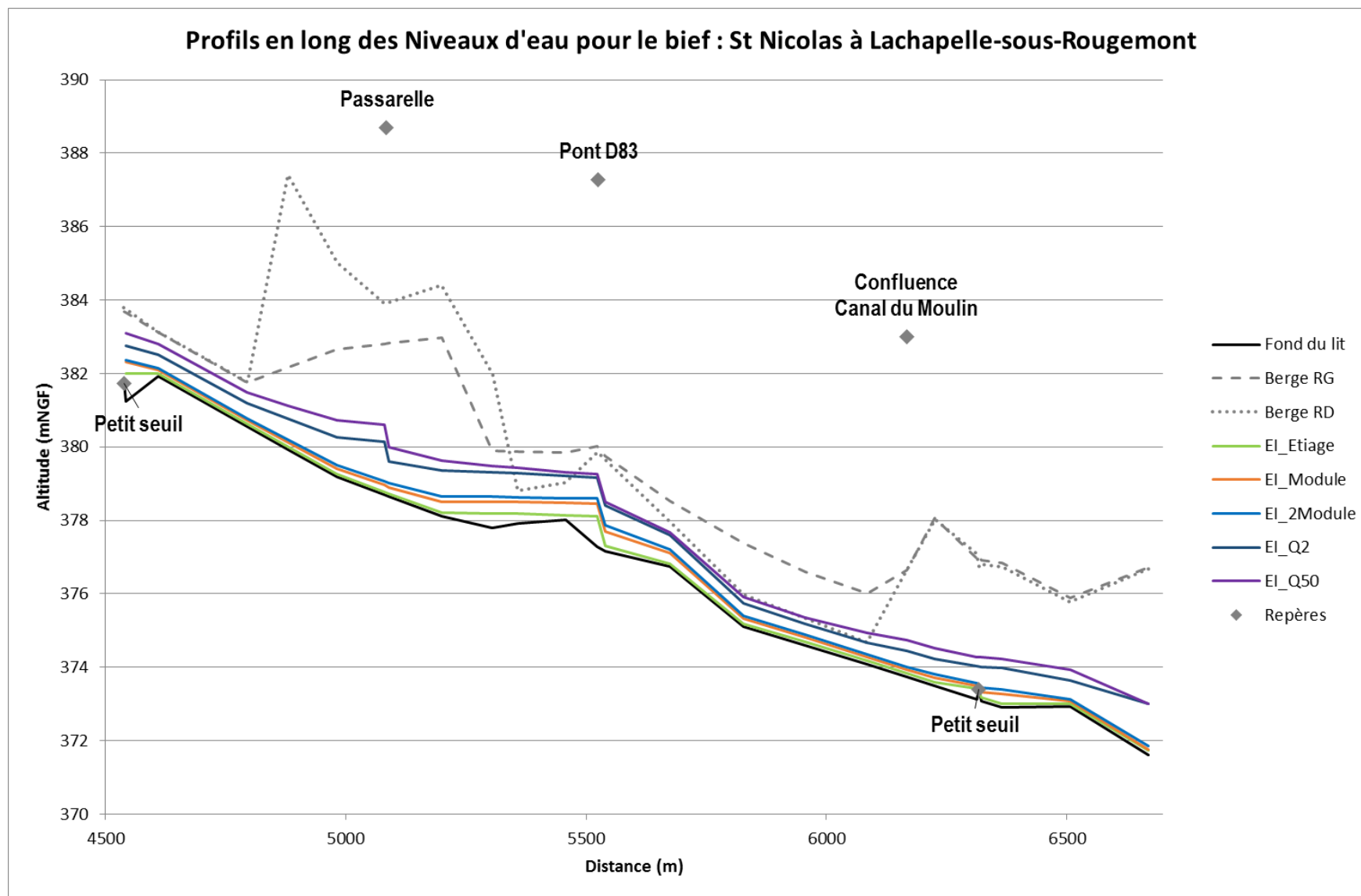


Figure 28 : Profil en long de la ligne d'eau de la rivière Saint-Nicolas à Lachapelle-sous-Rougemont

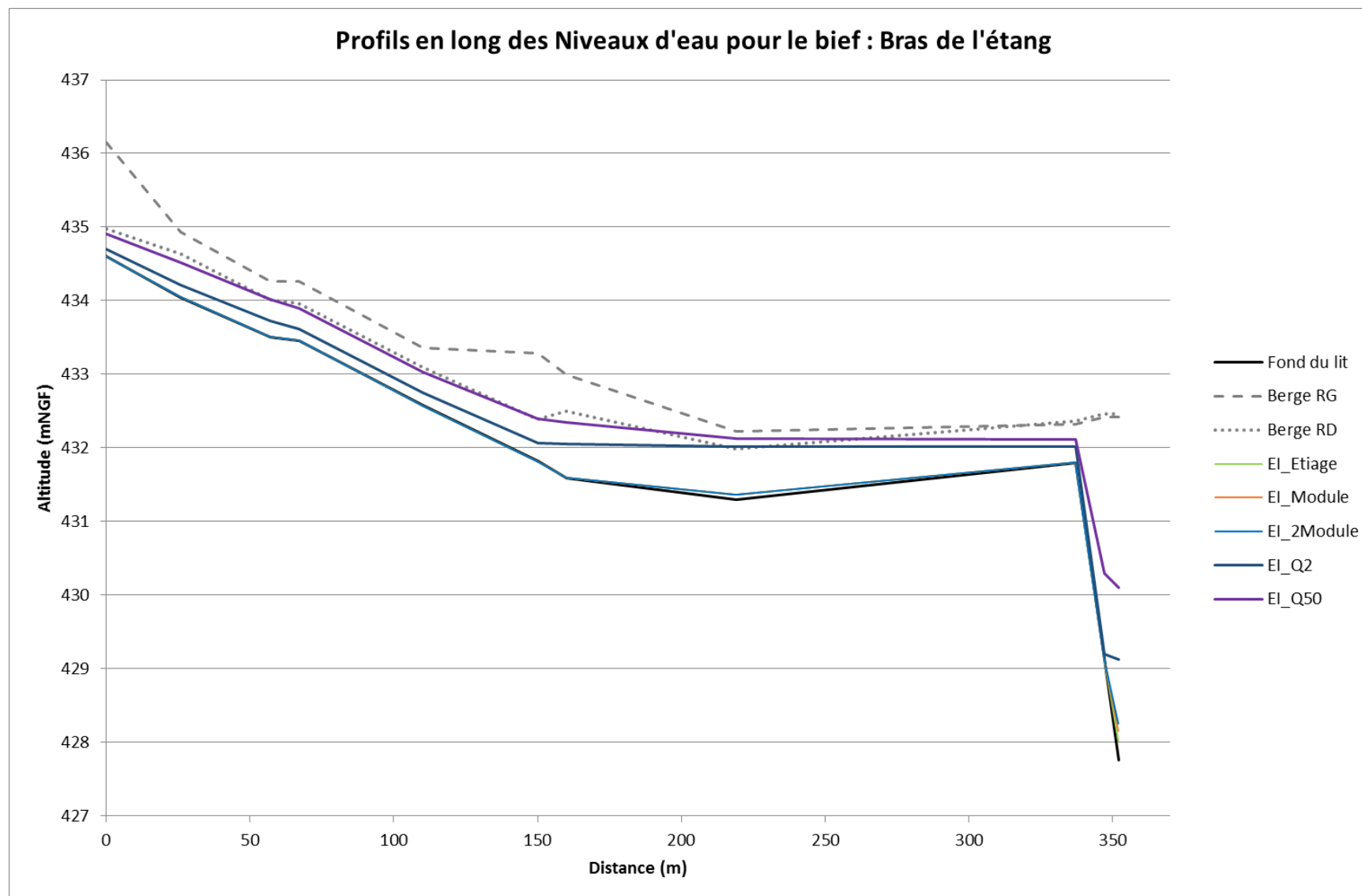


Figure 29 : Profil en long de la ligne d'eau du bras déversoir de l'étang

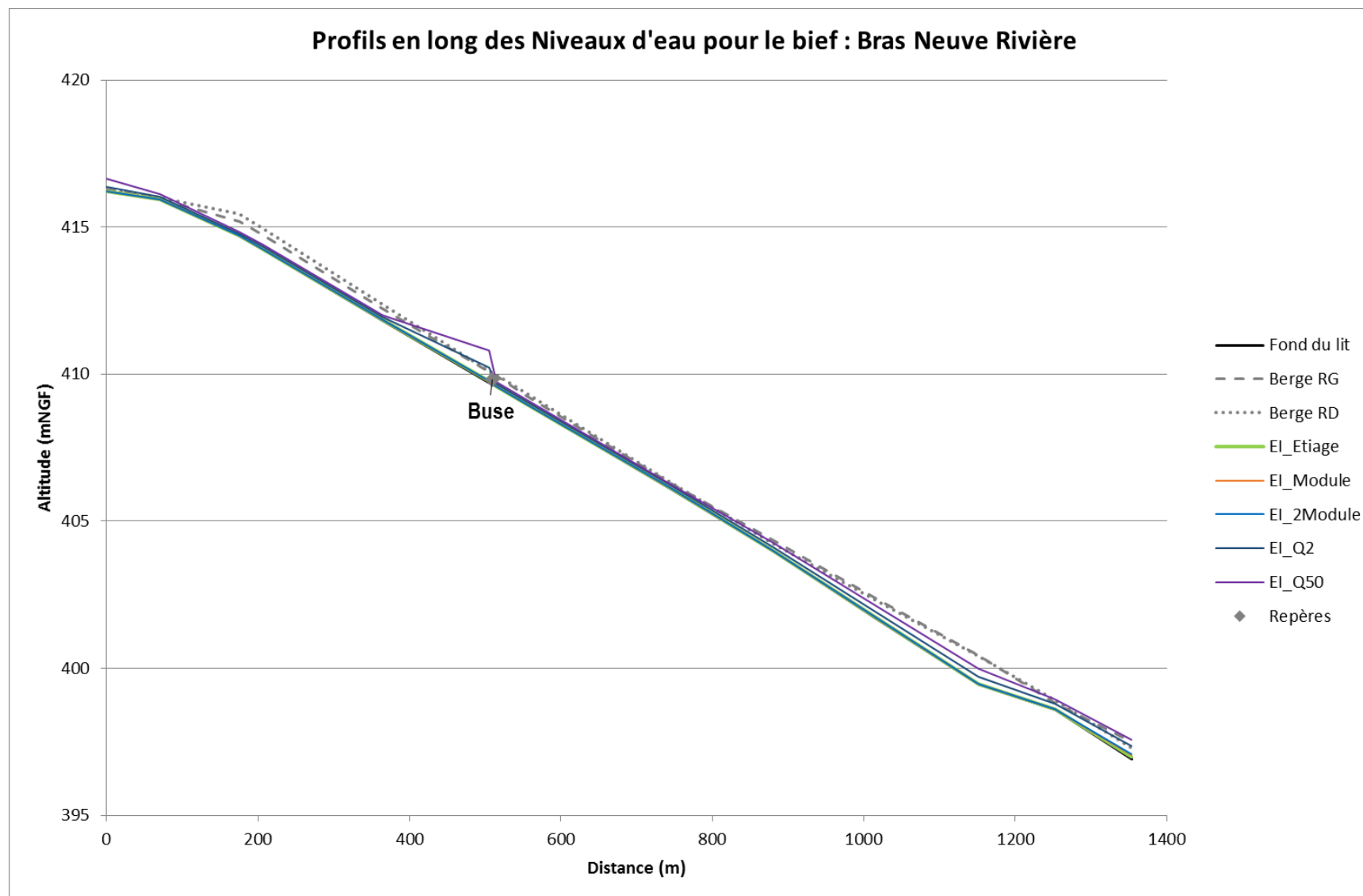


Figure 30 : Profil en long de la ligne d'eau de la Neuve Rivière

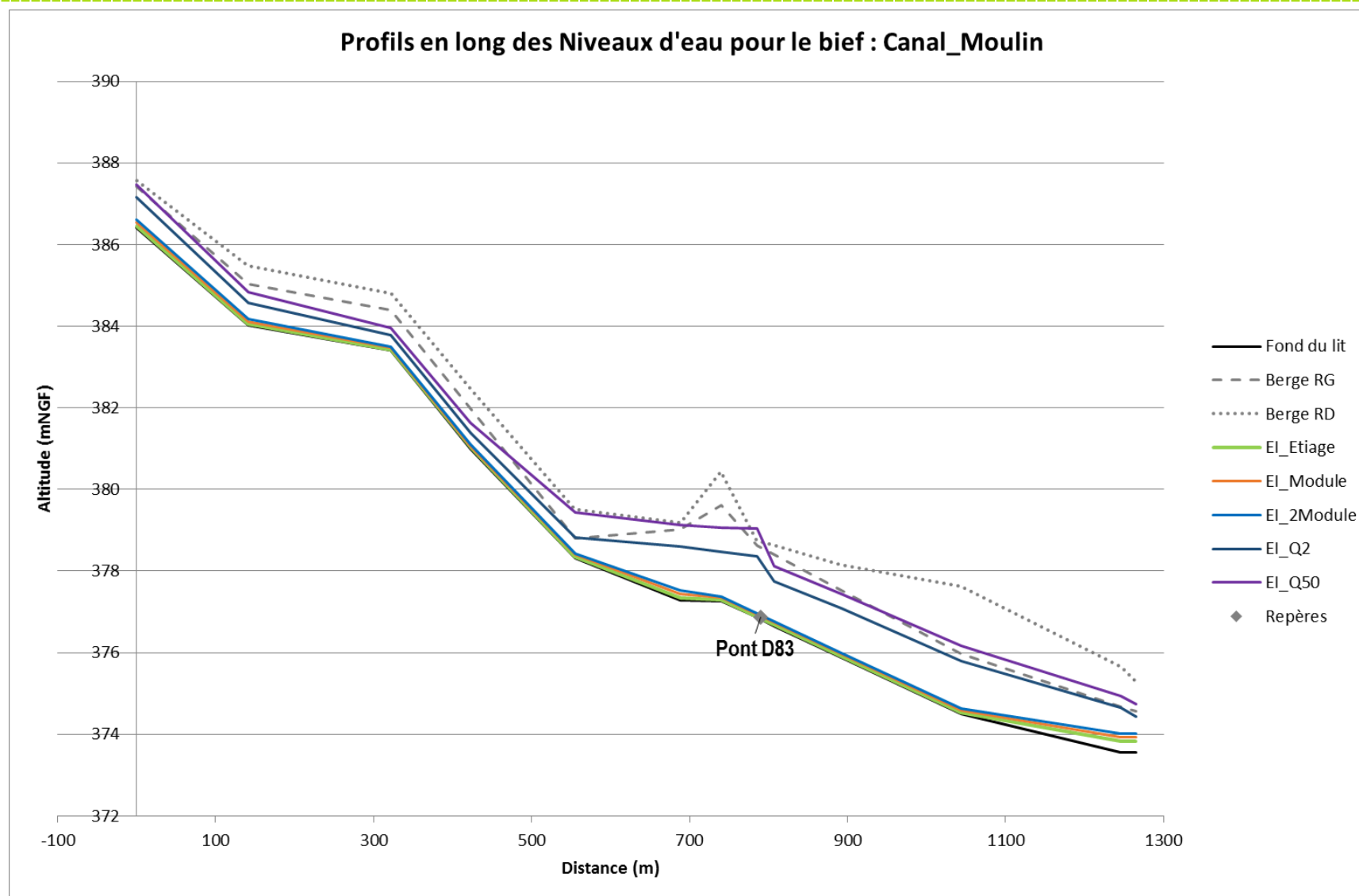


Figure 31 : Profil en long de la ligne d'eau du Canal du Moulin

3.5.4.2 Étiage

L'étiage de la rivière Saint-Nicolas au niveau de la station de Rougemont-le-Chateau est caractérisé par un débit de $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$. Les résultats de la simulation présentent des hauteurs d'eau inférieures à 10 cm sur la majorité du linéaire du cours d'eau et inférieures à 5 cm notamment entre la confluence du bras de l'étang et la difffluence de la Neuve Rivière. De plus, dans ce régime, le bras de l'étang se trouve à sec et le bras de la Neuve Rivière montre des hauteurs inférieures à 1 cm sur la majorité de son linéaire.

A contrario, les hauteurs maximales obtenues se trouvent directement en amont de Lachapelle-sous-Rougemont avec des valeurs d'entre 10 et 20 cm.

Il est rappelé que les données de profils en travers n'étant pas précises, elles ne décrivent pas correctement le fond du lit mineur (elles ne décrivent pas notamment les variations de faciès (radier, moulles, ...)) et donc ces données sont juste des ordres de grandeur. C'est notamment le cas pour la Neuve Rivière, où, au cours du terrain de septembre 2020, les hauteurs d'eau étaient faibles, mais plutôt proche de 3 à 5 cm. Le Cotech nous a également indiqué que pour des étiages sévères, récurrents ces dernières années, la Saint-Nicolas est à sec sur Leval et Petitefontaine.

De plus, les débits injectés dans le modèle tout au long du linéaire sont surestimés car ils ne prennent pas en compte la présence des nombreux étangs.

Enfin, le modèle ne permet pas de prendre en compte les effets des échanges avec la nappe. En effet, à l'étiage, il peut arriver que la Saint-Nicolas alimente la nappe, ce qui réduit ses hauteurs d'eau.

Ainsi, on peut conclure que les hauteurs d'eau à l'étiage sont faibles et notamment souvent trop faibles pour la vie biologique de la rivière. Les trop faibles débits en basses eaux sont une problématique importante sur la Saint-Nicolas.

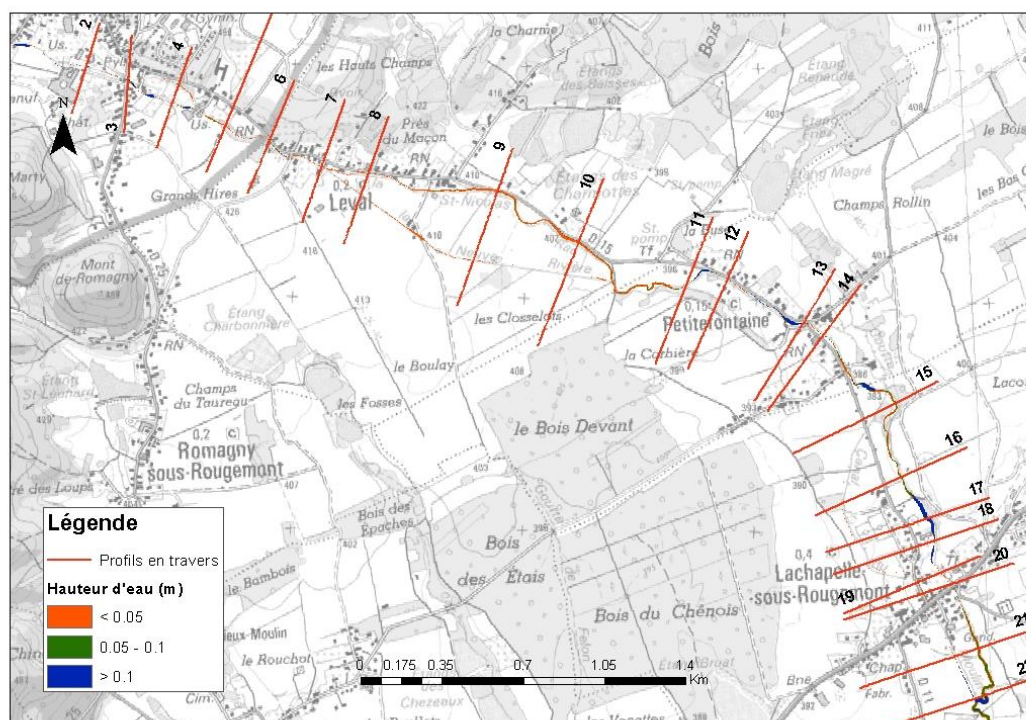


Figure 32 : Distribution de la hauteur d'eau en étiage

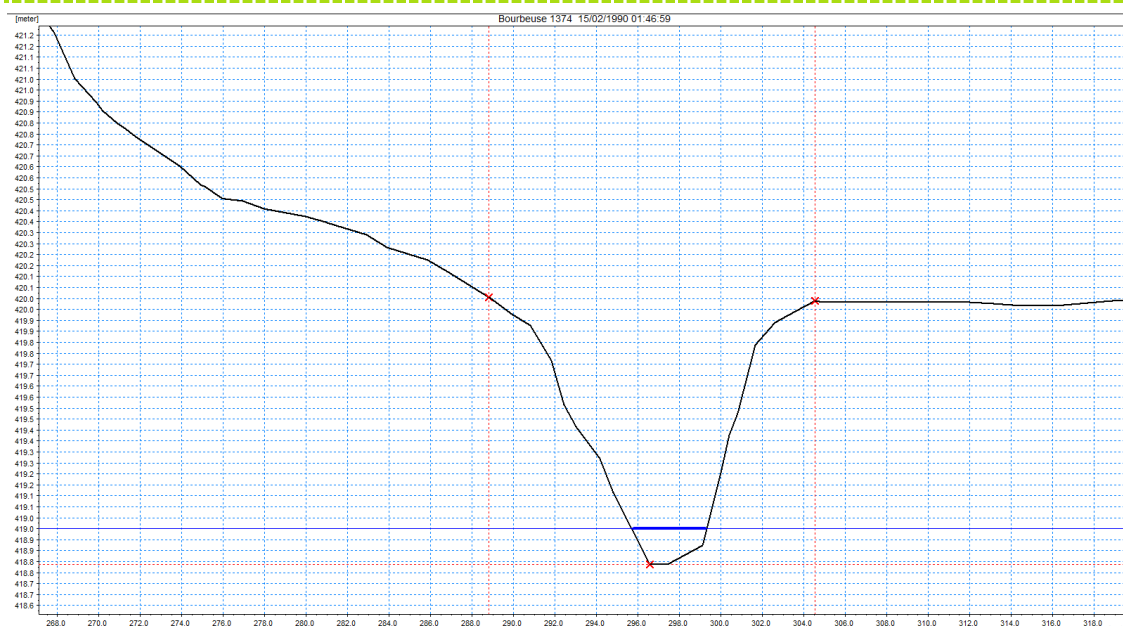


Figure 33 : Vue du profil en travers 7 de la Saint-Nicolas en débit d'étiage.

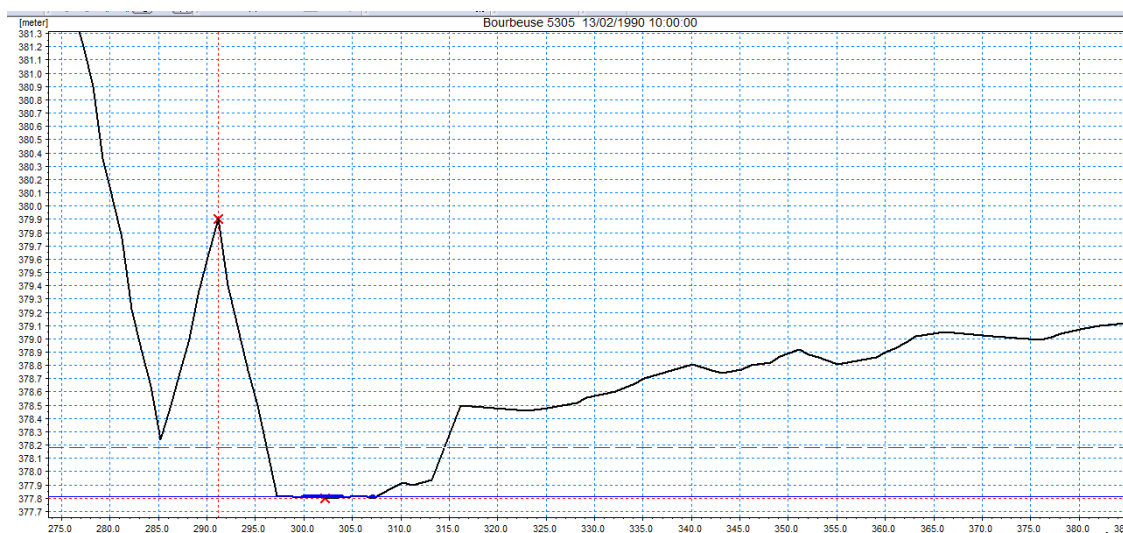


Figure 34 : Vue du profil en travers 18 de la Saint-Nicolas en débit d'étiage.

3.5.4.3 Module et double-module

Le module de la rivière Saint-Nicolas au niveau de la station de Rougemont-le-Chateau est caractérisé par un débit de 0.31 m³/s.

Une étude de la hauteur moyenne de la ligne d'eau par rapport à la berge montre que le remplissage est de 36% en rive gauche et droite de la rivière Saint-Nicolas et de 8% en rive gauche et 6% en rive droite de la Neuve Rivière. Ce pourcentage de remplissage pour un profil en travers donnée est défini par l'expression suivante :

$$\text{Remplissage de berge (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Cote berge} - \text{Cote d'eau}}{\text{Cote berge} - \text{Cote fond}} \right) \cdot 100$$

Des exemples de profils en travers sont présentés ci-dessous.

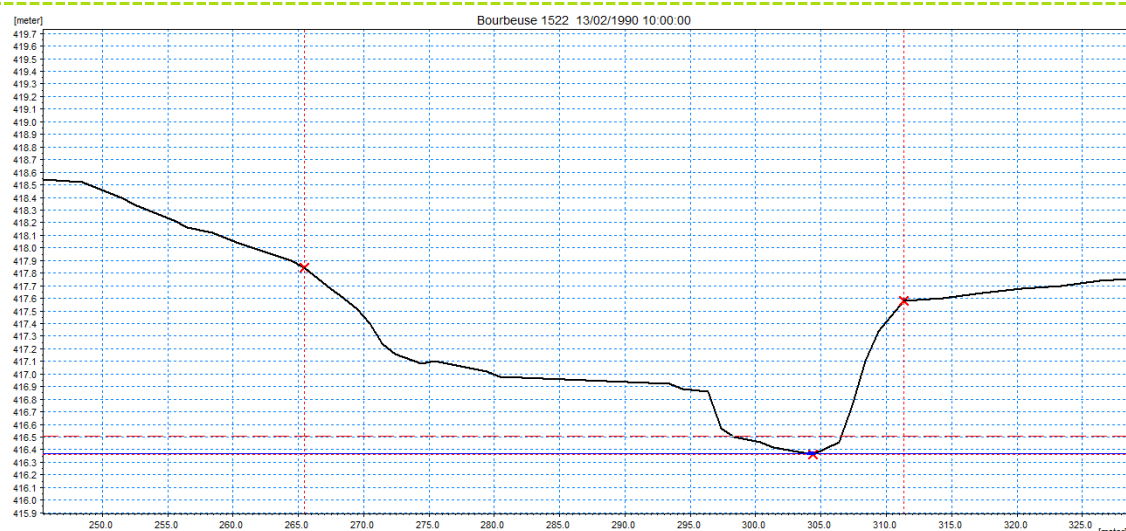


Figure 35 : Vue du profil en travers 7 de la rivière Saint-Nicolas en amont de la difffluence de la Neuve Rivière au module. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

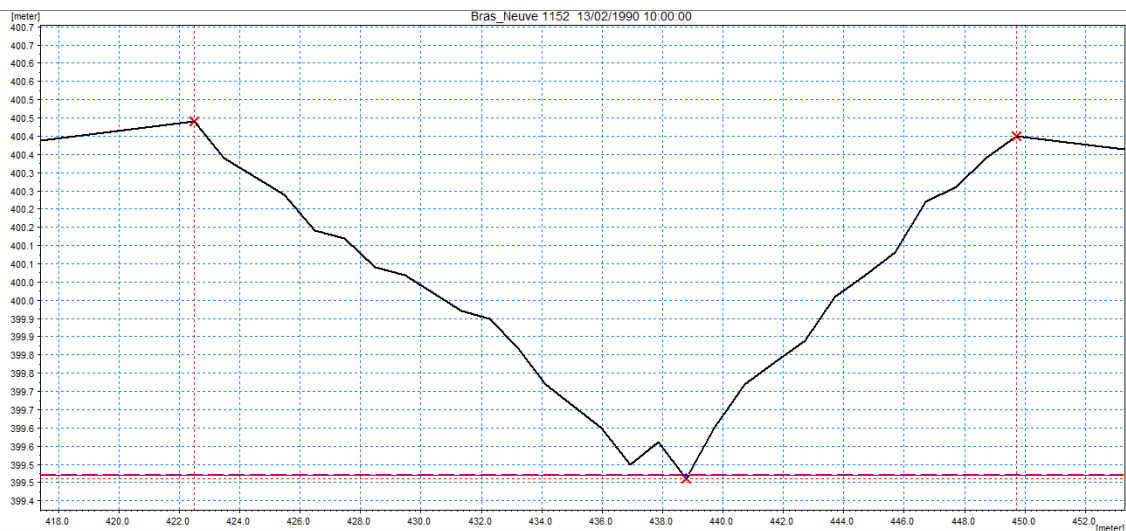


Figure 36 : Vue du profil en travers 10 au module. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

Pour le double du module, la Figure 37 affiche des débordements ponctuels de faible hauteur d'eau.

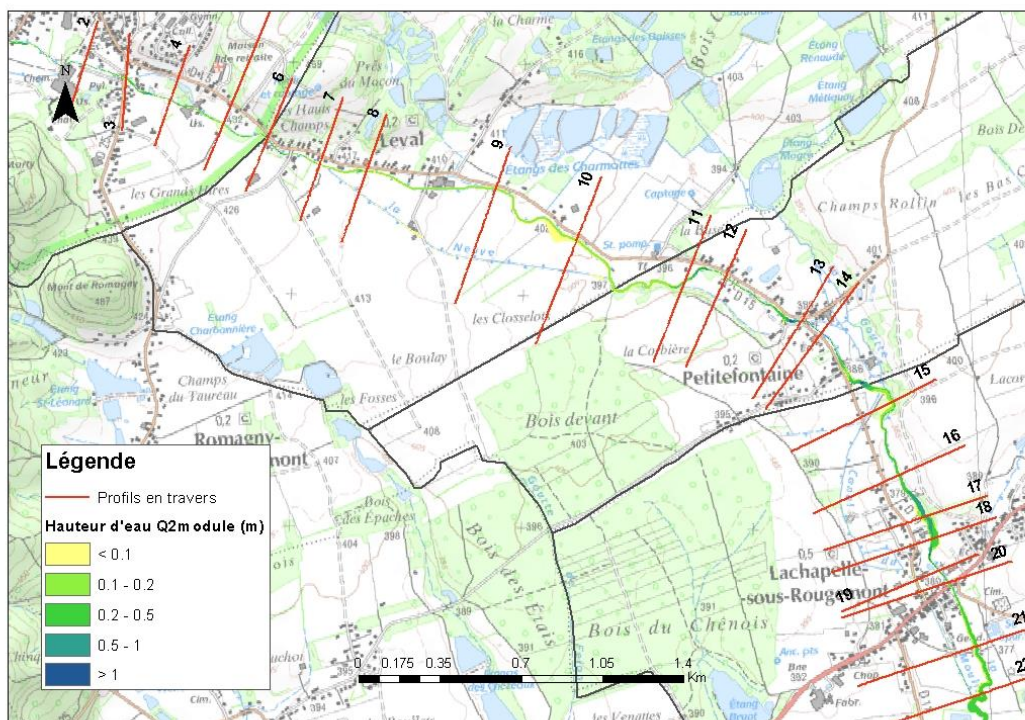


Figure 37: Extension du débit double module

3.5.4.4 La crue biennale

La crue biennale se caractérise par un débit de pointe de $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$ à l'entrée du modèle. Il génère des petits débordements sur la partie en amont, directement en aval du pont de la D25 de Rougemont-le-Château (Figure 38). Des débordements plus importants sont visibles en aval de Leval et dès Petitefontaine jusqu'à la fin de l'emprise du modèle. Les hauteurs d'eau maximales montent jusqu'à 2 m sur la rivière Saint-Nicolas et sont localisées le long de la commune de Petitefontaine, de l'amont de la D83 à Lachapelle-sous-Rougemont (Figure 39) et à la fin de l'emprise du modèle. Des débordements moins hauts mais plus étendus ont lieu aussi à l'aval de la confluence de La Goutte (Figure 40) et au niveau de la partie à l'aval immédiat du Canal du Moulin (en zone habitée).

Au vu de l'imprécision des données des profils en travers, il semble que l'impact de la présence des digues à Lachapelle-sous-Rougemont ne soit pas montré par le modèle.

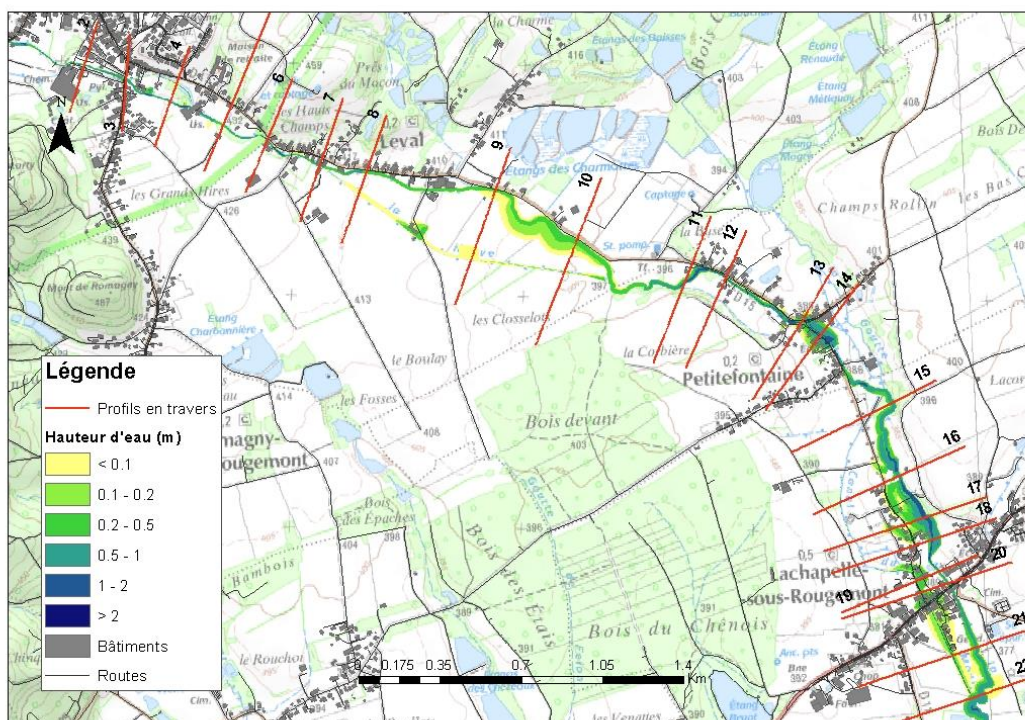


Figure 38: Extension de la crue biennale



Figure 39 : Vue du profil en travers 16 de la rivière Saint-Nicolas en crue biennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

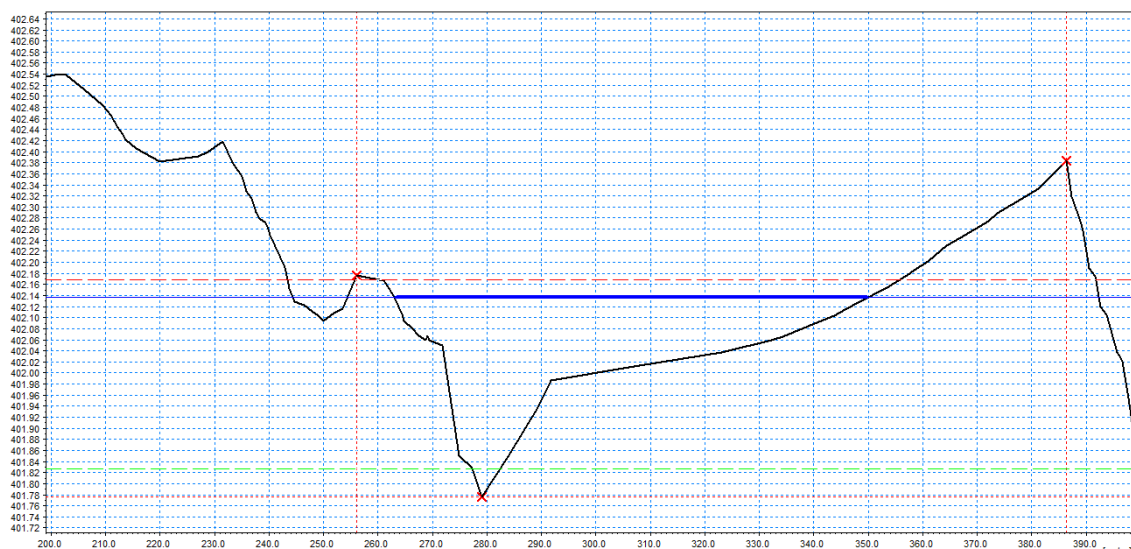


Figure 40 : Vue du profil en travers de la rivière Saint-Nicolas 10 en crue biennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

3.5.4.5 Crue cinquantennale

Caractérisée par un débit de pointe de $13 \text{ m}^3/\text{s}$, la crue cinquantennale génère une hauteur d'eau maximale de 2.3 m dans l'emprise du modèle. Le champ d'expansion de crue inclut presque tout le linéaire de la rivière Saint-Nicolas, une partie de la Neuve Rivière et l'aval du Canal du Moulin. Néanmoins, c'est à partir de la confluence de la Neuve Rivière jusqu'à la fin du modèle que se trouvent les débordements les plus étendus (jusqu'à environ 400 m à Petitefontaine et 200m plus en aval (Figure 44)).

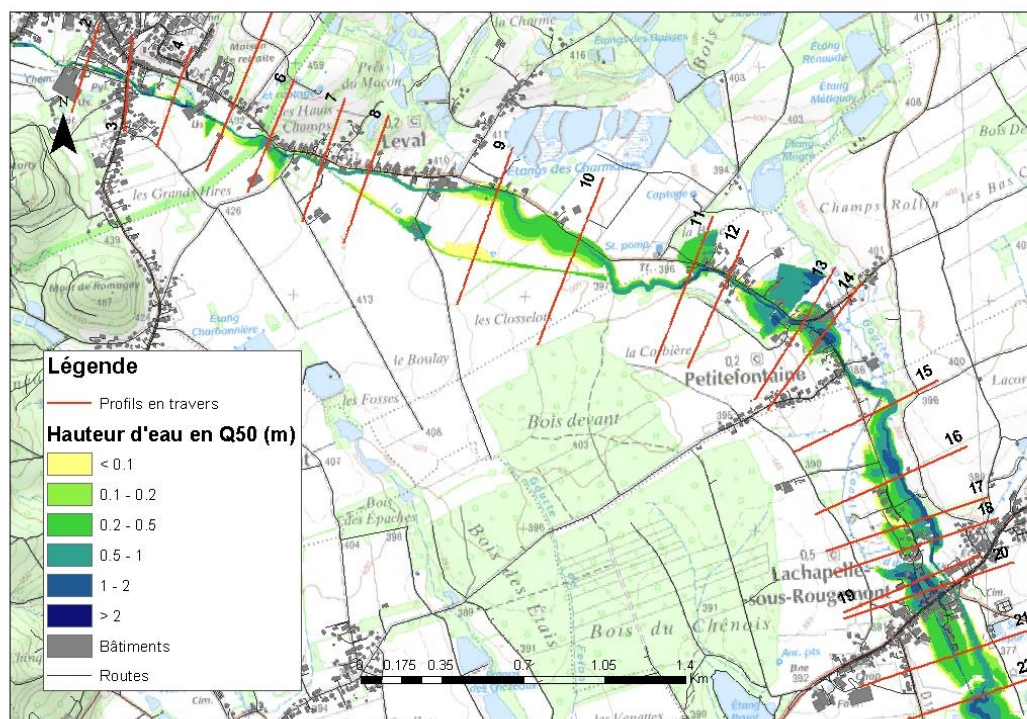


Figure 41 : Extension de la crue cinquantennale

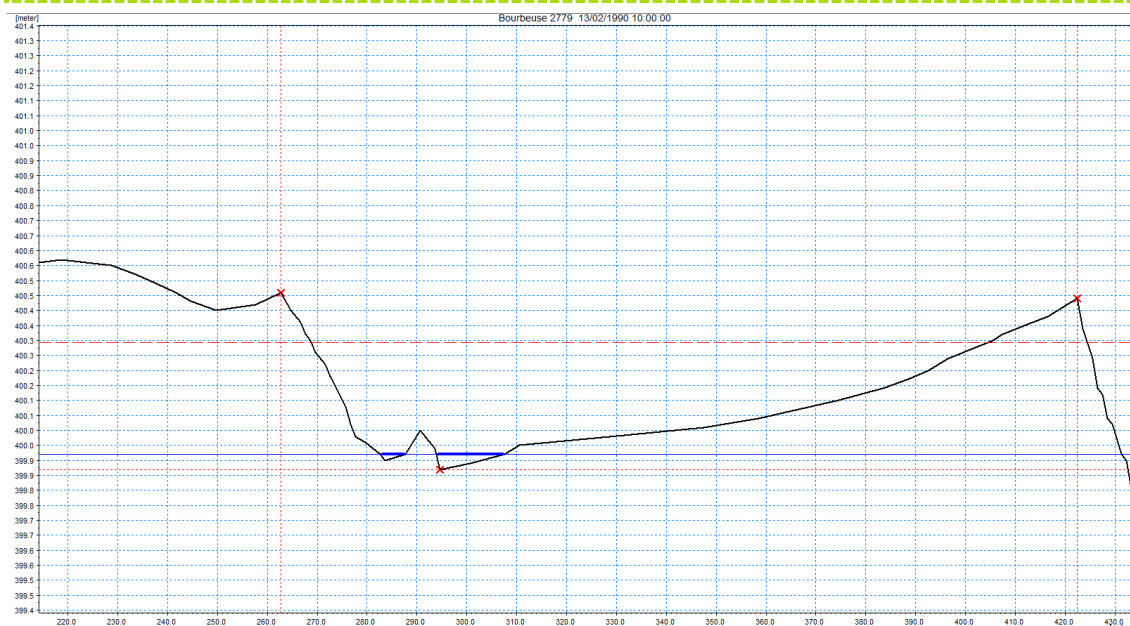


Figure 42 : Vue du profil en travers 10 de la Saint-Nicolas en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

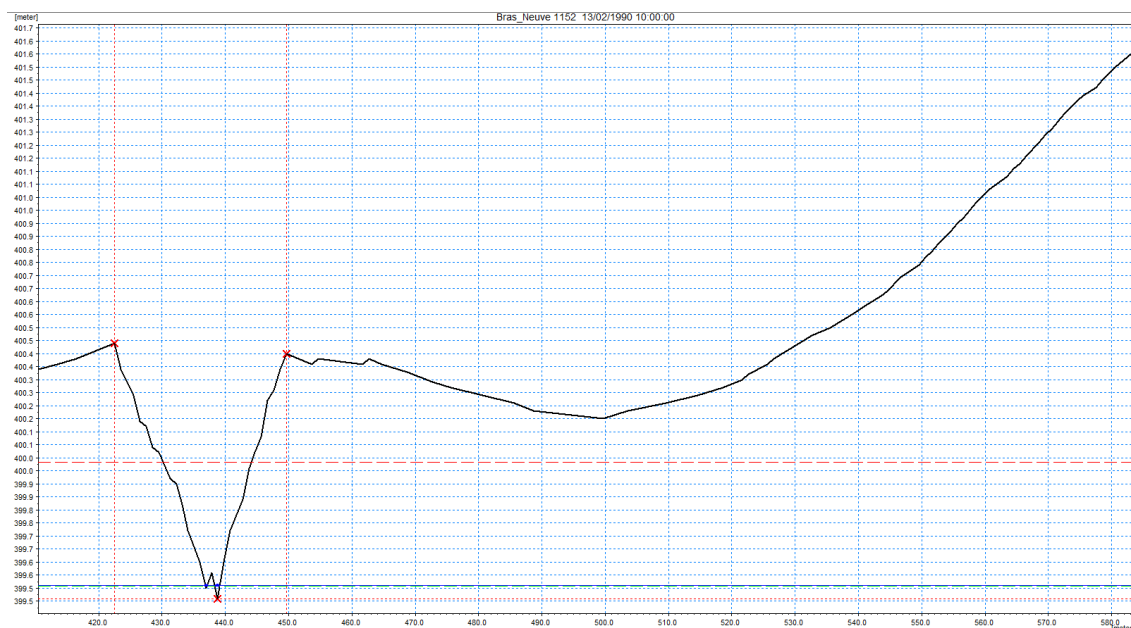


Figure 43 : Vue du profil en travers 10 de la Neuve Rivière en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

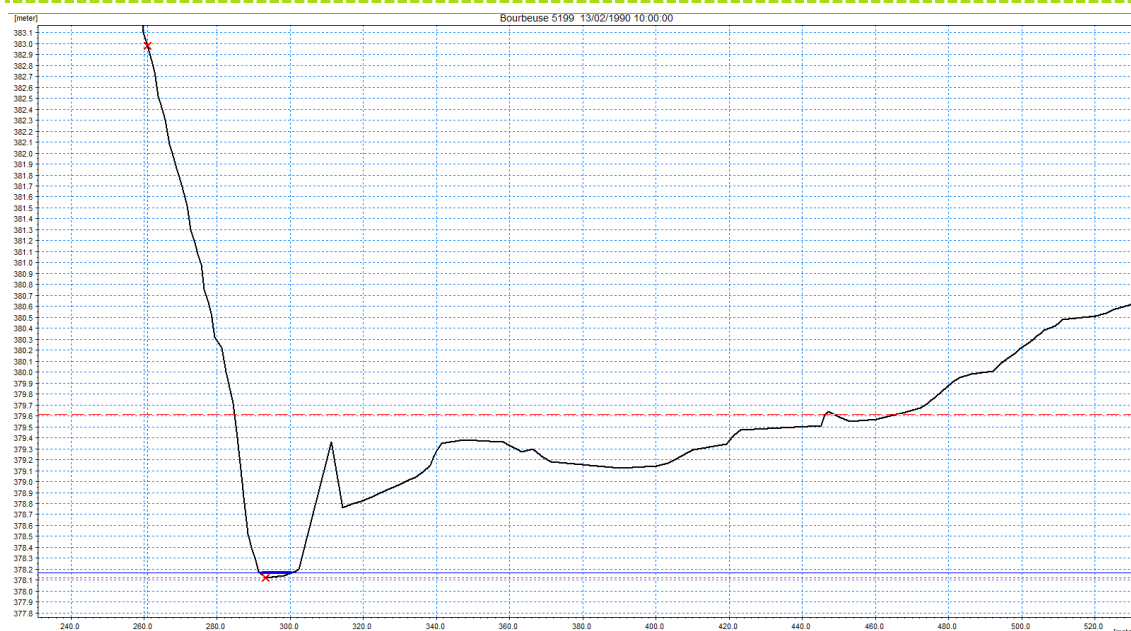


Figure 44 : Vue du profil en travers 17 de la Saint-Nicolas en crue cinquantennale. La ligne rouge marque la hauteur d'eau maximale

3.6 Analyse écologique

Pour réaliser un état des lieux et évaluer au mieux l'impact que pourraient avoir des aménagements sur la zone d'étude, nous avons étudié les données existantes, complétées et actualisées par des investigations de terrain portant sur :

- ☐ Les caractéristiques géométriques du lit,
- ☐ La caractérisation des tronçons (faciès d'écoulement, granulométrie du substrat, ...)
- ☐ L'état des berges et de la ripisylve,
- ☐ Les ouvrages présents sur le cours d'eau.
- ☐ Les espèces indésirables.

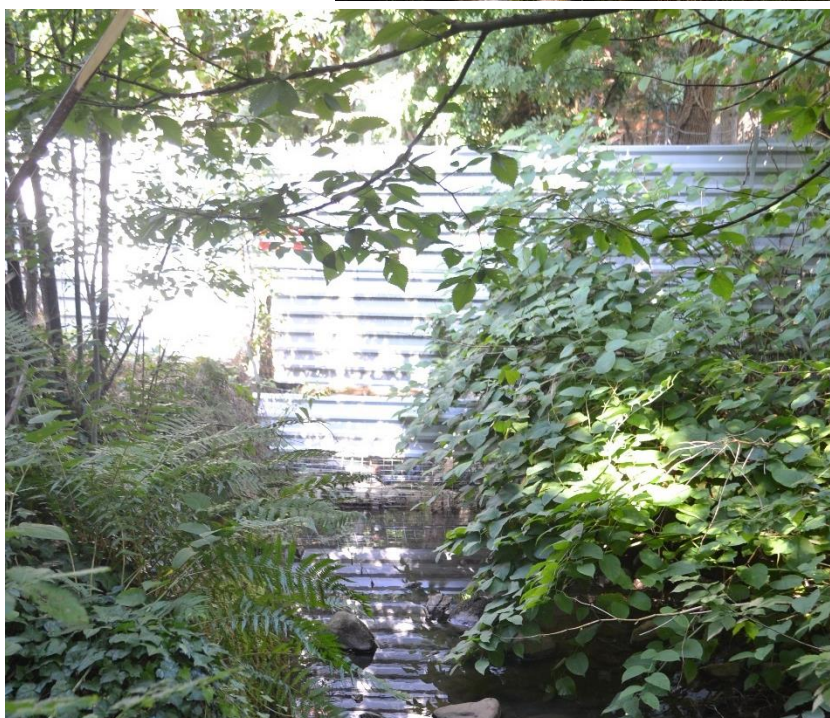
Ces investigations ont été menées les 2 et 3 septembre 2020, intégralement à pied par un agent de Suez Consulting et le chargé de mission GEMAPI de la CCVS. L'hydrologie lors des visites correspondait à une période de basses eaux.

Le linéaire annoncé par la CCVS était de 6,7 km, or nous avons investigué près de 8 km.

Sur la partie amont (90 m en aval de la rue d'Étueffont) une portion de cours d'eau d'environ 180 m n'est pas accessible (accès fermé par des tôles) du fait de la présence d'animaux sauvages : des cervidés. Nous n'avons pas réussi à contacter le propriétaire au moment de la visite pour accéder à sa parcelle.



amont du tronçon non accessible



à l'aval du tronçon

Figure 45 : Tronçon de la parcelle à cervidés

Nous avons pu observer à travers une fenêtre dans la tôle que le tronçon commence par un seuil (relevé en 1990 et 2012) et les berges sont artificialisées en rive gauche. Les berges naturelles semblent altérées (surement par le manque de ripisylve et le passage des cervidés).

Au cours de la réunion de démarrage, un élu de Rougemont-le-Château nous a indiqué que les barrières en tôles sont mobiles et ne gênent pas les crues.

3.6.1 Qualité de l'eau

L'état des masses d'eau du bassin Rhône-Méditerranée a été actualisé pour le SDAGE 2022-2027 en préparation. Dans cet état actualisé, l'état écologique de la Saint-Nicolas est médiocre. Les éléments déclassants sont : Invertébrés, Diatomées, Taux de saturation en O₂. Et l'état chimique est bon.

3.6.1.1 Études antérieures

L'étude Béture Sétame de 1990 décrit un état dégradé des eaux de Rougemont-le-Château à Lachapelle-sous-Rougemont, avec une classe de qualité 2. La qualité est meilleure en amont et en aval de ce tronçon puisque d'une classe de qualité de 1B.

À cette époque, il existait un rejet de STEP à Rougemont-le-Château entre la rue Jean Moulin et l'usine Thécla.

Des IBG ont été mesurés pendant cette étude. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Résultats des analyses IBG de 1990 (Source : étude Béture Sétame, 1990)

Station	Localisation	Note IBG
S1 (référence)	En amont de Rougemont-le-Château et du rejet de la carrière « Mailleraye »	16/20
S2	à Rougemont-le-Château, juste à l'aval de la 1 ^{ère} prise d'eau (et en aval du rejet de la carrière)	13/20
S3 (station suivie en 1984)	Extrême aval de la Saint-Nicolas parallèle à la Neuve Rivière à Leval	8/20
S4 (station suivie en 1984)	Aval du pont de la D11 entre Fontaine et Frais (environ 11 km en aval de S3)	11/20

Dans les études de 2013-2014, il était encore fait état de rejets diffus persistants liés à des installations d'assainissement non collectifs défaillants et des installations agricoles, justifiant l'état moyen entre Rougemont-le-Château et Foussemagne.

3.6.1.2 Suivi du Département du Territoire de Belfort et de l'Agence de l'eau

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) édictée par l'Union Européenne assigne aux états membres l'objectif d'obtenir une bonne qualité de l'eau dans les rivières et plans d'eau. Pour y répondre, le Département du Territoire de Belfort s'est engagé dès 2006 dans des actions en faveur de l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques. La programmation de ces actions s'appuie sur un réseau départemental de surveillance de la qualité des eaux de surface. Cet outil, conçu avec le soutien de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), permet de compléter les données issues des réseaux nationaux. Il se conforme aux règles imposées par la DCE en termes de localisation des stations de surveillance, de méthodologie des prélèvements, de fréquence et de paramètres à analyser.

La zone d'étude ne comprend pas de station de suivi mais est encadré par des stations :

- La station B28 en amont du hameau Saint-Nicolas
- La station B27 à Angeot.

La synthèse des résultats pour ces stations sont présentés ci-après. L'ensemble des résultats sont présentés en annexe.

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas



Tableau 9 : Synthèse des suivis du Département du Territoire de Belfort depuis 2006 (source : Évaluation de la Qualité des Eaux de Surface du Territoire de Belfort - Synthèse des données 2016-2018, 2019)

Etat Biologique St Nicolas amont/aval	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018
B26	-	TB	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	MO	-	TB	-	-	B	B	B	MO	B	MO	MO
B27	-	-	MO	-	-	-	MO	ME	-	-	MO	-	-	MO	MO	-	MO	ME	ME	ME	MO	MO	MO
Global	-	TB	MO	TB	ME	ME	ME	ME	ME	MA	ME	ME	ME	MO	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME

Etat physico- chimique St Nicolas amont/aval	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018
B26	TB	B	B	B	B	B	B	TB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B27	B	MO	B	ME	MO	MO	MO	B	MO	MO	ME	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
Global	B	MO	MO	ME	MO	MO	MO	B	MO	ME	ME	MO	MA	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	ME

Etat Ecologique St Nicolas amont/aval	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018
B26	-	B	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	MO	-	B	-	-	B	B	B	MO	B	MO	MO
B27	-	-	MO	-	-	-	MO	ME	-	-	MO	-	-	MO	MO	-	MO	ME	ME	ME	MO	MO	MO
Global	-	B	MO	MO	ME	ME	ME	ME	ME	MA	ME	ME	ME	MO	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME

Si la station en amont maintient son bon état physico-chimique, le déclassement de ce volet intervient vite dès la traversée de la première zone habitée de Rougemont-le-château. Les déclassements biologiques s'observent dès la station de l'amont. On observe une dégradation de l'état biologique en 2013, mais une amélioration de l'état physico-chimique cette année. L'état écologique est moyen depuis 2016, soit en meilleur état qu'à échelle de la masse d'eau (ligne « Global ») (qui est médiocre).

3.6.2 Qualité du cours d'eau

3.6.2.1 Faciès d'écoulement

Les faciès d'écoulement, ou unités morphodynamiques, sont les structures **géomorphologiques moyennes** déterminées par une topographie du lit, une pente de la surface libre et des distributions de hauteurs et vitesses caractéristiques (d'après P. COHEN, Régionalisation de l'habitat physique du poisson, Université Claude Bernard de Lyon, Thèse de Doctorat, 1992).

L'analyse de ces faciès repose sur la **typologie normalisée établie par MALAVOI et SOUCHON** (CEMAGREF, 2002), représentée à la figure suivante. Cette typologie comprend onze types de faciès.

L'inventaire des faciès d'écoulement dresse un bilan « brut » des capacités d'accueil potentiel de l'habitat rivière à l'échelle du bassin versant. Les relevés ont été réalisés par tronçons homogènes.

Il est important de noter que les faciès d'écoulement sont déterminés pour des conditions hydrologiques données (hauteur d'eau et vitesse de courant à un instant donné) c'est-à-dire que ces paramètres peuvent évoluer au cours de l'année. La détermination des faciès a été effectuée au mois de septembre 2020.

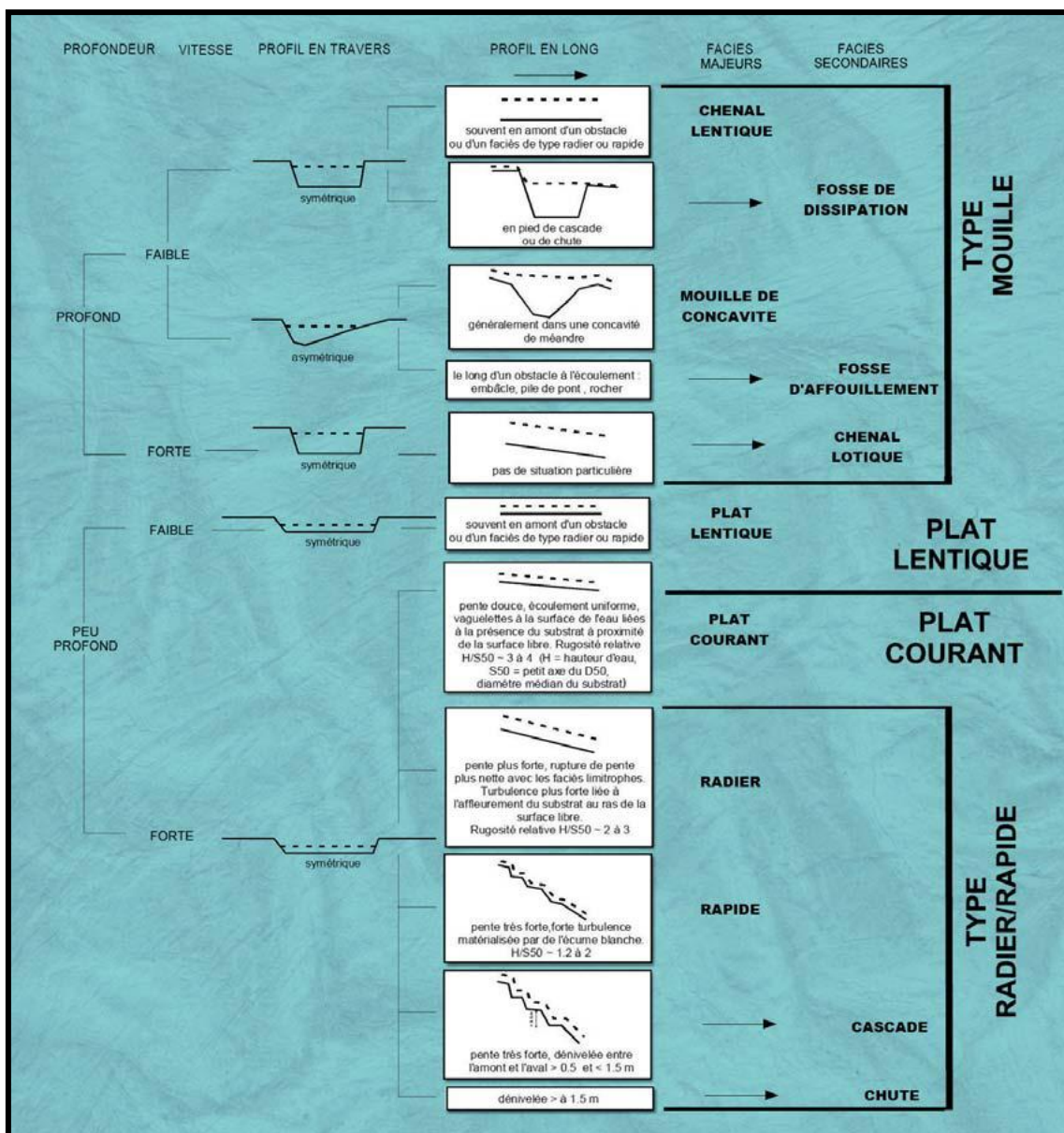


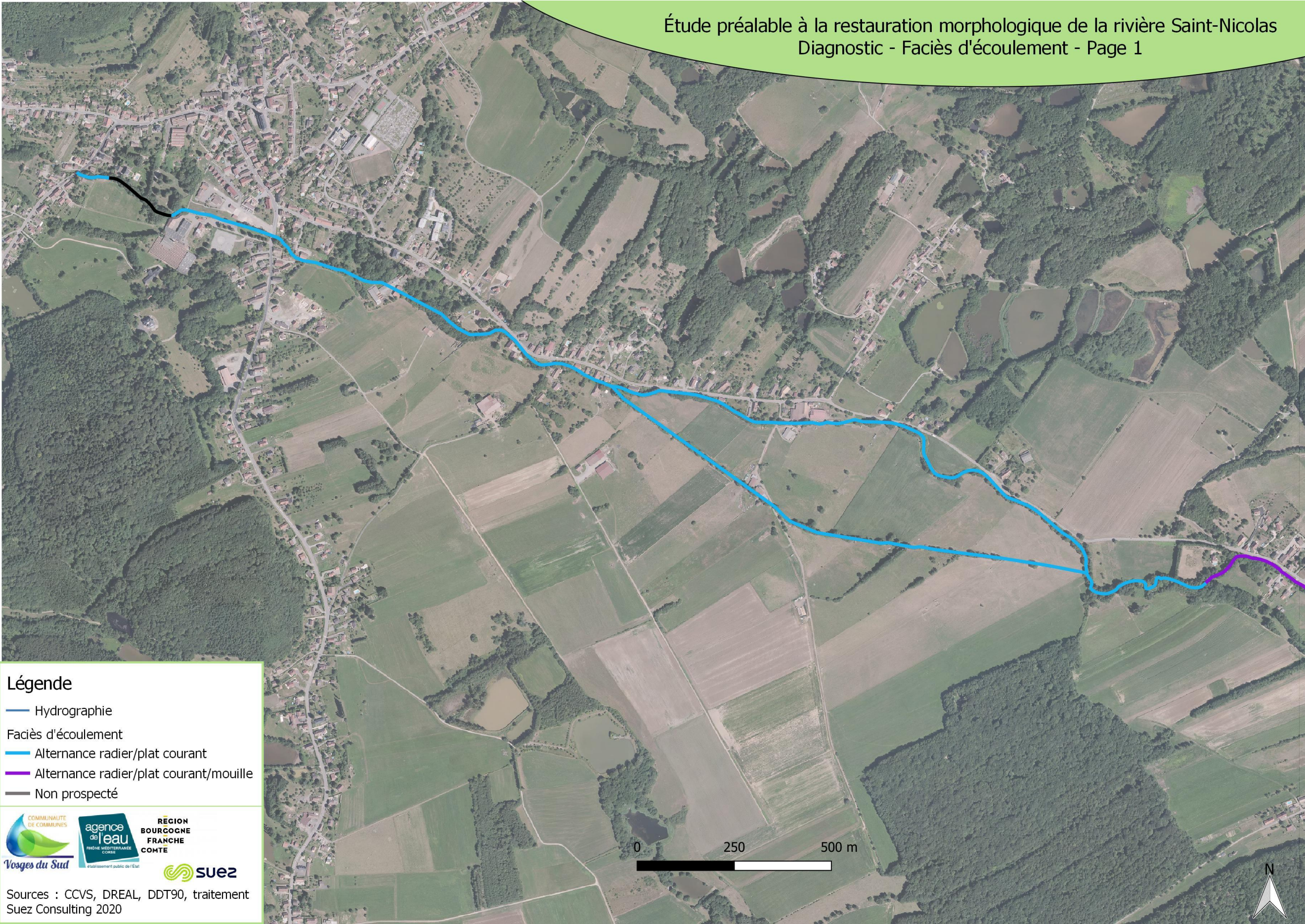
Figure 46 : Clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (Malavoi et Souchon, 2002)

Les faciès d'écoulement observés sont présentés sur les cartes suivantes. Ainsi, les faciès d'écoulement dominants sont :

- alternance de radier et plat courant
- alternance radier (ou plat courant) et chenal lentique ou mouille.

Ces faciès sont diversifiés et intéressants. Il a également été observé des plats lenticulaires, en amont d'ouvrages ou dans des zones *a priori* recalibrées.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Faciès d'écoulement - Page 1





Sources : CCVS, DREAL, DDT90, traitement Suez Consulting 2020

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière

Saint-Nicolas

Faciès d'écoulement

Page 2



Figure 47 : Faciès d'écoulement par tronçon homogène

3.6.2.2 Granulométrie et colmatage

La granulométrie ne permet pas de définir directement la nature d'un faciès, principalement conditionnée par la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement. En revanche, elle permet d'estimer la qualité d'un site en termes de fraie pour le poisson.

La connaissance des faciès d'écoulement et de la granulométrie dominante du substrat permet d'appréhender la valeur hydromorphologique et la capacité d'accueil potentielle de l'habitat-rivière.

Pour l'analyse de la granulométrie du substrat, nous nous sommes appuyés sur l'échelle granulométrique de Wentworth (1922), modifiée dans MALAVOI et SOUCHON (1989). Cette échelle comprend douze classes granulométriques, allant des argiles aux rochers (voir tableau ci-après) afin de restaurer les habitats aquatiques et le bon fonctionnement écologique des cours d'eau de ces sous- bassins versants.

Tableau 10 : Échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifiée dans Malavoi et Souchon (1989)

Nom de la classe granulométrique	Diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

Sur la Saint-Nicolas étudiée, la granulométrie est principalement grossière : de cailloux à blocs et varie avec les faciès d'écoulement.

Peu de colmatage n'a été observé et il se concentre sur les zones de plats lenticules (liés à des aménagements) ou de mouilles et à proximité de piétinements de berges. Leur épaisseur est faible.

On note un certain pavage du fond du lit dans la traversée de Rougemont-le-Château (amont de la rue Jean Moulin).

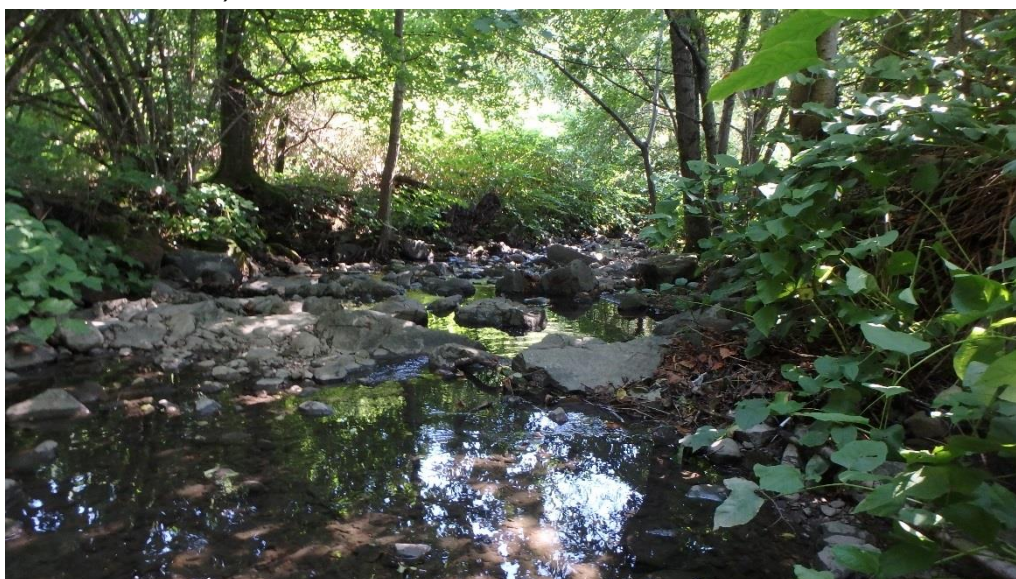


Figure 48 : Exemple de la granulométrie grossière

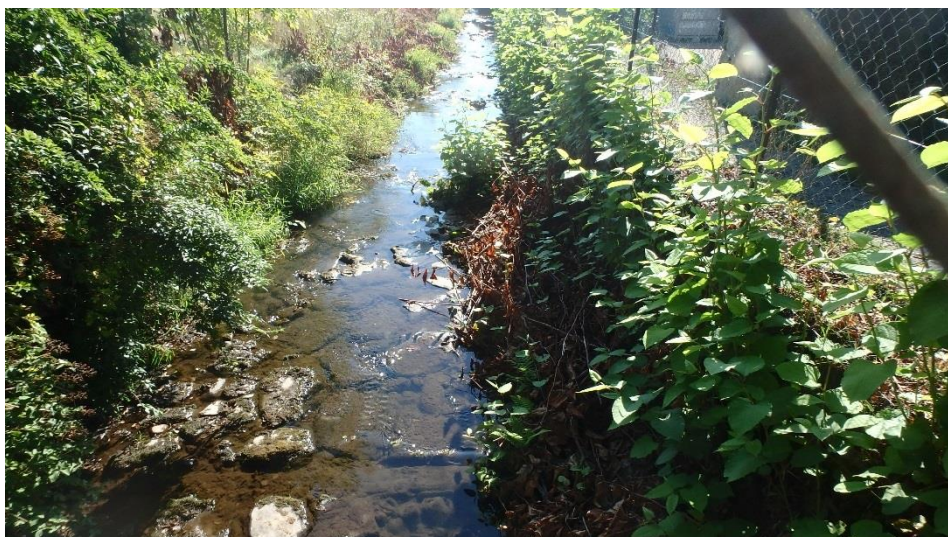


Figure 49 : Pavage du fond du lit à Rougemont-le-Château



Figure 50 : Exemple de fond colmaté (amont de l'ouvrage en aval du pont rue Jean moulin à Rougemont-le-Château)

3.6.2.3 Berges

Plusieurs caractéristiques doivent être appréhendées pour qualifier l'état et le fonctionnement, dégradé ou non, des berges. De manière générale, une diversité de forme de berges est à privilégier sur le plan écologique. Malheureusement, elles sont souvent retravaillées, afin de lutter contre les débordements (hauteur des berges), faciliter l'exploitation ou la circulation (pente, tracé droit) et les érosions (protections de berges). Ainsi, ont été relevés les paramètres suivants :

- Les caractéristiques géométriques (pente, hauteur) ;
- La présence d'aménagements (murs, digues, merlons de curage...) ;
- La nature des berges.

Au-delà des habitats qu'elles offrent, les berges sont aussi l'interface entre lit mineur et plaine alluviale. Un lit incisé et/ou des berges trop hautes, conduira à déconnecter le cours d'eau des milieux annexes (ripisylve, zones humides). Le fonctionnement entier de l'hydrosystème s'en retrouve alors menacé : perte d'habitats, de zones tampons pour les débordements, de capacité d'épuration...

Le schéma suivant montre : à droite, un lit anthropisé / à gauche un lit plus naturel et plus enclin à proposer une biodiversité intéressante et des fonctionnalités authentiques.

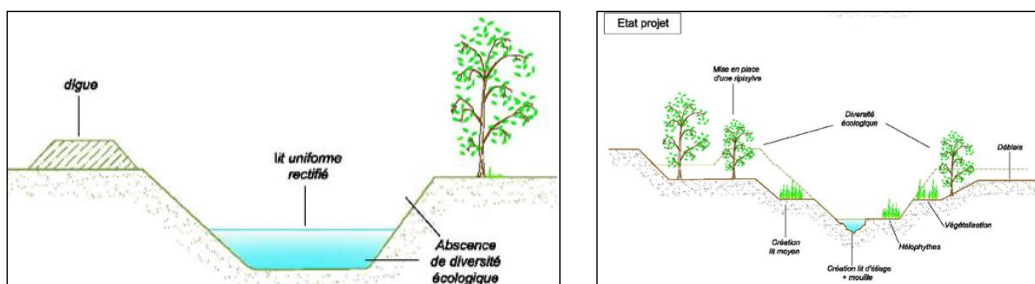


Figure 51 : Exemple de schéma de berges recalibrées et de berges en pente douce

De manière générale, des berges homogènes, hautes et verticales sont marqueurs d'opérations anthropiques : curage, recalibrage, ... Elles sont alors qualifiées en mauvais état. De plus, les érosions importantes (hors celles dues à la dynamique du cours d'eau) participent à la dégradation de cet état.

De même, des aménagements de berges en génie civil rompent la continuité latérale du cours d'eau et appauvrissent les habitats.

Sur la Saint-Nicolas, nous avons observé (cf. illustrations en Figure 52) :

- Sur la forme :
 - Des berges souvent plus hautes qu'elles devraient l'être, du fait de l'incision, et souvent très pentues à verticales
 - Quelques rares secteurs de berge de faible hauteur et de faible pente (notamment sur environ 40 m à 250 m en aval de la confluence avec la Goutte)
- Des processus érosifs :
 - Des érosions de berges problématiques au niveau de zones de piétinement de bétail
 - Des érosions liées à la dynamique de la rivière au niveau des zones naturelles et très sinueuses à méandriformes.
- Des aménagements :
 - Des protections de berges en génie civil dans les zones urbaines (ou le long des routes) dues aux pressions anthropiques
 - Une digue en rive droite de la Saint-Nicolas à Lachapelle-sous-Rougemont
 - Quelques merlons de curage épars.

Les aménagements observés sont présentés sur les cartes page 68.

De nombreuses protections de berges sont en mauvais état (effondrement dans le lit de la rivière), même des protections récentes comme l'enrochement en rive droite à Rougemont-le-Château.

Par ailleurs sur l'extrême aval de la zone d'étude nous avons observé un ragondin et des terriers de ragondins dans les berges verticales érodées par la dynamique de la rivière (et non maintenues par des arbres).

Ainsi, à part sur un faible linéaire où les berges sont naturelles et peu hautes, les berges de la Saint-Nicolas sont dégradées, aménagées et trop hautes.

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas



Berge naturelle, faible hauteur et peu pentue



Lit incisé, berge haute et verticale



Berges dégradées par le bétail (et sans ripisylve)



Lit incisé, berge haute et verticale



Présence de ragondins



Abreuvoir aménagé



Digue



Bâtiment remplace la berge



Enrochements effondrés à Rougemont-le-Château



Exemple de protections de berges (mur en pierres)

Figure 52 : Illustrations des berges de la Saint-Nicolas

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Sur la Neuve Rivière, nous avons observé (cf. illustrations en Figure 53Figure 52) :

- Sur la forme : des berges de hauteur moyenne à haute et plutôt pentues (de 45 à 90 °) ;
- Des processus érosifs :
 - Des érosions de berges problématiques au niveau de zones de piétinement de bétail ou de passages à gué
 - Des érosions liées à la recherche par la rivière d'un profil d'équilibre
- Des aménagements : un petit merlon en rive gauche.



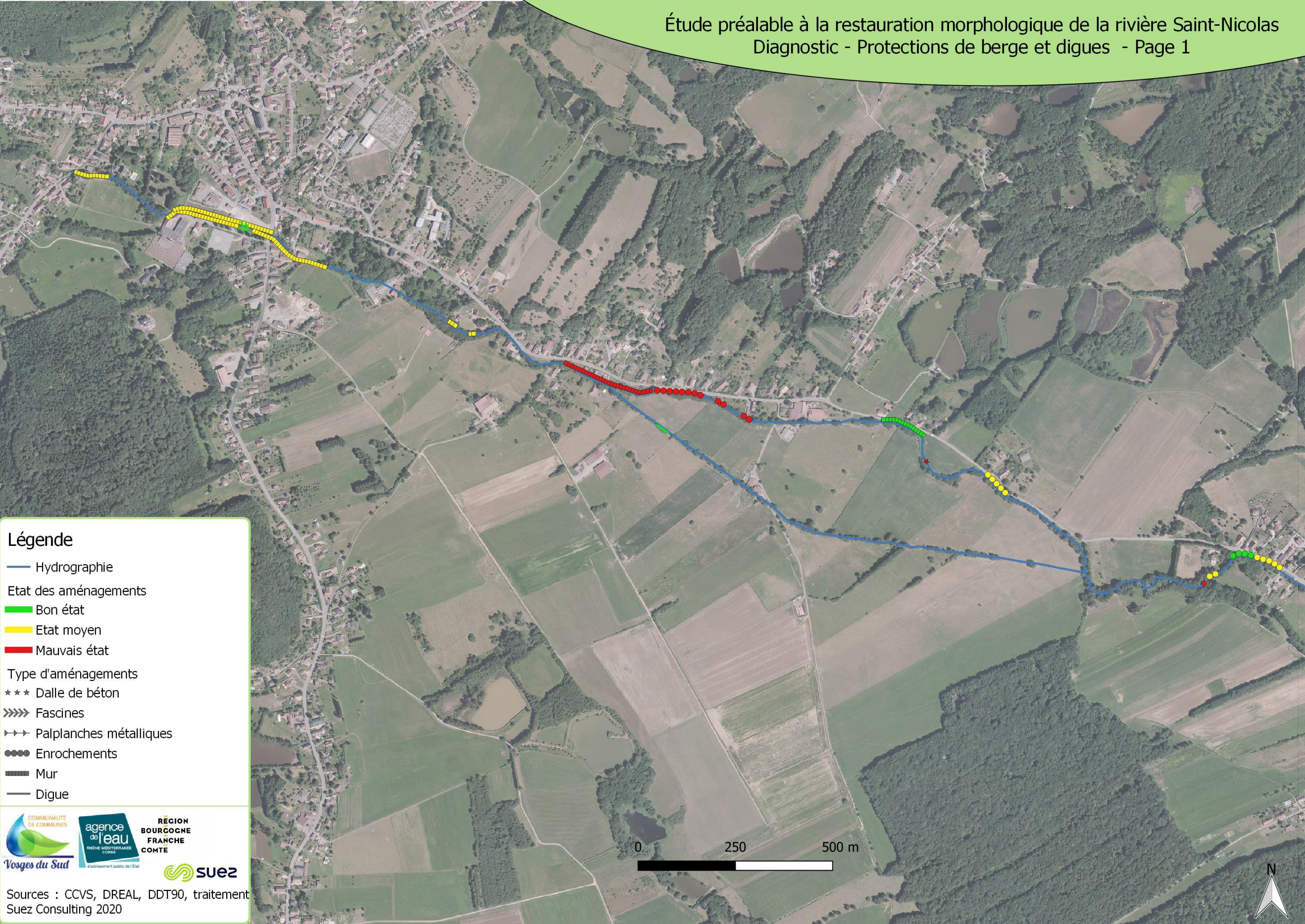
Figure 53 : Illustrations des berges de la Neuve Rivière

Certains effondrements de berge créent des risbermes permettant une réduction de la largeur du cours d'eau et une diversification du faciès de la berge.



Figure 54 : Exemple de berge diversifiée suite à un effondrement

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Protections de berge et digues - Page 1



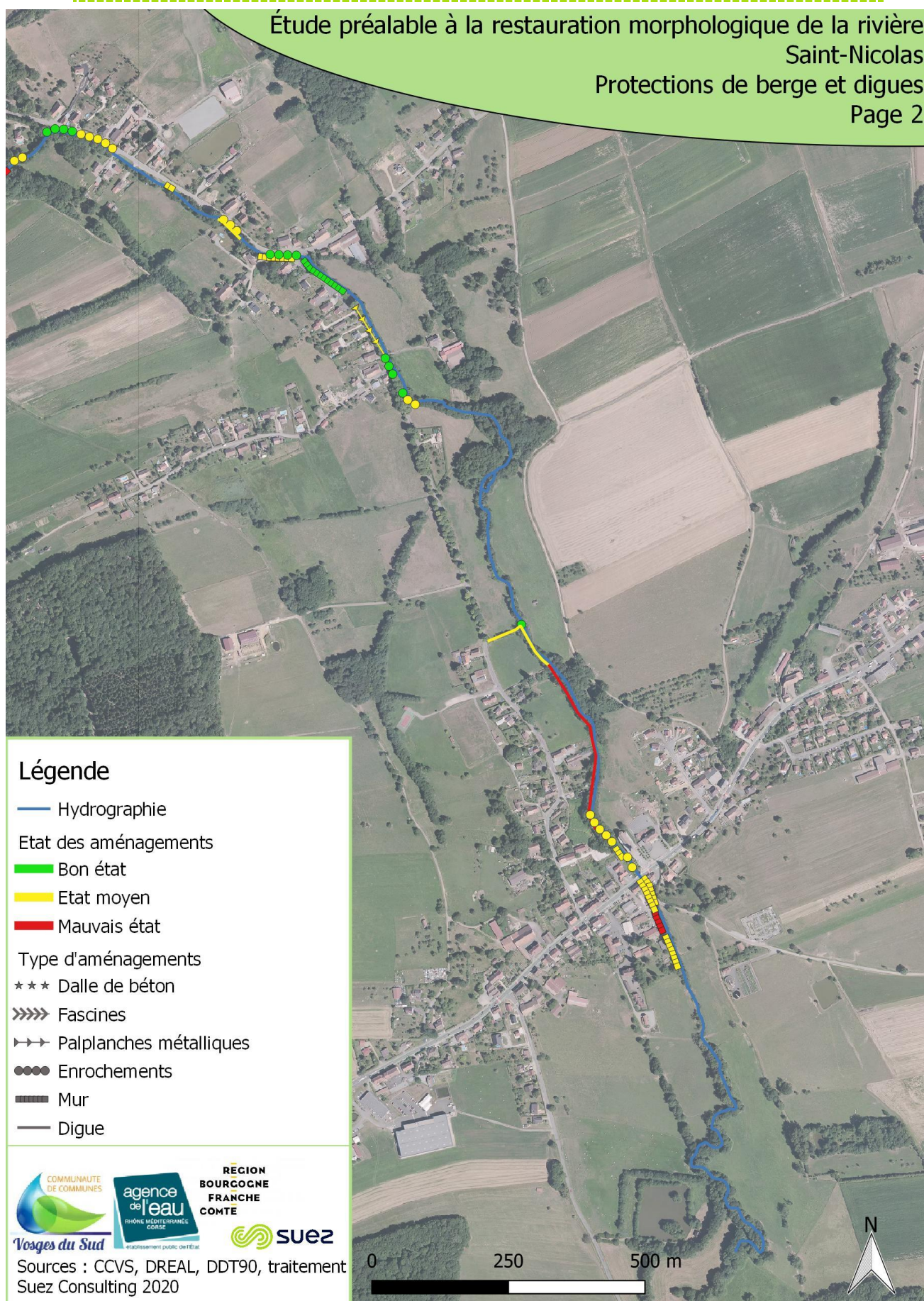


Figure 55 : Cartographie des aménagements de berges et digues

3.6.2.4 Incision

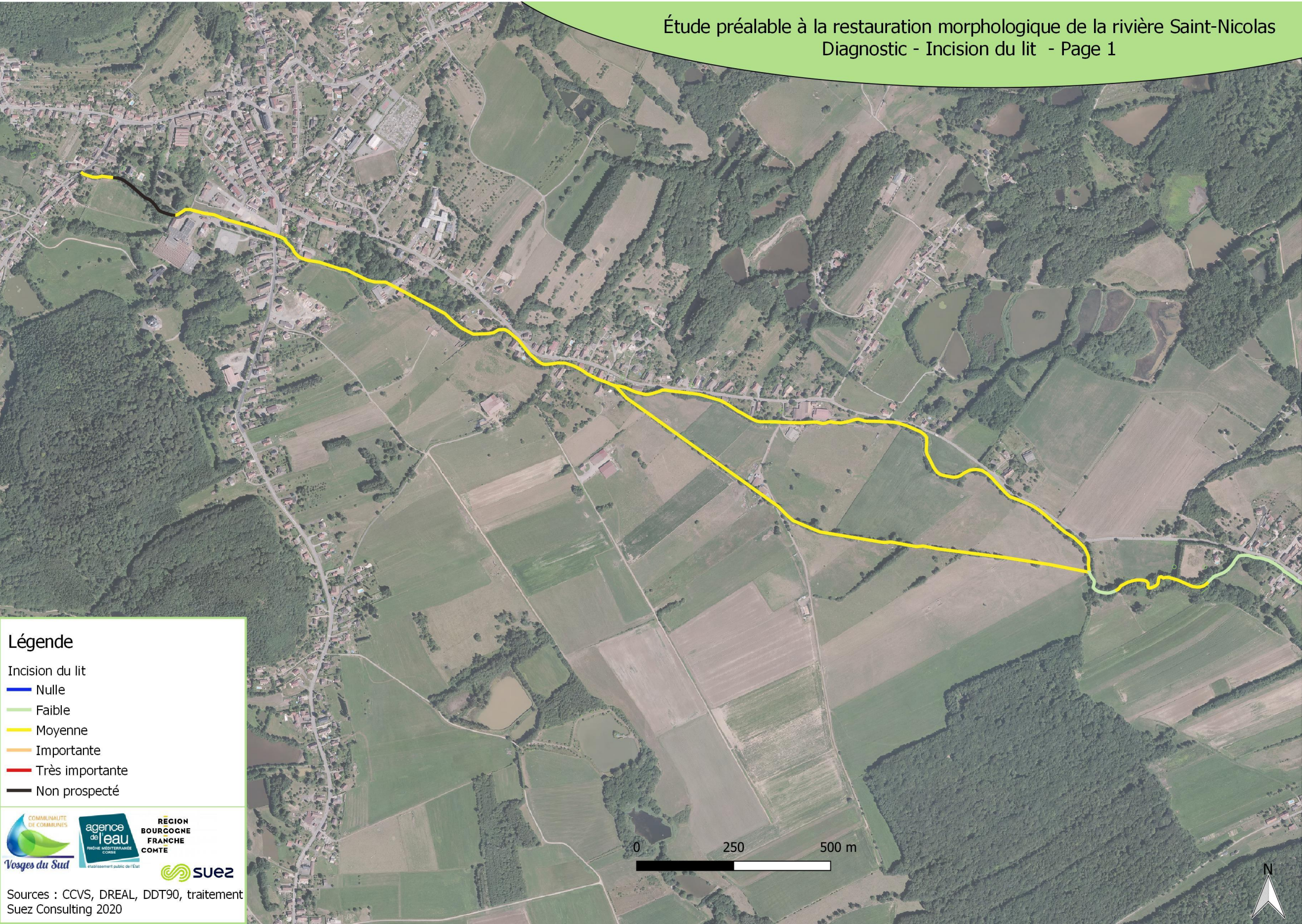
L'incision est un phénomène naturel de dynamique fluviale (recherche de l'équilibre) qui se traduit par une érosion du fond du lit de la rivière. Cette incision est le plus souvent amplifiée par l'action anthropique (rectification du cours d'eau, curage, présence d'ouvrage). L'incision, engendrée par ces aménagements, crée ou aggrave la sur-profondeur. Les ouvrages bloquant la continuité sédimentaire peuvent causer ou aggraver l'incision.

Même si la sur-profondeur et la surlargeur entraînent une diminution locale du risque d'inondation par débordement, elles ont de nombreuses conséquences néfastes :

- ❑ **Fragilisation des ouvrages hydrauliques et des berges ;**
- ❑ **Augmentation de la violence des crues en aval ;**
- ❑ **Déconnexion latérale et abaissement du niveau de la nappe**, pouvant entre autres mettre en péril les captages AEP ;
- ❑ **Uniformisation et ralentissement des faciès d'écoulement** pénalisants pour la biodiversité ;
- ❑ **Diminution de la biodiversité** par une uniformisation des milieux et un vieillissement des forêts alluviales, voire chute de la ripisylve (qui se retrouve déconnectée de la nappe alluviale) ;
- ❑ **Diminution de la valeur piscicole** du cours d'eau due à une absence de cache, de zone d'alimentation et/ou de fraye pour les poissons (disparition des radiers).

Pour la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière, l'incision est importante, notamment du fait des aménagements passés (ouvrages, curages, modifications des tracés (dans les villages et au niveau de la Neuve Rivière) et protections de berges) et du fait de la forte pente. Les niveaux d'incision sont qualifiés sur les cartes suivantes.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Incision du lit - Page 1



Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière
Saint-Nicolas
Incision du lit
Page 2



Figure 56 : Carte des incisions du lit

3.6.2.5 Végétation

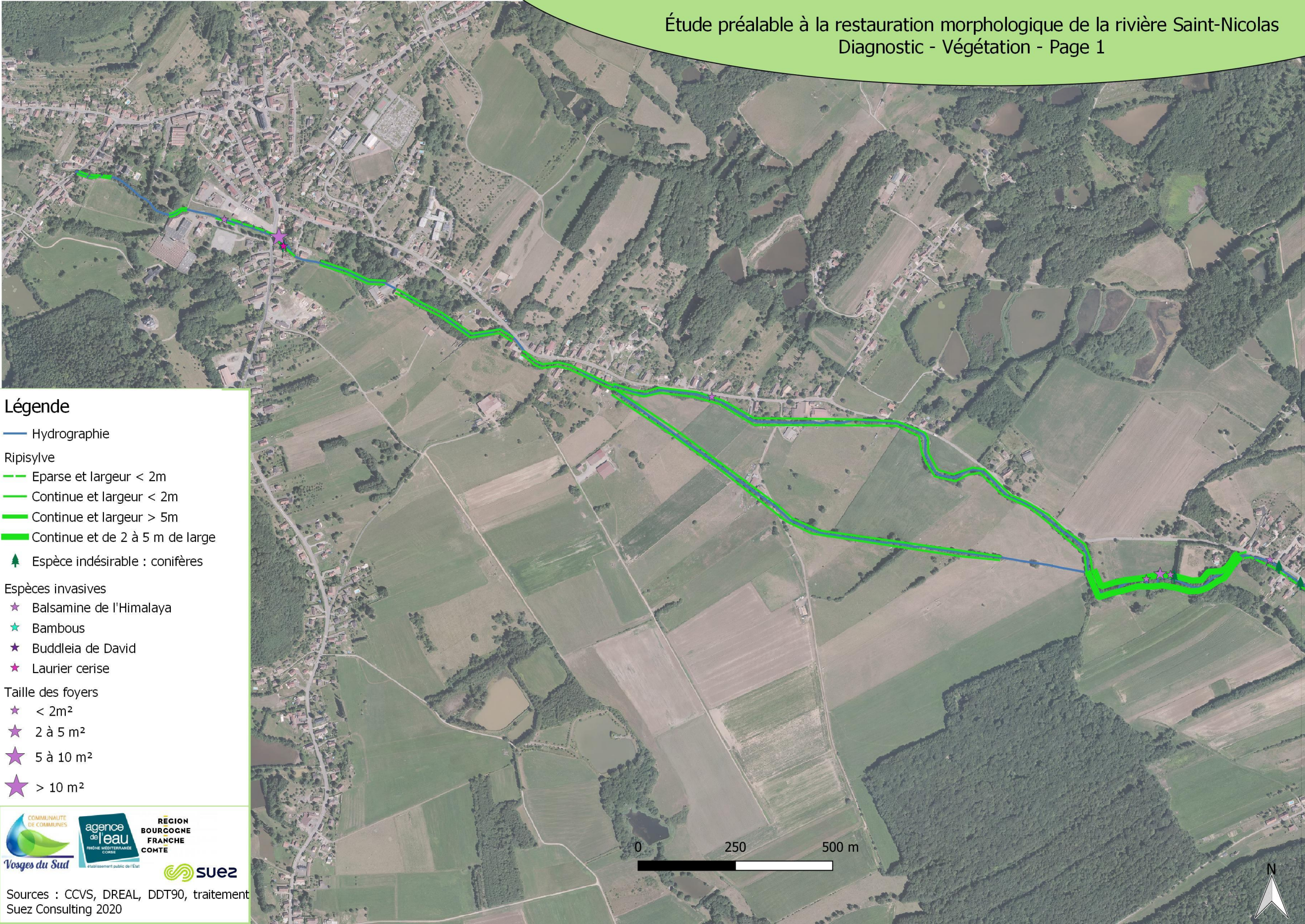
La ripisylve désigne les formations végétales (strates herbacée, arbustive et arborée) qui se développent sur les berges des cours d'eau. C'est une composante essentielle de la qualité des cours d'eau. Elle contribue à stabiliser les rives (système racinaire), à réguler l'ombrage et l'éclairement du lit mineur, à offrir des habitats à la faune piscicole et rivulaire (avifaune, mammifères, ...) et à épurer les eaux de ruissellement provenant du lit majeur.

Les boisements de berge ont été étudiés à partir de plusieurs descripteurs :

- Continuité et état physique,
- Qualité écologique (stabilité, état sanitaire, présence ou non d'espèces inféodées aux bordures de cours d'eau),
- Présence d'espèces végétales invasives ou indésirables.

Les relevés sur la végétation sont présentés sur les cartes suivantes. Au vu de l'ampleur de la couverture de Renouée, celle-ci n'est pas représentée sur la carte.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Végétation - Page 1



Légende

— Hydrographie

Ripisylve

- Eparses et largeur < 2m
- Continue et largeur < 2m
- Continue et largeur > 5m
- Continue et de 2 à 5 m de large

🌲 Espèce indésirable : conifères

Espèces invasives

- ★ Balsamine de l'Himalaya
- ★ Bambous
- ★ Buddleia de David
- ★ Laurier cerise

Taille des foyers

- ★ < 2m²
- ★ 2 à 5 m²
- ★ 5 à 10 m²
- ★ > 10 m²





Sources : CCVS, DREAL, DDT90, traitement Suez Consulting 2020

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière
Saint-Nicolas
Végétation
Page 2

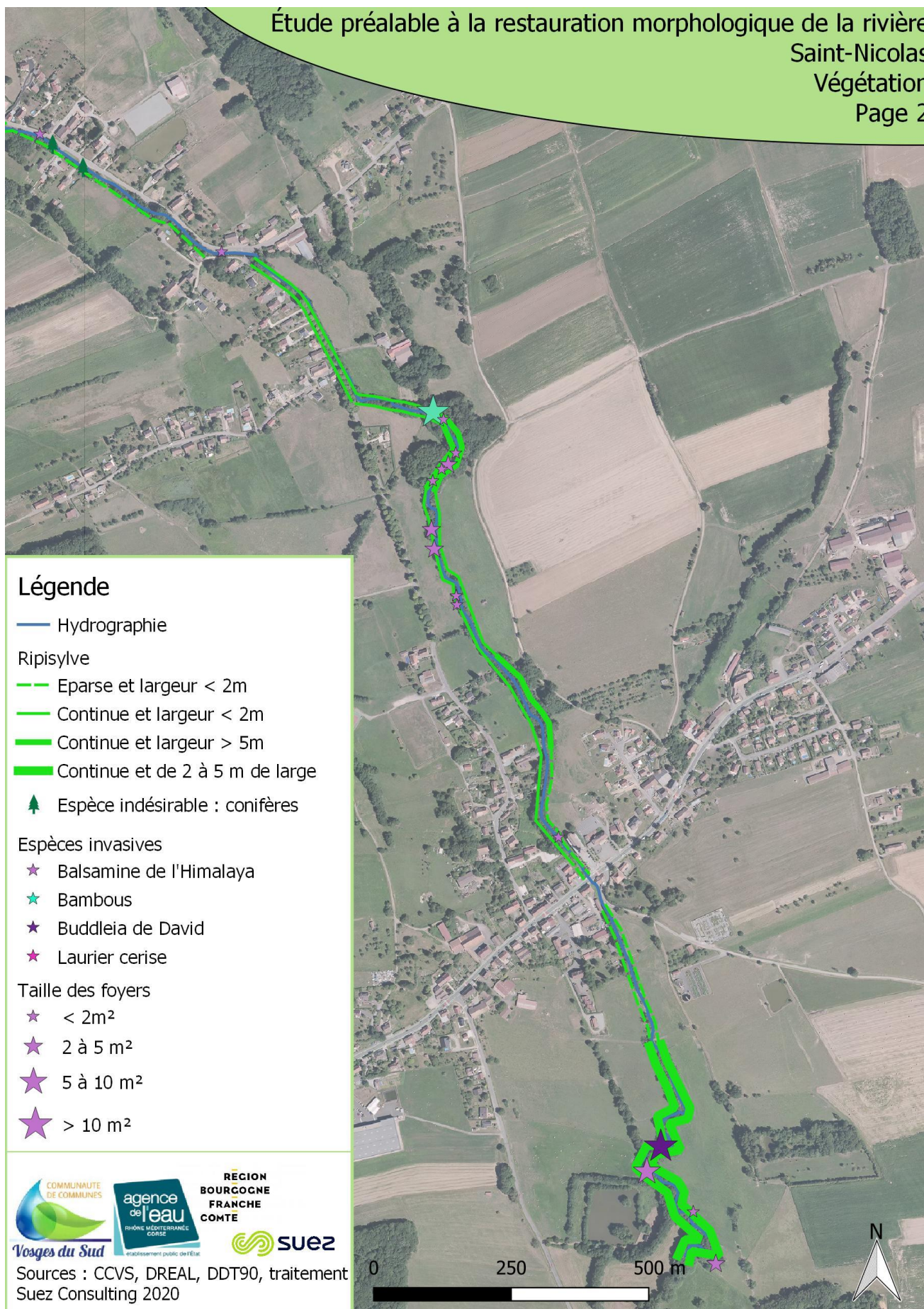


Figure 57 : Cartographie de la végétation

3.6.2.5.1 Ripisylve

La zone d'étude présente une ripisylve de composition et de densité variée. Sa densité est en majorité liée à l'occupation du sol et de la morphologie de la rivière :

- Les zones de ripisylve éparse voire absente sont au niveau de pâtures ou de zones urbanisées,
- Les zones de ripisylve continue et dense sont au niveau de zones plus naturelles et où la rivière méandre.

Globalement la ripisylve est bien présente mais souvent peu large (composée uniquement d'une rangée d'arbres). Elle est plus large sur quelques zones naturelles comme en amont et aval de la zone urbanisée de Petitefontaine. Au vu de la faible largeur du cours d'eau et de la hauteur des arbres, elle joue bien son rôle d'ombrage.

La ripisylve n'a pas de strates diversifiées, elle est exclusivement arborée, hormis les zones envahies par la Renouée du Japon.

La ripisylve connaît une bonne diversité d'espèces (Aulne, Frêne, Saule, ...). On n'a pas observé de secteurs mono-espèce, à part les allées de marronniers en aval de Petitefontaine.

Les sujets sont plutôt âgés, et peu, voire pas entretenus. Dans les secteurs à méandre éloignés des villages, de nombreux embâcles ont été observés.

	
Ripisylve éparse du fait du pâturage	Ripisylve absente sur la Neuve Rivière au niveau de pâtures
	
Alignement de marronniers	Ripisylve peu large

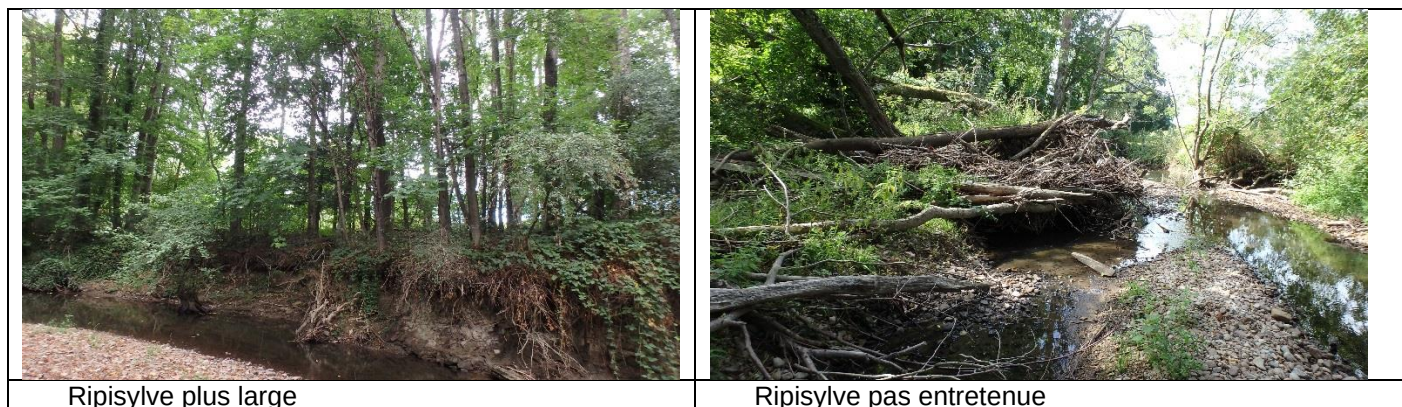


Figure 58 : Illustrations de la ripisylve de la Saint-Nicolas

3.6.2.5.2 Végétation aquatique

Nous n'avons pas observé d'herbiers aquatiques. Cela est sûrement dû à l'ombrage important fourni par la ripisylve et aux faciès d'écoulement.

3.6.2.5.3 Espèces invasives

Une espèce végétale invasive est une espèce exogène qui devient nuisible pour les espèces locales et les écosystèmes naturels où elle s'est établie. Sur le secteur d'étude, cinq espèces invasives ont été dénombrées : **Renouée du Japon**, **Balsamine de l'Himalaya**, **Bambous**, **Buddléia de David** et Laurier cerise. Très concurrentielles, ces espèces se développent rapidement aux dépens des espèces végétales indigènes, amenuisant progressivement la biodiversité végétale.

La Renouée du Japon a envahi la quasi-totalité du linéaire étudié de la Saint-Nicolas. Elle était déjà bien présente en 1990 (étude Béture Sétame). Sur certains secteurs (secteurs urbanisés, le long de la route à Leval, à l'extrême aval du secteur étudié, ...), elle forme d'importants massifs, larges et hauts.



Figure 59 : Renouée du Japon

La deuxième espèce la plus observée est la **Balsamine de l'Himalaya**. Les foyers relevés sont petits (souvent constitués d'un seul pied), mais plusieurs foyers sont proches, laissant suggérer une propagation. On compte également quelques foyers de taille moyenne et deux grands (en aval du pont rue Jean Moulin de Rougemont-le-Château et en aval de la zone d'étude).



Figure 60 : Exemples de pieds de Balsamine de l'Himalaya

Il a été observé un foyer de bambou. Elle est utilisée comme espèce ornementale au niveau de la confluence entre la Saint-Nicolas et La Goutte. Bien que cette espèce ne soit pas reconnue officiellement comme une espèce invasive en France métropolitaine, la progression de cette espèce dans le milieu doit être surveillée.

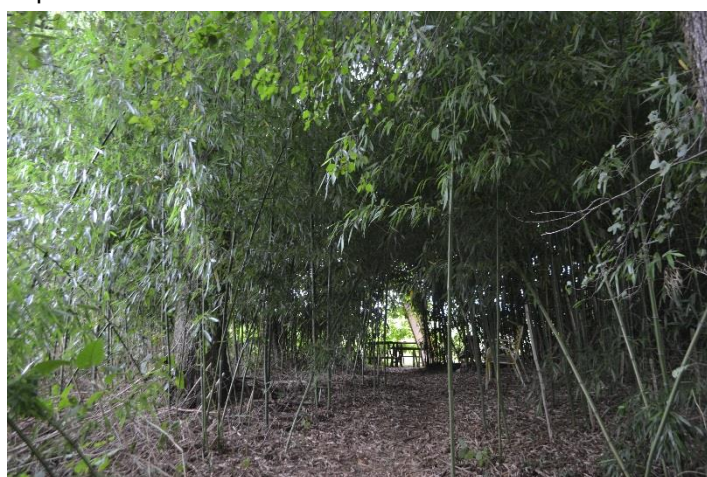


Figure 61 : Bambous

Un foyer de Laurier cerise a été relevé sur une berge dans un jardin. Un foyer de Buddleia de David a été observé sur l'extrême aval de la zone d'étude.



Figure 62 : Laurier cerise



Figure 63 : Buddleia de David

3.6.2.5.4 Espèces indésirables

Une espèce végétale indésirable est une espèce non invasive mais qui n'est pas adaptée à l'écosystème dans lequel elle se situe. Sur le secteur d'étude, les espèces indésirables dénombrées sont des **conifères** et surtout à proximité d'habitations.

Les conifères ne sont pas adaptés au bord de rivière car ils acidifient le cours d'eau et les sols, aggravant les phénomènes d'érosions.

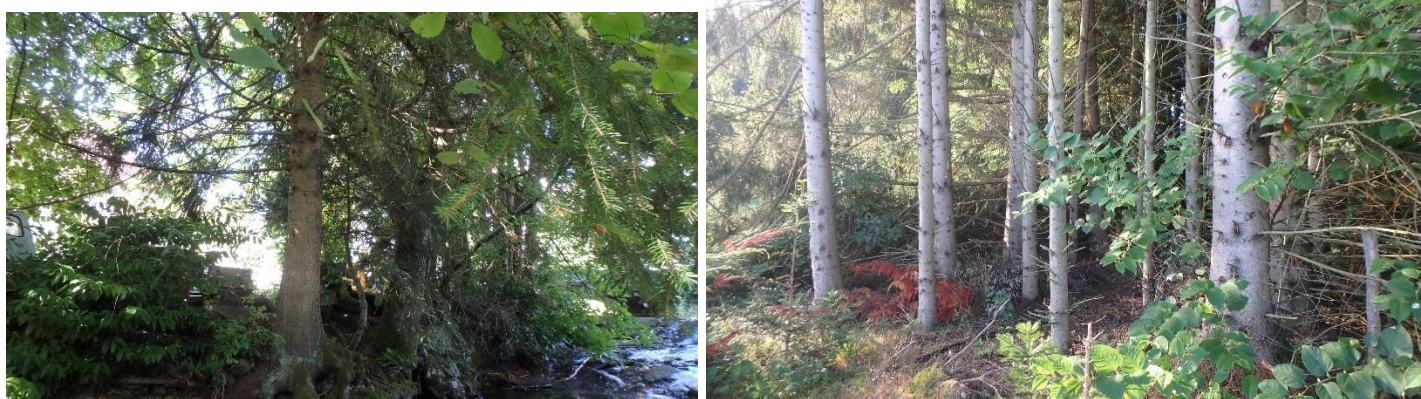


Figure 64 : Conifères

3.6.2.6 Les autres habitats

3.6.2.6.1 Habitats sous berges

Ces lieux de caches sont très importants pour certaines espèces piscicoles et d'écrevisses qui trouvent là une zone d'abri contre les prédateurs. Ils sont également une zone de repos ou d'alimentation et constituent des habitats à part entière.

Sur la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière, peu de berges ont une morphologie naturellement diversifiée, pouvant créer de tel habitat, à part dans des zones d'érosion liée à la dynamique de la rivière. Mais ces habitats sont présents sur les zones d'incision, au niveau des racines apparentes des arbres.

3.6.2.6.2 Embâcles

Les embâcles sont des accumulations de bois dans le lit mineur d'un cours d'eau. Ils résultent du dépérissement naturel des sujets ligneux des berges ou de leur chute dans le lit suite à la mise en place de phénomènes érosifs (sous-cavement) ou lié à des phénomènes météorologiques.

Les embâcles qui se forment dans le lit jouent un rôle positif sur la vie piscicole (abris, caches). Les poissons trouvent au niveau de ces bois morts des zones de repos (face aux forces hydrauliques du courant) et de refuge contre les prédateurs.

Parfois, lorsque les volumes en présence sont élevés, en particuliers dans les zones sensibles (traversées urbaines, à proximité d'ouvrages hydrauliques, ...), ces accumulations peuvent favoriser les débordements et engendrer une aggravation des inondations locales.

Le retrait des embâcles ne doit pas être systématique, les embâcles pouvant diversifier ponctuellement l'habitat aquatique ; seuls les embâcles problématiques d'un point de vue hydraulique doivent être traités. Ces embâcles peuvent également devenir problématiques en créant des érosions de berges ou en entraînant une dépréciation paysagère (accumulation de déchets...) ; ils sont alors à surveiller.

Sur la Saint-Nicolas, les embâcles sont globalement peu présents, hormis à l'aval en extrémité du secteur d'étude où des amas de branches et de troncs sont très régulièrement présents.



Figure 65 : Exemples d'embâcles de volumes très importants en extrémité sud de la zone d'étude

3.6.2.6.3 Atterrissements

Il s'agit d'une formation sédimentaire se développant dans les secteurs de faible courant. Ils résultent de l'équilibre sédimentaire recherché en permanence dans le cours d'eau et se produisent lorsque la charge solide est supérieure à la charge liquide. Ils se caractérisent par des formations en partie émergées, de volume plus ou moins important, végétalisées ou non par des strates herbacées, voire arbustives ou arborées. Les atterrissements, tout comme les embâcles, assurent une diversification des habitats fluviaux et sont également les témoins de la bonne hydromorphologie d'un cours d'eau.

Les atterrissements sont très récurrents sur la Saint-Nicolas. Ils sont le signe d'une bonne dynamique de transport solide. Certains secteurs en comptent des plus importants en superficie comme à l'aval de la confluence avec la Neuve Rivière, dans la traversée de Lachapelle-sous-Rougemont et à l'extrême sud du secteur d'étude.



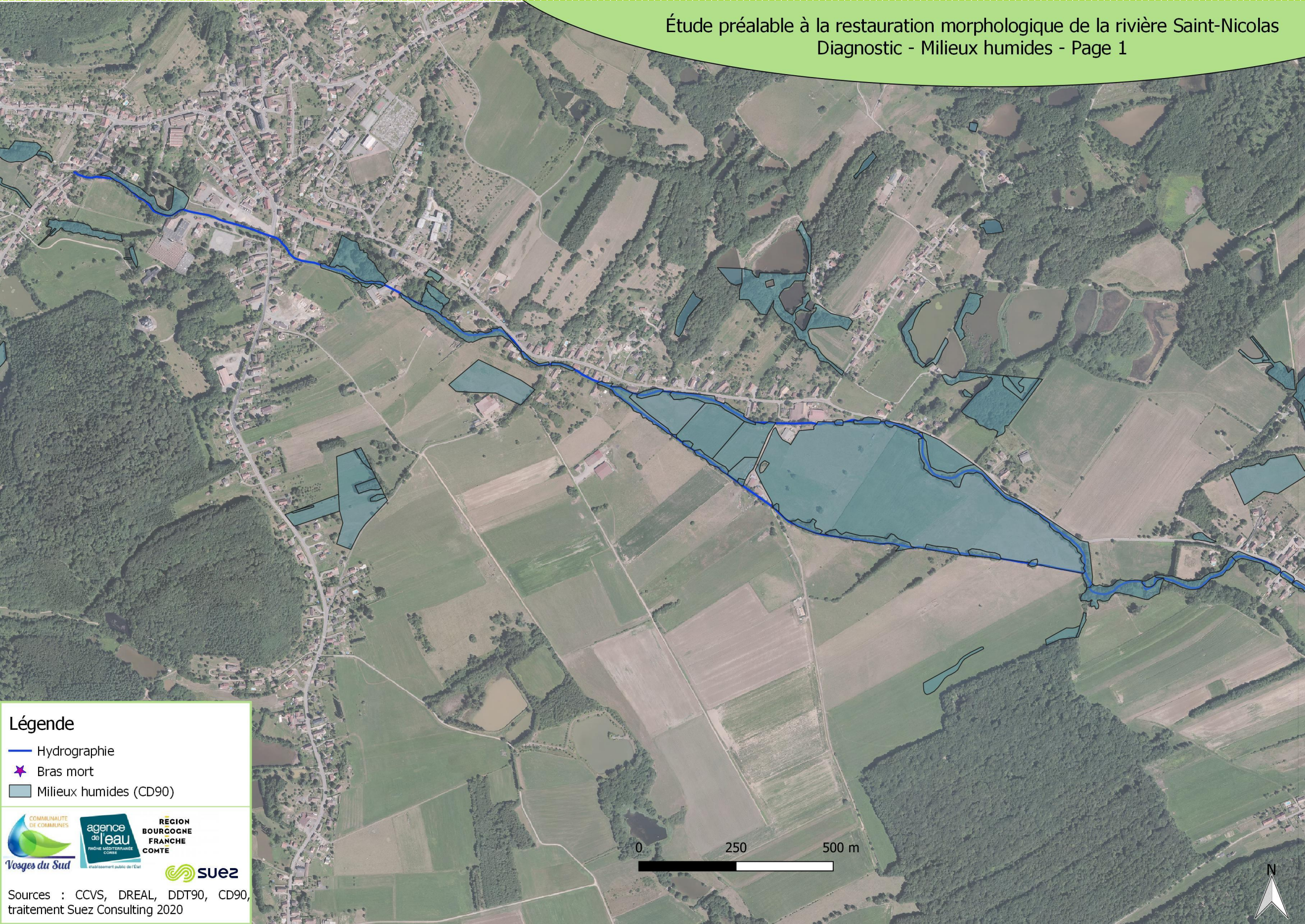
Figure 66 : Exemple d'atterrissement avec début de végétalisation

3.6.2.7 Zones humides et annexes

Le Conseil Départemental du Territoire de Belfort a réalisé un inventaire des zones humides. Il est représenté sur les cartes suivantes. Nous l'avons complété avec nos observations de terrain, où nous avons noté un bras mort au niveau d'un bras indiqué comme tracé permanent par la DDT90, cf. photo suivante.



Figure 67 : Bras mort (environ 150 m en aval de confluence avec la Goutte)



Légende

- Hydrographie
- ★ Bras mort
- Milieux humides (CD90)





Sources : CCVS, DREAL, DDT90, CD90, traitement Suez Consulting 2020

Étude préalable à la restauration morphologique
de la rivière Saint-Nicolas
Milieux humides
Page 2



Figure 68 : Inventaire des milieux humides (CD90 et Suez Consulting)

3.6.3 Les ouvrages hydrauliques

L'ensemble des ouvrages hydrauliques des cours d'eau étudiés a été étudié lors des investigations de terrain, en septembre 2020.

3.6.3.1 La nature et l'état des ouvrages

Dans cette étude, les ouvrages hydrauliques ont été séparés en deux catégories :

- Les ouvrages majeurs : ces ouvrages sont un obstacle à l'écoulement de par leur chute, supérieure à 20 cm.
- Les ouvrages mineurs : ces ouvrages ne font pas obstacles à la continuité écologique de par leur chute (passerelles, ponts, passages à gué) ou ne sont pas situés dans le lit de la rivière.

Trente-six ouvrages ont été recensés sur le linéaire prospecté :

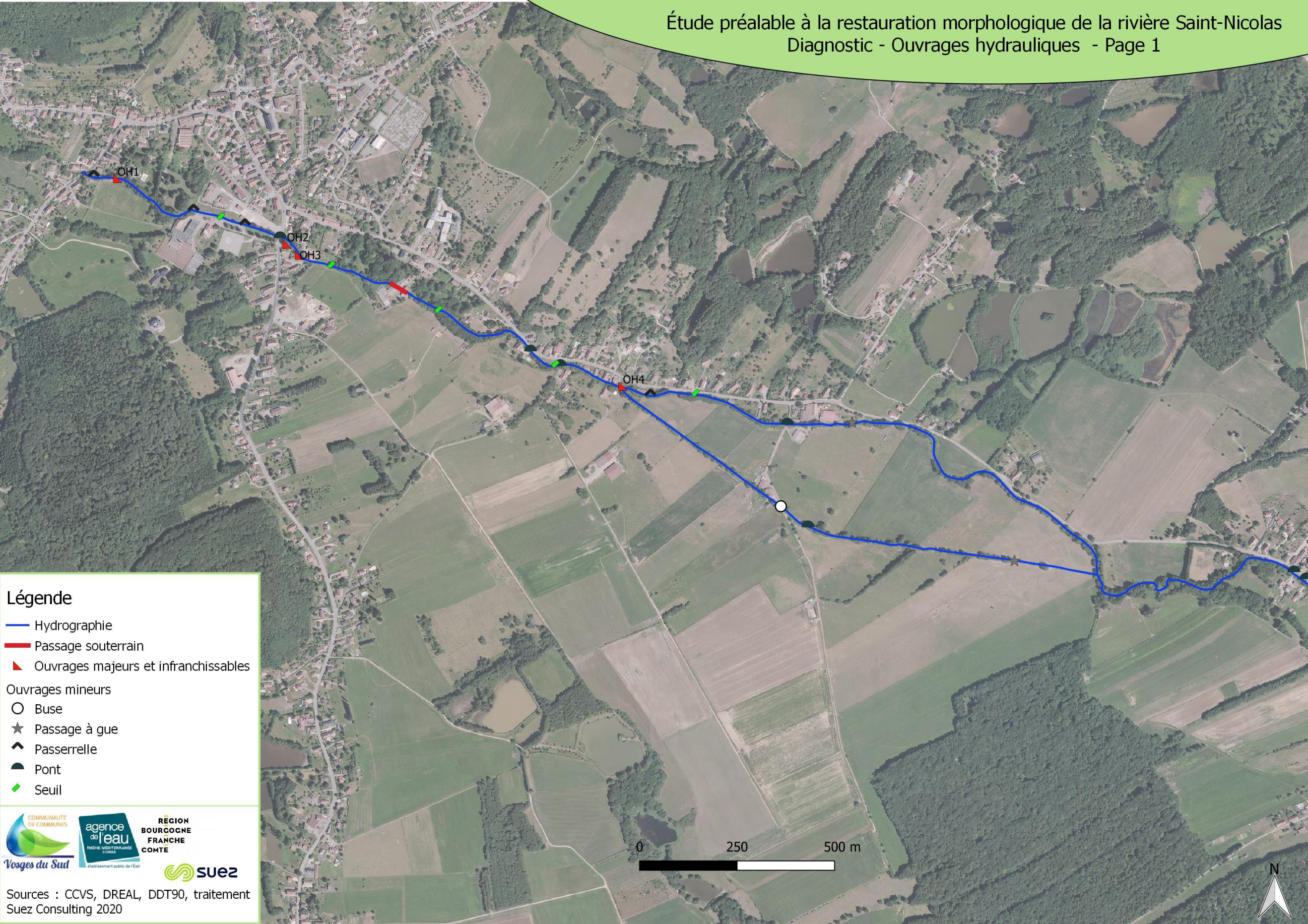
- 16 ponts et passerelles, dont un sur la Neuve Rivière
- une buse d'une longueur inférieure à 10m sur la Neuve Rivière
- 2 grilles, dont 1 sur la Neuve Rivière et de multiples barrières (dans la zone agricole de Leval)
- 3 passages à gué, dont 1 sur la Neuve Rivière
- 7 seuils mineurs,
- 6 seuils majeurs dont la hauteur de chute est supérieure à 20 cm (en basses eaux)
- Un passage souterrain.

Ceci représente environ 4 ouvrages par kilomètre, un nombre non négligeable.

3.6.3.2 Localisation des ouvrages

Les ouvrages mineurs se répartissent tout le long du linéaire parcouru. Les ouvrages majeurs se localisent plus sur la partie centrale du linéaire étudié. Ceci signifie que la colonisation du bassin versant sur la zone d'étude est sans obstacle jusqu'à Petitefontaine.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Ouvrages hydrauliques - Page 1



Étude préalable à la restauration morphologique de la
rivière Saint-Nicolas
Ouvrages hydrauliques
Page 2



Figure 69 : Localisation des ouvrages hydrauliques

3.6.3.3 Les ouvrages mineurs

Les ouvrages mineurs ne représentent pas d'obstacles à la continuité de par leur chute. Cependant certains doivent être retirés car bloquants pour la continuité écologique (grille).

Les ouvrages recensés sont :

- Des ouvrages de franchissement : buses, passerelles, passages à gué et routes ;
- Des seuils de stabilisation ou naturels dont la hauteur de chute est inférieure à 20 centimètres ;
- Des grilles et barrières, ne présentant pas de hauteur de chute mais bloquant la faune piscicole et les embâcles.



Figure 70 : Exemple de seuil mineur



Figure 71 : Exemples de grilles potentiellement infranchissables (sur la Neuve Rivière à gauche et la Saint-Nicolas à droite)

Ces ouvrages, bien que non reconnus comme obstacles à la franchissabilité, restent tout de même des points de blocage à lever. Les grilles et barrières peuvent en effet retarder les migrations, participer à gêner les écoulements, perturber le transit sédimentaire, etc... En concertation avec les propriétaires, ces derniers devront être retirés.

Selon l'OFB, la limite de franchissement des passages enterrés pour les espèces piscicoles est d'environ 10m. La zone d'étude est concernée par une zone souterraine : sous l'usine ID Casting, anciennement Thécla. La portion concernée mesure 40 m. Toutefois, le passage vouté est suffisamment large pour laisser la lumière pénétrer à l'intérieur du passage. De plus, le fond du lit n'est pas artificialisé. Ainsi, cet ouvrage n'entraîne pas une infranchissabilité de par son manque de luminosité, mais les berges artificialisées sont néfastes pour la qualité du cours d'eau.



Figure 72 : Photographie de l'intérieur du passage sous l'usine anciennement Thécla

L'autre passage busé se situe sous le chemin traversant la Neuve Rivière. La buse mesure environ 8 m. De petites cassures de pente sont présentes dans la buse. Elle n'est a priori pas franchissable en basses eaux du fait des trop faibles hauteurs d'eau.



Figure 73 : Photographie de l'intérieur de la buse de la Neuve Rivière

3.6.3.4 Les ouvrages majeurs

Pour chacun des ouvrages hydrauliques majeurs recensés sur le territoire d'étude ayant un impact sur la continuité écologique, la franchissabilité piscicole et sédimentaire a été évaluée :

- Évaluer la franchissabilité sédimentaire d'un ouvrage hydraulique c'est évaluer les possibilités de franchissement de cet ouvrage par les sédiments : gros, petits, pour quels débits, ouvrages ouverts et/ou fermés, types de sédiments retenus en amont de l'ouvrage, etc. La continuité sédimentaire a été notée selon trois niveaux :
 - Continuité sédimentaire non altérée,

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas



- ☐ Continuité sédimentaire possible si ouverture des ouvrages hydrauliques mobiles,
- ☐ Aucune continuité sédimentaire.
- Évaluer la franchissabilité piscicole d'un ouvrage c'est évaluer la difficulté de franchissement de cet obstacle pour une espèce piscicole donnée (espèce cible) et pour une hydrographie donnée en dévalaison mais surtout en montaison.

La rivière Saint-Nicolas est de 1^{ère} catégorie piscicole sur la zone d'étude. Après échange avec les services de l'Office Français de Biodiversité (OFB), les espèces cibles retenues sont : Truite fario, Lamproie de Planer, Chabot et Lotte de rivière.

Nous avons utilisé les critères du protocole ICE (Informations sur la Continuité Écologique) pour déterminer la franchissabilité des ouvrages (sans toutefois réaliser un protocole strict).

Le protocole ICE regroupe les espèces selon leurs caractéristiques (de nage, ...). Les espèces cibles font parties des groupes ICE suivants :

- ☐ Truite de rivière (15-30 cm) : 4b
- ☐ Lotte de rivière : 8c
- ☐ Lamproie de Planer et Chabot : 9b.

L'ensemble des ouvrages majeurs observés sont infranchissables pour les basses eaux du fait de la trop faible ligne d'eau en crête et sur le seuil. De plus la hauteur de chute est importante (sauf pour un).

Par ailleurs, l'ensemble des ouvrages n'est pas manœuvrable. Seul l'ouvrage de prise d'eau de la Neuve Rivière a été conçu pour être batardable, mais le système n'est plus opérant.

Tableau 11 : Résultats de la franchissabilité des ouvrages

Nom de l'ouvrage		Seuil en amont du parc à cervidés	Seuil à l'aval de la Place de la Manufacture
Numéro OH		-	ROE17270
Numéro pour l'étude		OH1	OH2
Nom du cours d'eau		Saint-Nicolas	Saint-Nicolas
Commune		Rougemont-le-Château	Rougemont-le-Château
Matériaux		Béton	Pierres et Béton
Type d'ouvrage (ICE)		Seuil incliné	Seuil incliné
État		Mauvais	Mauvais
			
Ouvrages associés		-	Prise d'eau avec grille mobile 
Usages actuels		Inconnu	Prise d'eau pour alimenter un étang. A priori pas d'usage de l'étang (propriété de l'usine fermée, ID Casting)
Continuité sédimentaire		Partielle	Oui
Hauteur de chute (m)		0.9	1.8 m
Tirant d'eau min. sur l'ouvrage (sept. 2020) (m)		0.03	0.01
Hauteur de la fosse d'appel (m)		0.6	0.5
Zone d'influence amont (m)		15	10
Franchissabilité piscicole	Truite de rivière (15-30 cm) (4b)	Infranchissable tout le temps du fait de la hauteur de chute	infranchissable tout le temps du fait de la hauteur de chute
	Lotte de rivière (8c)		
	Lamproie de Planer et Chabot (9b)		
Autres illustrations			

Nom de l'ouvrage		Seuil n°3	Déviation de la Neuve Rivière
Numéro OH		-	-
Numéro pour l'étude		OH3	OH4
Nom du cours d'eau		Saint-Nicolas	Saint-Nicolas
Commune		Rougemont-le-Château	Leval
Matériaux		Blocs de pierre	Béton
Type d'ouvrage (ICE)		Seuil en enrochements	Seuil incliné avec chute aval
État		Moyen	Mauvais
			
Ouvrages associés		-	Petite buse à travers le premier seuil
			
Usages actuels		Inconnu (stabilité profil en long ? notamment du fait de la présence de l'exutoire juste à l'aval d'eaux pluviales et du drainage de quelques sources)	Prise d'eau pour la Neuve Rivière
Continuité sédimentaire		Oui	Partielle
Hauteur de chute (m)		0.3	1
Tirant d'eau min. sur l'ouvrage (sept. 2020) (m)		0.02	0.01
Hauteur de la fosse d'appel (m)		0.15	0.8
Zone d'influence amont (m)		0	3
Franchissabilité piscicole	Truite de rivière (15-30 cm) (4b)	Infranchissable en basses eaux. Franchissable dès un tirant d'eau suffisant soit normalement 5 cm.	infranchissable tout le temps du fait de la hauteur de chute
	Lotte de rivière (8c)	Infranchissable en basses eaux. Et un ICE de 0.66 a priori à partir d'un tirant d'eau de 10 cm.	
	Lamproie de Planer et Chabot (9b)	Infranchissable en basses eaux. Et un ICE de 0.66 a priori à partir d'un tirant d'eau de 10 cm.	
Autres illustrations			

Nom de l'ouvrage		Seuil de Petitefontaine	Seuil à l'aval de la rue des Marronniers
Numéro OH		ROE17266	-
Numéro pour l'étude		OH5	OH6
Nom du cours d'eau		Saint-Nicolas	Saint-Nicolas
Commune		Petitefontaine	Petitefontaine
Matériaux		Pierres	Béton
Type d'ouvrage (ICE)		Seuil incliné avec un radier aval et une chute (petite) aval	Seuil incliné
État		Bon	Moyen
			
Ouvrages associés		Ancienne prise d'eau 	-
Usages actuels		A priori aucun. Ancienne prise d'eau. Canal à sec pendant la visite et semble en partie comblé. Le modèle hydraulique indique que le canal est alimenté par de faibles débits (mais les données topographiques du modèle ne sont pas précises).	inconnu
Continuité sédimentaire		Oui	Partielle
Hauteur de chute (m)		1.7	0.8
Tirant d'eau min. sur l'ouvrage (sept. 2020) (m)		0	0.02
Hauteur de la fosse d'appel (m)		0.1	0.5
Zone d'influence amont (m)		75	80
Franchissabilité piscicole	Truite de rivière (15-30 cm) (4b)	Infranchissable tout le temps du fait de la hauteur de chute	La fosse est suffisante, mais le tirant d'eau minimum est trop faible en basses eaux, rendant l'ouvrage infranchissable. À partir d'un tirant d'eau de 5 cm, au vu de sa hauteur de chute, l'ouvrage a un ICE de 0,33. Cet ouvrage se trouve noyé à partir de la crue biennale et donc franchissable, si toutefois les vitesses ne sont pas trop élevées.
	Lotte de rivière (8c)		infranchissable du fait de la hauteur de chute en basses eaux, a priori ICE= 0.33 à partir du module, puis a priori franchissable à partir de la crue biennale, où l'ouvrage est noyé et, si toutefois les vitesses ne sont pas trop élevées.
	Lamproie de Planer et Chabot (9b)		infranchissable tout le temps du fait de la hauteur de chute, sauf a priori à partir de la crue biennale, où l'ouvrage est noyé et donc franchissable, si toutefois les vitesses ne sont pas trop élevées.
Autres illustrations		-	-

Tableau 12 : Synthèse de l'état de franchissabilité des ouvrages majeurs

Numéro	Nom de l'ouvrage	H de chute à l'étiage (m)	Franchissabilité piscicole		
			Truite de rivière (15-30 cm) (4b)	Lotte de rivière (8c)	Lamproie de Planer et Chabot (9b)
OH1	Seuil en amont du parc à cervidés	0.9	Infranchissable		
OH2	Seuil à l'aval de la Place de la Manufacture	1.8	Infranchissable		
OH3	Seuil 3	0.3	Infranchissable en basses eaux	Infranchissable en basses eaux. Et moyennement franchissable à partir d'un tirant d'eau de 10 cm.	Infranchissable en basses eaux. Et moyennement franchissable à partir d'un tirant d'eau de 10 cm.
OH4	Déviations de la Neuve Rivière	1	Infranchissable		
OH5	Seuil de Petitefontaine	1.7	Infranchissable		
OH6	Seuil aval rue des Marronniers	0.8	Infranchissable en basses eaux. Difficilement franchissable jusqu'à la Q2	Infranchissable en basses et moyennes eaux. Difficilement franchissable jusqu'à la Q2	Infranchissable sauf peut-être à partir de la Q2

Les impacts de ces ouvrages concernent également :

- Le ralentissement des écoulements plus ou moins localement (zone de remous ou d'influence des ouvrages) ;
- L'augmentation du colmatage du substrat par les particules fines ;
- L'étagement et le fractionnement du cours d'eau.

3.6.3.5 La zone d'influence hydraulique des ouvrages

La zone d'influence d'un ouvrage hydraulique ou zone de remous correspond à la zone en amont de l'ouvrage hydraulique sur laquelle les écoulements sont contraints par cet ouvrage. Elle correspond donc au linéaire de retenue d'eau induit par l'infrastructure.

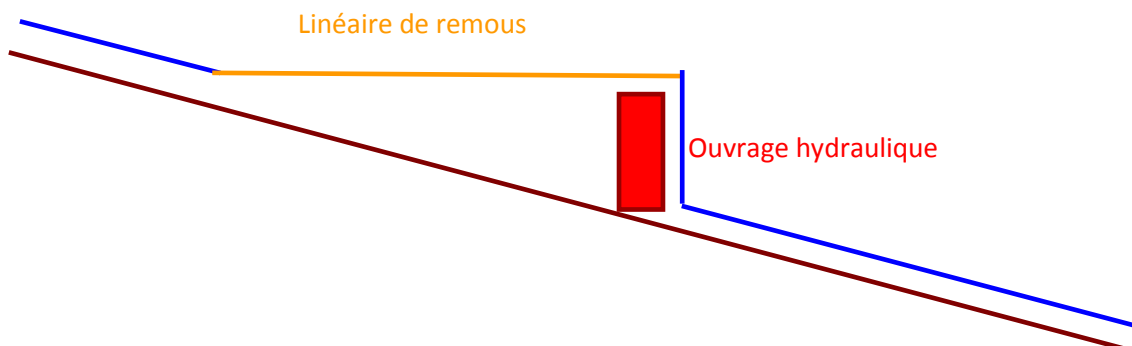


Figure 74 : Schéma du linéaire de remous d'un OH

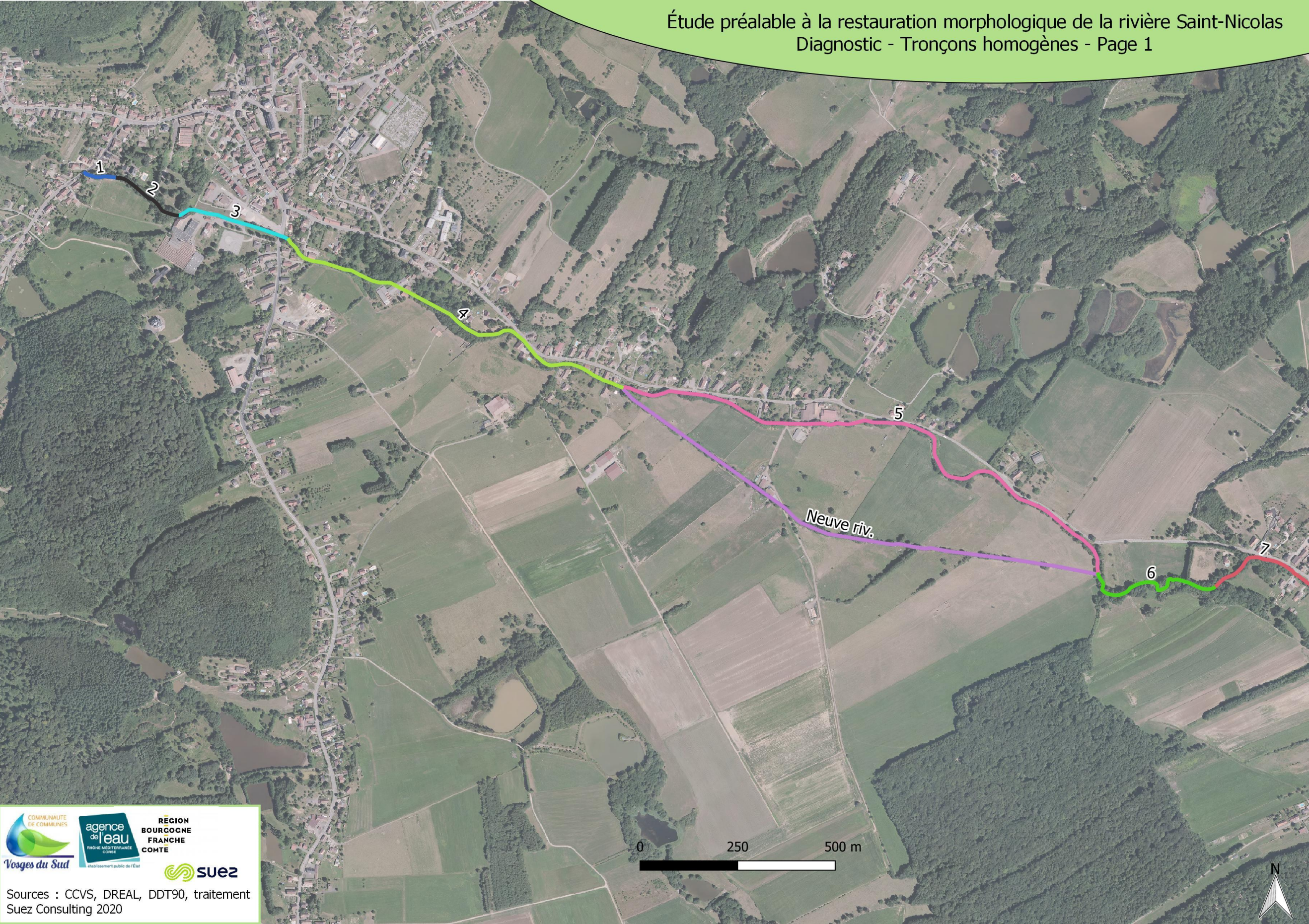
Les longueurs de remous estimées sur place (en période d'étiage) sont au total de 183 m pour une portion de cours d'eau d'une longueur de 6.5 km. Le linéaire d'écoulement influencé par les ouvrages de la partie étudiée du cours d'eau est donc faible (2.8 %).

3.6.4 Analyse hydromorphologique

3.6.4.1 Définition de tronçons homogènes

Suite aux observations de terrain, la rivière a été délimitée en tronçon homogène (selon ses caractéristiques physiques et les altérations). Ces tronçons ont été numérotés afin de pouvoir mieux se repérer. Ils sont représentés sur la carte suivante. Ils sont au nombre de 14 sur la Saint-Nicolas et un pour la Neuve Rivière.

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas
Diagnostic - Tronçons homogènes - Page 1







Sources : CCVS, DREAL, DDT90, traitement Suez Consulting 2020

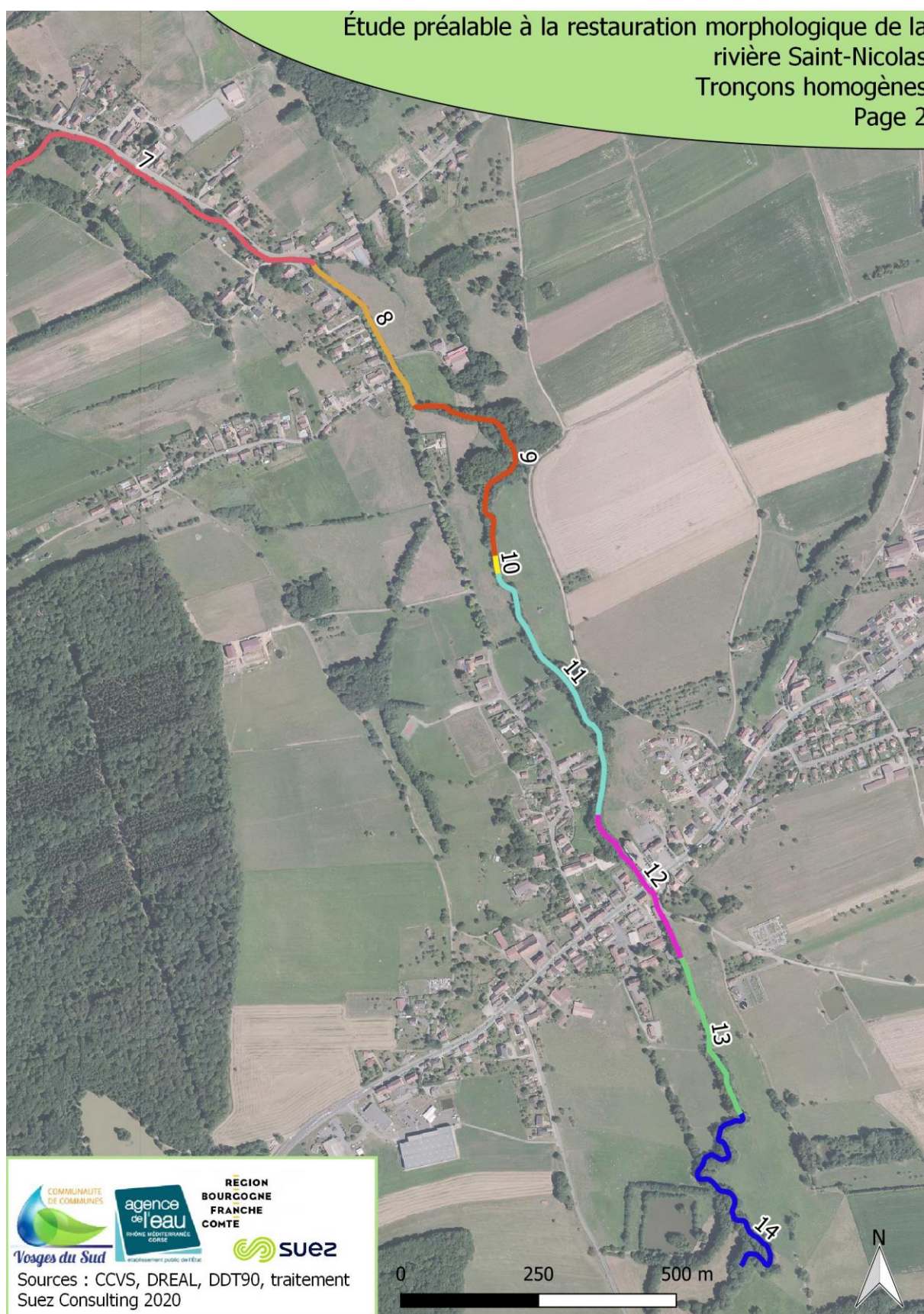


Figure 75 : Cartographie des tronçons homogènes

3.6.4.2 Grandeurs morphologiques principales

3.6.4.2.1 Sinuosité

L'indice de sinuosité correspond au rapport entre la longueur curvilinéaire (en suivant le linéaire du cours d'eau) et la longueur d'onde (à vol d'oiseau). Les classes de sinuosité sont les suivantes :

- $IS < 1.05$: Quasi rectiligne ;
- $1.05 < IS < 1.25$: Sinueux ;
- $1.25 < IS < 1.50$: Très sinueux ;
- $1.5 < IS$: Méandriforme.

À titre de comparaison, les indices de sinuosité sont donnés par tronçon. Il faut toutefois noter que **plus la longueur d'un tronçon est faible plus l'indice de sinuosité aura tendance à surestimer l'aspect rectiligne ou méandriforme du tronçon.**

Tableau 13 : Indices de sinuosité

Tronçon	Longueur curvilinéaire (m)	Longueur d'onde (m)	Indice de sinuosité	Classe de sinuosité
1	86.6	84.65	1.02	Quasi rectiligne
2	185.1	179.9	1.03	Quasi rectiligne
3	303.9	293.75	1.03	Quasi rectiligne
4	976.4	932.49	1.05	Quasi rectiligne
5	1458.4	1311.84	1.11	Sinueux
6	389.4	305.1	1.28	Très sinueux
7	660.4	579.92	1.14	Sinueux
8	320.7	312.44	1.03	Quasi rectiligne
9	446.5	310.57	1.44	Très sinueux
10	42.4	42.36	1.00	Quasi rectiligne
11	504.8	473.65	1.07	Sinueux
12	298.1	291.22	1.02	Quasi rectiligne
13	310.0	303.394	1.02	Quasi rectiligne
14	517.3	276.266	1.87	Méandriforme
Saint-Nicolas	6499.98	5697.55	1.14	Sinueux
Neuve Rivière	1353.60	1311.84	1.03	Quasi rectiligne

Ainsi, les tronçons très anthropisés (traversés des villages) sont quasi rectilignes et quelques tronçons préservés sont très sinueux à méandriforme. La Saint-Nicolas sur son ensemble est sinueuse. La Neuve Rivière est quasi rectiligne.

3.6.4.2.2 Caractéristiques physiques

Les largeurs de pleins bords, largeur en eau ont été mesurées par tronçon homogène. Les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Largeurs et hauteurs de plein bord de chaque tronçon

Tronçon	Largeur PB	hauteur PB	hauteur/largeur
1	6	1.40	0.23
2	-	-	-
3	5	1.50	0.30

Tronçon	Largeur PB	hauteur PB	hauteur/largeur
4	5	1.50	0.30
5	6	0.75	0.13
6	10	1.80	0.18
7	8	0.80	0.10
8	7	1.80	0.26
9	12	2.00	0.17
10	15	0.50	0.03
11	12	1.25	0.10
12	8	1.40	0.18
13	8	0.75	0.09
14	10	1.25	0.13
Neuve Rivière	6	0.75	0.13

À part les tronçons 10 et 13, le lit de la Saint-Nicolas est surdimensionné avec notamment une sur-profondeur.

Une telle sur-profondeur peut permettre de limiter par exemple les débordements, mais cela intensifie l'inondation à l'endroit du débordement et donc risque de créer de plus importants dommages. Une rivière avec un gabarit morphologiquement bon et naturel déborde souvent (dès la crue biennale) mais de manière moins brutale.

3.6.4.2.3 Taux d'étagement et de fractionnement des cours d'eau

Afin de mesurer le cloisonnement causé par les ouvrages hydrauliques sur les cours d'eau, deux indicateurs sont utilisés :

- Le taux d'étagement exprime le rapport entre la hauteur des chutes artificielles des ouvrages et la dénivellation naturelle (%). L'indicateur sera donc fort en cas de hauteurs de chute artificielles élevées (concentrées sur un ouvrage ou sur plusieurs) rapportées à une faible dénivellation. C'est la raison pour laquelle, sur les cours d'eau à fortes pentes, l'indicateur perd de sa robustesse. Un autre indicateur lui sera alors préféré :
- Le taux de fractionnement qui exprime le rapport entre la hauteur des chutes artificielles des ouvrages et la longueur du cours d'eau (m/km ou ‰).

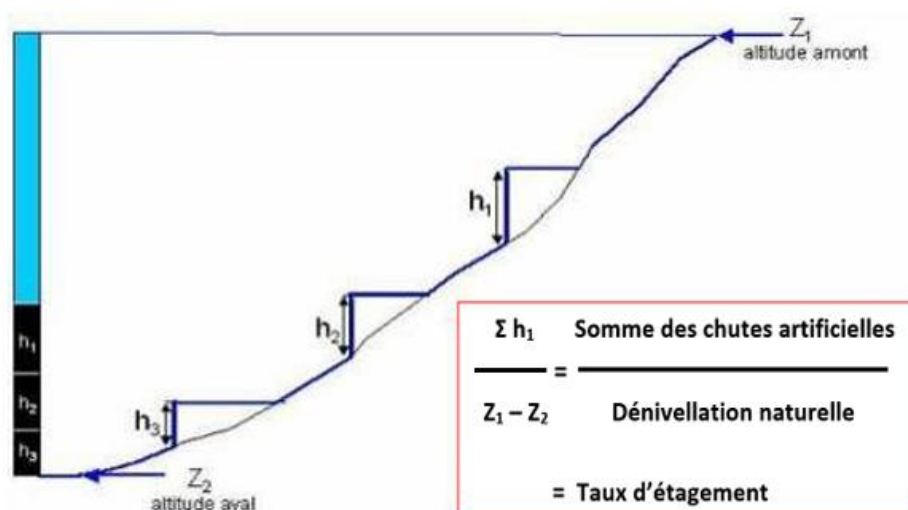


Figure 76 : Schématisation du calcul du taux d'étagement d'un cours d'eau (Source : ONEMA)

Le taux d'étagement nous fournit des informations sur le risque de non atteinte du bon état des peuplements piscicoles. Il est admis que :

- Pour un taux d'étagement supérieur à 60%, le cours d'eau a un risque fort de non atteinte du bon état des peuplements piscicoles ;
- Pour un taux d'étagement supérieur à 40%, le risque est moyen.
- Pour un taux d'étagement inférieur à 40%, le risque est faible.

Le seuil de 40% est important puisqu'il correspond au seuil d'atteinte du bon état des cours d'eau fortement étagés.

Tableau 15 : Taux de fractionnement et d'étagement

Nom du cours d'eau	Longueur de linéaire (m)	Hauteur de chute cumulée (m)	Dénivelé (m)	Valeur du taux de fractionnement	Valeur du taux d'étagement
Saint-Nicolas	6500	6.5	69.8	1‰	9%

La Saint-Nicolas a une pente globale forte. L'utilisation du taux de fractionnement est préférée. Sa valeur est relativement faible ici.

Rappelons que les ouvrages sont relativement bien répartis sur le linéaire de cours d'eau étudié hormis sur la section sud du linéaire étudié (aucun obstacle à l'écoulement à Lachapelle-sous-Rougemont).

La Neuve Rivière ne compte pas d'ouvrage majeur (on note toutefois la présence d'une buse avec une chute).

3.6.4.3 Evaluation des effets hydromorphologiques liés à l'intervention sur les ouvrages

3.6.4.3.1 Principes

3.6.4.3.1.1 Erosion régressive

Dans le cas où le remous solide en amont de l'ouvrage est important, une opération de dérasement ou d'arasement peut engendrer des réajustements morphologiques au sein du lit mineur. Il s'agit du phénomène d'érosion régressive schématisé sur la figure ci-dessous.

Cet ajustement se fait en plusieurs étapes :

- A et B : après accumulation de sédiments pendant des décennies, si la retenue est vidangée progressivement, la surface des sédiments reste inchangée.
- C : c'est au moment de l'arasement, lorsque la pente au droit de l'ouvrage augmente, tout comme la puissance hydraulique, que les sédiments sont mobilisés et que le lit s'incise.
- D : cette incision se poursuit vers l'amont par érosion régressive, et le lit s'élargit par érosion latérale et glissement des berges. La taille des sédiments exportés à ce stade augmente.
- E : ensuite, la fraction plus grossière des sédiments s'accumule dans le lit.
- F : l'élargissement se stabilise. Le front d'érosion progressera jusqu'à un point dur ou jusqu'à ce que la pente du lit s'approche de la pente d'équilibre et que l'énergie du cours d'eau diminue.

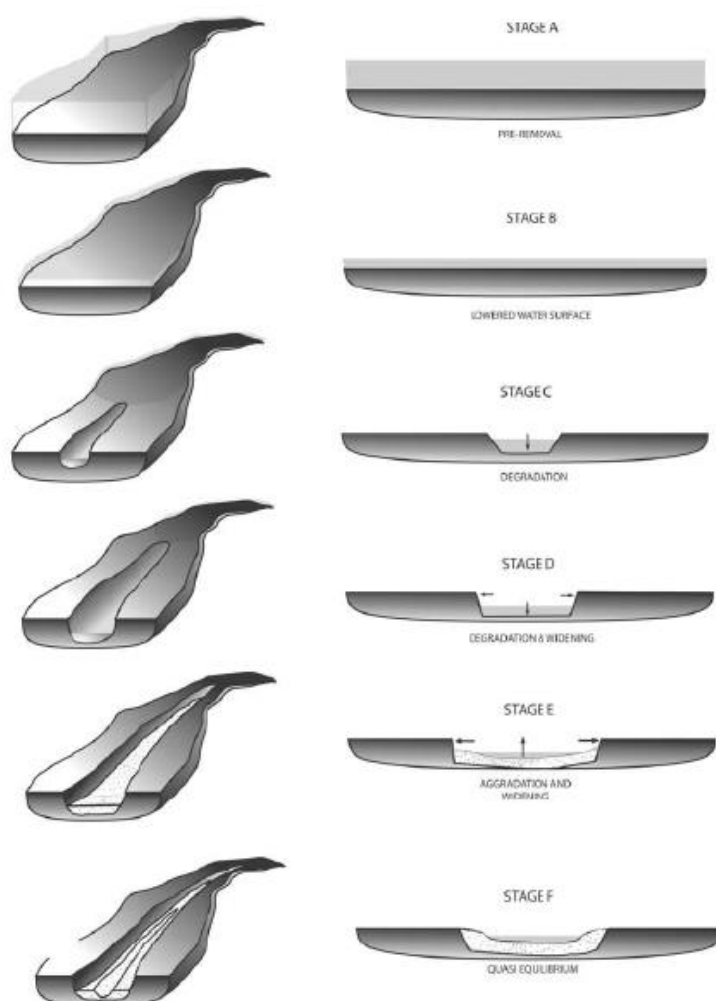


Figure 77 : Schématisation du phénomène d'érosion régressive (Source : OFB)

La réponse géomorphologique consécutive à l'arasement d'un seuil est fonction de la quantité de sédiments stockés dans la retenue, de leur granulométrie ainsi que de la capacité du système fluvial à s'ajuster, notamment par érosion régressive dans le remous solide. Ces facteurs contrôlent également le rythme et l'amplitude des changements à l'aval.

3.6.4.3.1.2 Sur-alluvionnement en aval

La quantité de matériaux retenue en amont des ouvrages peut aussi impacter les milieux aquatiques. En effet, le relargage brutal de sédiments peut provoquer un enfouissement de certains faciès d'écoulement sous les masses alluviales en transit. Ce peut être assez pénalisant si les matériaux sont fins et colmatent des substrats plus grossiers.

Le sur-alluvionnement peut aussi fossiliser, au moins temporairement, la ripisylve existante et entraîner une mortalité par asphyxie ou toxicité des alluvions.

Enfin, un aspect important du relargage des matériaux issus de l'ancienne retenue concerne leur qualité physico-chimique. Les ouvrages situés dans des bassins versants industriels ou agricoles peuvent notamment contenir des sédiments pollués ou contenant de fortes quantités d'intrants agricoles. Leur relargage aura des effets négatifs sur la qualité de l'eau et des sédiments en aval, voire directement sur les biocénoses.

3.6.4.3.2 Evaluation des risques hydromorphologiques sur la Saint-Nicolas

3.6.4.3.2.1 Remous et son devenir

Le remous liquide a été estimé sur place et il est faible. Les hauteurs de sédiments en amont des ouvrages sont faibles et donc le remous solide est faible également.

Ainsi, en amont des ouvrages, la Saint-Nicolas a refaçoné un profil d'équilibre. Dans ce cas, un dérasement pourrait entraîner :

- Un risque de sur-alluvionnement quasi nul du fait de l'absence de vase en amont des différents seuils à aménager et donc très peu d'impact sur les habitats aquatiques. Cependant, une charge grossière est néanmoins présente et ira se déposer en aval des ouvrages afin de rééquilibrer le profil de la rivière ;
- Un processus assez lent de réajustement longitudinal. C'est la granulométrie grossière du remous solide qui limitera la vitesse d'ajustement du profil longitudinal.

L'essentiel des ajustements auront lieu dans le lit mineur actuel à proximité immédiate des ouvrages aménagés.

3.6.4.3.2.2 Probabilité d'ajustement en cas de dérasement

L'évaluation de la probabilité d'ajustement du profil en long en cas de dérasement se fait par comparaison entre la pente d'équilibre du cours d'eau et la pente du projet.

Le calcul de la pente d'équilibre se base sur :

- Le débit de pleins bords ;
- La granulométrie ;
- La largeur à pleins bords ;
- Le calcul de la pente du projet est basé sur la pente moyenne actuelle.

D'après les formules hydromorphologiques :

Yalin 92	$S=0.55 D_{50}^{1.07} Q^{-0.43}$
Gosh 83	$S=0.68 Q_B^{-0.46} D_{50}^{1.15}$
Blench 57	$S=Q_B^{-0.4} D_{50}^{1.2}$
Manning	$S = (0.53 D_{50}^{1.43}) / (Q/L)^{0.86}$

Avec S = pente d'équilibre du fond correspondant à un débit solide nul ;

Q = Débit ;

L : largeur moyenne de l'écoulement ;

$D50$ = diamètre moyen des matériaux du fond.

- Si la pente d'équilibre est supérieure à la pente projet, l'énergie du cours d'eau n'est pas suffisante et l'ajustement tendra vers la sédimentation ;
- Si la pente d'équilibre est inférieure à la pente projet, l'énergie du cours d'eau sera suffisante et l'ajustement tendra vers l'incision.

Le tableau suivant récapitule les données d'entrée et les calculs de la pente d'équilibre.

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial
Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

Tableau 16 : Paramètres de calculs de la pente d'équilibre

Tronçon	Linéaire (m)	Cote amont (mNGF)	Cote aval (mNGF)	Pente actuelle			Pente d'équilibre						Écart à la pente d'équilibre	Ajustement naturel ?
				Dénivelé (m)	Pente (%)	Pente (m/m)	Q2 (m3/s)	Dmoy (m)	Yalin (92)	Gosh (83)	Blench (57)	Moyenne		
1	86.6	442.75	441.63	1.1	1.29%	0.013	5.300	0.05	0.011	0.010	0.014	0.012	-0.13%	Erosion
2	185.1	441.63	438.01	3.6	1.96%	0.020	5.400	0.05	0.011	0.010	0.014	0.012	-0.80%	Erosion
3	303.9	438.01	434.22	3.8	1.25%	0.012	5.800	0.05	0.010	0.010	0.014	0.011	-0.1%	Erosion
4	976.4	434.22	415.69	18.5	1.90%	0.019	7.000	0.05	0.010	0.009	0.013	0.010	-0.9%	Erosion
5	1458.4	415.69	396.92	18.8	1.29%	0.013	8.000	0.05	0.009	0.008	0.012	0.010	-0.3%	Erosion
6	389.4	396.92	392.05	4.9	1.25%	0.013	9.900	0.05	0.008	0.008	0.011	0.009	-0.36%	Erosion
7	660.4	392.05	387.42	4.6	0.70%	0.007	10.400	0.05	0.008	0.007	0.011	0.009	0.18%	Dépôt
8	320.7	387.42	383.43	4.0	1.24%	0.012	10.700	0.05	0.008	0.007	0.011	0.009	-0.38%	Erosion
9	446.5	383.43	380.26	3.2	0.71%	0.007	14.700	0.05	0.007	0.006	0.009	0.008	0.05%	Dépôt
10	42.4	380.26	379.93	0.3	0.78%	0.008	15.800	0.05	0.007	0.006	0.009	0.007	-0.05%	Erosion
11	504.8	379.93	377.93	2.0	0.40%	0.004	16.000	0.05	0.007	0.006	0.009	0.007	0.33%	Dépôt
12	298.1	377.93	376.74	1.2	0.40%	0.004	17.200	0.05	0.007	0.006	0.009	0.007	0.31%	Dépôt
13	310.0	376.74	374.46	2.3	0.74%	0.007	18.600	0.05	0.006	0.006	0.009	0.007	-0.05%	Erosion
14	517.3	374.46	372.92	1.5	0.30%	0.003	19.300	0.05	0.006	0.006	0.008	0.007	0.38%	Dépôt
Saint-Nicolas	6500	442.75	372.92	69.83	1.07%	0.01	11.72	0.05	0.008	0.007	0.010	0.008	-0.2%	Erosion
Neuve Rivière	1353.60	415.69	396.92	18.76	1.39%	0.01	3.65	0.05	0.013	0.012	0.016	0.014	0.0%	Erosion

La pente actuelle est a priori proche de la pente d'équilibre théorique.

Il faut prendre ces résultats avec précaution car il y a beaucoup d'approximations, notamment le débit ne correspond pas réellement au débit de plein bord.

3.6.4.3.3 Potentiel morphodynamique : Puissance spécifique

3.6.4.3.4 Principe

La puissance spécifique est un outil de mesure de l'efficacité géomorphologique d'un cours d'eau. Cette donnée permet de comparer l'énergie des rivières entre elles et de déterminer approximativement leur capacité à mobiliser par l'érosion la plaine alluviale par des divagations naturelles.

La puissance spécifique (ω en W/m^2) est donnée par la formule de Bagnold (1966) :

$$\omega = \rho g Q_b . S/w$$

Avec : ρ = Masse volumique du fluide (1000 kg/m^3) ;

g = Accélération de la gravité (9.81 m/s^2) ;

Q_b = Débit à plein bords (m^3/s) ;

S = La pente moyenne de la ligne d'eau (m/m) ;

w = Largeur moyenne du chenal à plein bord (m).

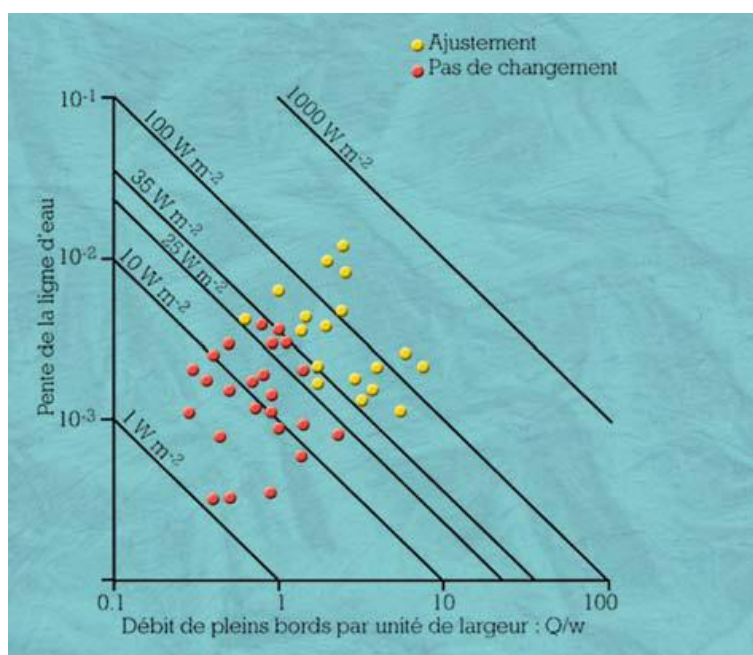


Figure 78 : Seuils de puissance spécifique (OFB)

Les méandres libres se rencontrent en général sur les rivières qui développent des puissances de 15 à 100 W/m^2 (R.I Ferguson 1981, in Bravard et Petit, 1997) alors que le seuil de 35 W/m^2 séparerait les cours d'eau non-sujets aux érosions de berges et les cours d'eau susceptibles de se réajuster après des travaux de rectification.

3.6.4.3.5 Puissance fluviale spécifique des cours d'eau étudié

Le calcul de la puissance spécifique a été réalisé en prenant en compte la pente moyenne du site en considérant les altitudes du fond du lit des profils en travers du PPRi ou extrapolés par le modèle hydraulique.

Ce calcul se base sur le débit de pleins bords (juste avant débordement). Ce débit est pris égal au débit de la crue biennale calculé. Effectivement, à l'état naturel, le débit biennal correspondant au débit le plus efficace pour les ajustements latéraux.

La puissance spécifique de la Saint-Nicolas est forte à très forte. Les valeurs ne sont peut-être pas tout à fait justes à cause des erreurs d'estimation, notamment sur le débit de plein bord, mais l'ordre de grandeur est correct : la rivière a une grande capacité d'ajustement, notamment en raison de sa pente importante.

Tableau 17 : Calcul de la puissance spécifique par tronçon

Tronçon	Lpb (m)	S (m/m)	Qb (m3/s)	Puissance spécifique (w/m²)	Evolution ?
1	6	0.0129	5.300	112.1	Ajustement
2	6	0.0196	5.400	172.7	Ajustement
3	5	0.0125	5.800	141.6	Ajustement
4	5	0.0190	7.000	260.5	Ajustement
5	6	0.0129	8.000	168.1	Ajustement
6	10	0.0125	9.900	121.4	Ajustement
7	8	0.0070	10.400	89.3	Ajustement
8	7	0.0124	10.700	186.4	Ajustement
9	12	0.0071	14.700	85.2	Ajustement
10	15	0.0078	15.800	80.6	Ajustement
11	12	0.0040	16.000	51.6	Ajustement
12	8	0.0040	17.200	84.7	Ajustement
13	8	0.0074	18.600	167.6	Ajustement
14	10	0.0030	19.300	56.0	Ajustement
Saint-Nicolas	8.43	0.0107	11.72	146.41	Ajustement
Neuve Rivière	6.00	0.0139	3.65	82.64	Ajustement

3.6.4.4 Synthèse de l'état hydromorphologique

Le tableau suivant synthétise les acquis sur l'hydromorphologie de la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière sur la zone d'étude.

Tableau 18 : Synthèse de l'état hydromorphologique

Paramètre	Conclusions	
	Saint-Nicolas	Neuve Rivière
<i>Indice de sinuosité</i>	Son tracé est globalement sinueux avec des portions artificialisées plutôt rectiligne et des portions naturelles jusqu'à méandriforme.	Quasi rectiligne
<i>Profil en long</i>	Peu perturbé par les ouvrages et les aménagements anthropiques	Totalement artificiel
<i>Etagement et fractionnement</i>	Faible	Quasi nul

Paramètre	Conclusions	
	Saint-Nicolas	Neuve Rivière
<i>Remous solide</i>	Faible remous solide	nul
<i>Puissance spécifique</i>	Elle est forte à très forte, la rivière a une grande capacité d'ajustement	La rivière a une grande capacité d'ajustement
<i>Evolution du tracé</i>	Un peu plus méandriforme sur la carte de Cassini, mais, de 1760 à aujourd'hui, on observe peu d'évolutions. Les portions de la Saint-Nicolas dans les traversées des villages et parallèlement à la Neuve Rivière ont a priori été rectifiées dès le 18 ^e siècle (voire le 19 ^e).	Était plus sinueuse sur les cartes de 1760 et 1820-1866.

3.7 La nappe

Au vu des altérations sur la Saint-Nicolas et notamment de son incision, le niveau de sa nappe d'accompagnement a dû descendre. Cela contribue à aggraver les faibles débits d'étiages de la rivière.

Cette nappe est captée à Leval pour l'alimentation en eau potable. Ces captages sont suivis par des piézomètres. Le suivi de mi-juin 2019 à mi-septembre 2020 a été transmis par le Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas, il est présenté ci-après, ainsi que la localisation des piézomètres. La Saint-Nicolas, au plus proche, se situe à environ 100 m au sud du puits 1.

Etant indiqué dans le fichier transmis que la hauteur est relevée depuis le dessus du tube du piézomètre soit environ 70 cm au-dessus du niveau du sol, nous avons retiré 70 cm des hauteurs mesurées sur la Figure 80.

On observe sur cette figure que l'eau dans le piézomètre 2 du puits Leval 2 est proche du niveau du sol en hiver.

En été, le niveau de la nappe dans le piézomètre 1 du puits Leval 2 peut descendre à plus de 10 m. Le niveau de la nappe dans le piézomètre 1 du puits Leval 1 (qui est le plus proche de la Saint-Nicolas) peut descendre quant à lui jusqu'à environ de 8 m.

Le champ captant de Leval se situe à une altitude moyenne de 396 m d'après son arrêté d'autorisation. D'après les données du modèle hydraulique, le fond du lit de la Saint-Nicolas au droit du captage Leval 1 se situe à environ 393 m NGF. Ainsi, avec une nappe en été au plus bas de -8 m, elle est environ à -5 m sous le fond de la Saint-Nicolas (au plus critique des étés 2019 et 2020 (à mi-septembre)).

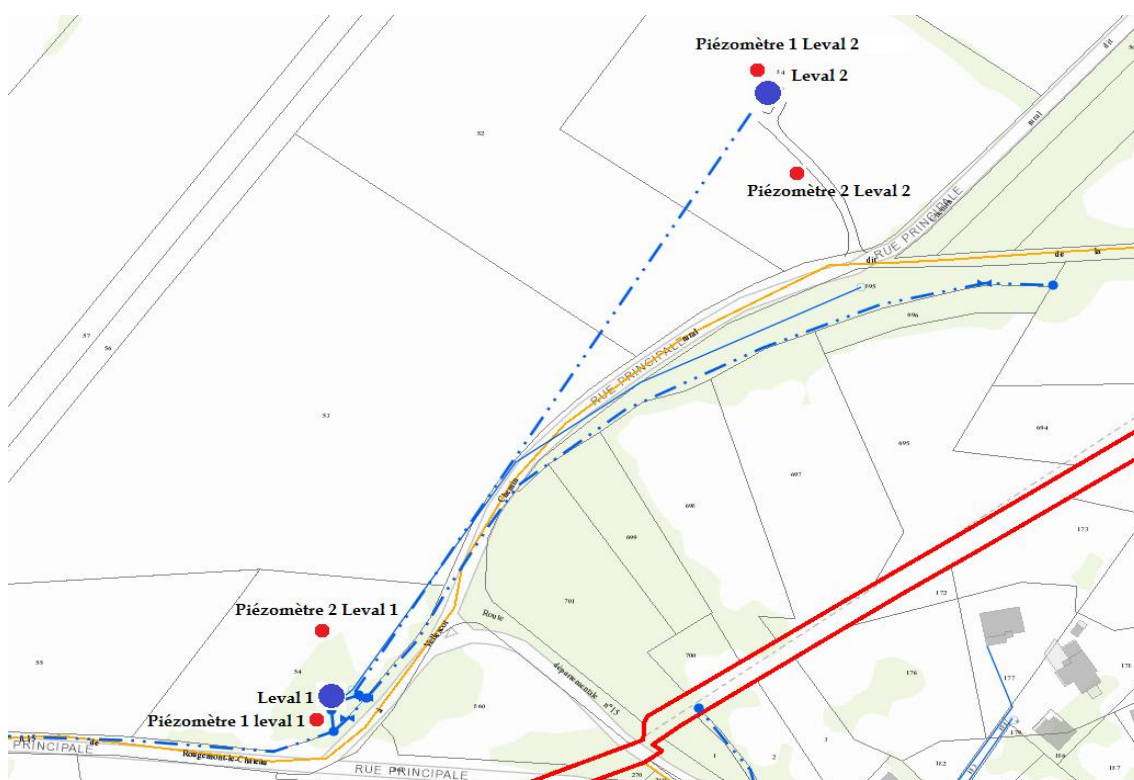


Figure 79 : Localisation des piézomètres à Leval du Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas (source : Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas)

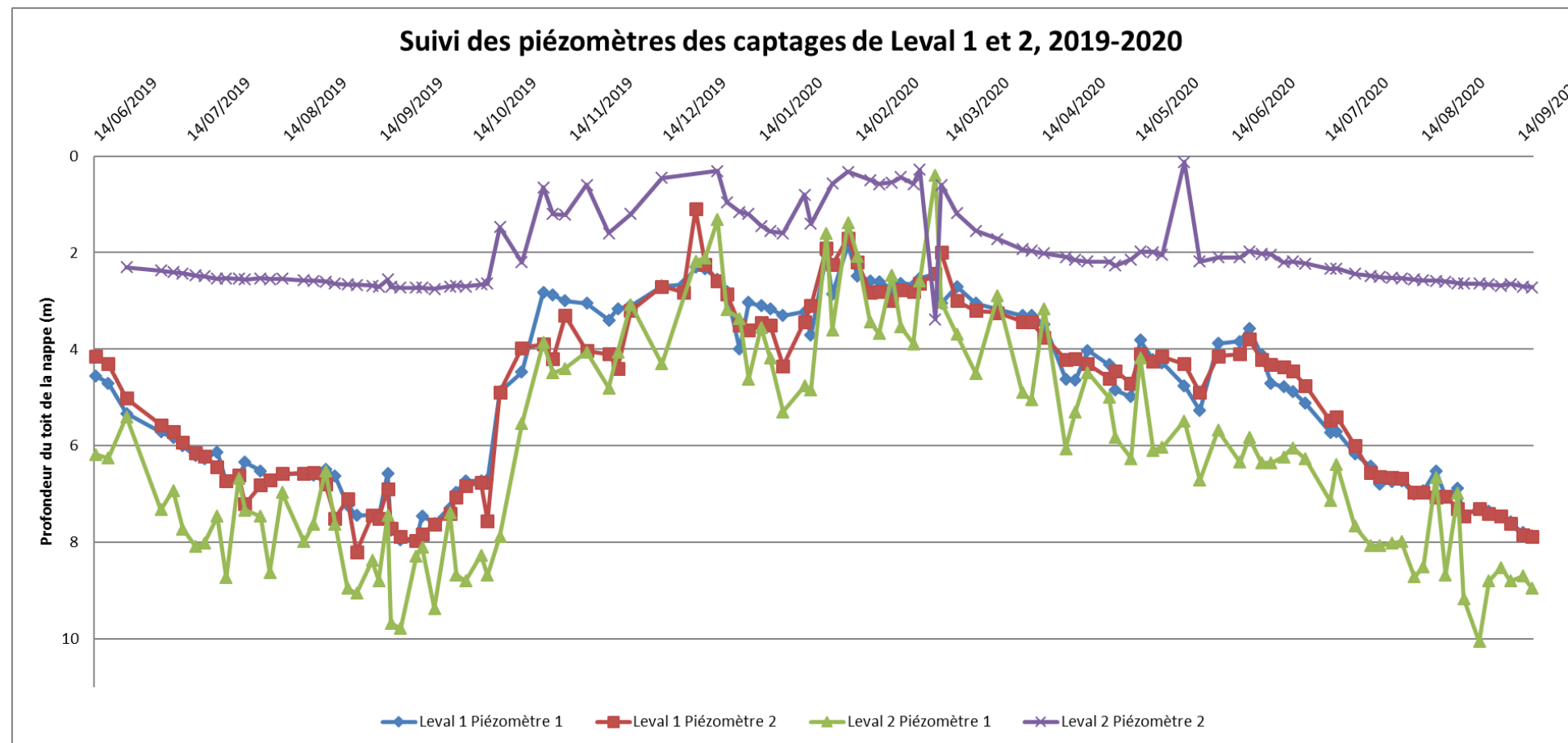


Figure 80 : Suivi des piézomètres des puits de captages Leval 1 et 2 sur 2019 et 2020 (source : Syndicat des eaux de la Saint-Nicolas)

3.8 Synthèse sur la Saint-Nicolas

La Saint-Nicolas a subi des modifications depuis avant 1760 avec la création de la Neuve Rivière puis la création de nombreux seuils. Aujourd'hui, il existe moins de seuils. La rivière est dynamique et tant à un retour à un état naturel, mais elle reste altérée par les activités passées. Elle est notamment incisée (fortement par endroit) et contraintes par des protections de berge dans les traversées de village.

Elle a un bon potentiel de restauration.

3.9 Synthèse sur la Neuve Rivière

Pour rappel, la Neuve Rivière est un bras de décharge de la Saint-Nicolas, créé a priori avant 1760. Son linéaire de l'époque semblait plus sinueux.

Outre le fait que ce linéaire n'est pas naturel (et donc notamment perché), il a :

- quelques intérêts écologiques : écoulements diversifiés
- mais surtout plusieurs dysfonctionnements :
 - Ripisylve peu large, éparse ou absente (faible ombrage, faible protection de berge, faible filtration des polluants)
 - Incision du lit
 - Impact de la présence des bovins : érosions de berges, MES, pollutions des eaux
 - Présence d'ouvrages faisant obstacle aux écoulements (buse, grille, ...).

Ces dysfonctionnements entraînent des conséquences biologiques visibles, comme une population piscicole fortement dégradée.

Au final son intérêt écologique est **faible**.

Du fait d'un manque de données important sur les données topographiques de la Neuve Rivière, son analyse hydraulique via le modèle est surement faussée. Ainsi, il n'est pas possible avec les données existantes d'estimer de manière juste la répartition des débits entre la Saint-Nicolas et la Neuve Rivière. On a estimé pour nos calculs qu'elle était de 50/50 en moyenne. La Neuve Rivière n'a pas d'apport autre que les ruissellements (elle n'a pas d'affluent), contrairement à la Saint-Nicolas qui reçoit sur sa portion parallèle à la Neuve Rivière un affluent (La Goutte du Seigneur). Ainsi la répartition des débits d'entrée et de sortie sont différents.

L'impact hydrologique de la Neuve Rivière est négatif en basses eaux, puisqu'il retire du débit de la Saint-Nicolas, dont les hauteurs sont déjà critiques, mais elle a été créée dans le but de décharger la Saint-Nicolas pendant les crues (notamment suite aux fontes des neiges) afin de limiter les inondations sur les zones à enjeux.

Son usage aujourd'hui est donc de :

- Limiter le risque inondation
- Abreuver le bétail des pâtures riveraines.

4 ENJEUX HUMAIN ET ECONOMIQUE

4.1 Analyse des usages

4.1.1 Occupation du sol

L'occupation du sol est définie par le Corinne Land Cover 2018 et confirmée par l'expertise terrain de septembre 2020. Ces relevés sont présentés sur la carte ci-après.

Les couvertures de sol le long des berges sont divisées en deux groupes :

- les **zones urbaines**, avec de nombreuses habitations ou fonds de jardin en bord de cours d'eau, entraînant quasiment sur tout le linéaire des berges artificialisées,
- et les **zones naturelles**, avec des prairies pâturées (par des bovins sur Leval et Lachapelle-sous-Rougemont et plus de chevaux entre Petitefontaine et Lachapelle-sous-Rougemont). Les bords de rivières ont une ripisylve plus ou moins présente le long de ces secteurs (cf. 3.6.2.5.1 page 75)

Cette occupation du sol est à l'origine de fortes pressions anthropiques sur le cours d'eau, et entraînera d'éventuelles contraintes techniques pour les aménagements. En effet, l'espace de mobilité latérale est très faible dans certains secteurs, et il sera nécessaire d'être vigilants quant à la stabilité des ouvrages ou bâtis en présence, afin de ne pas menacer leur structure.

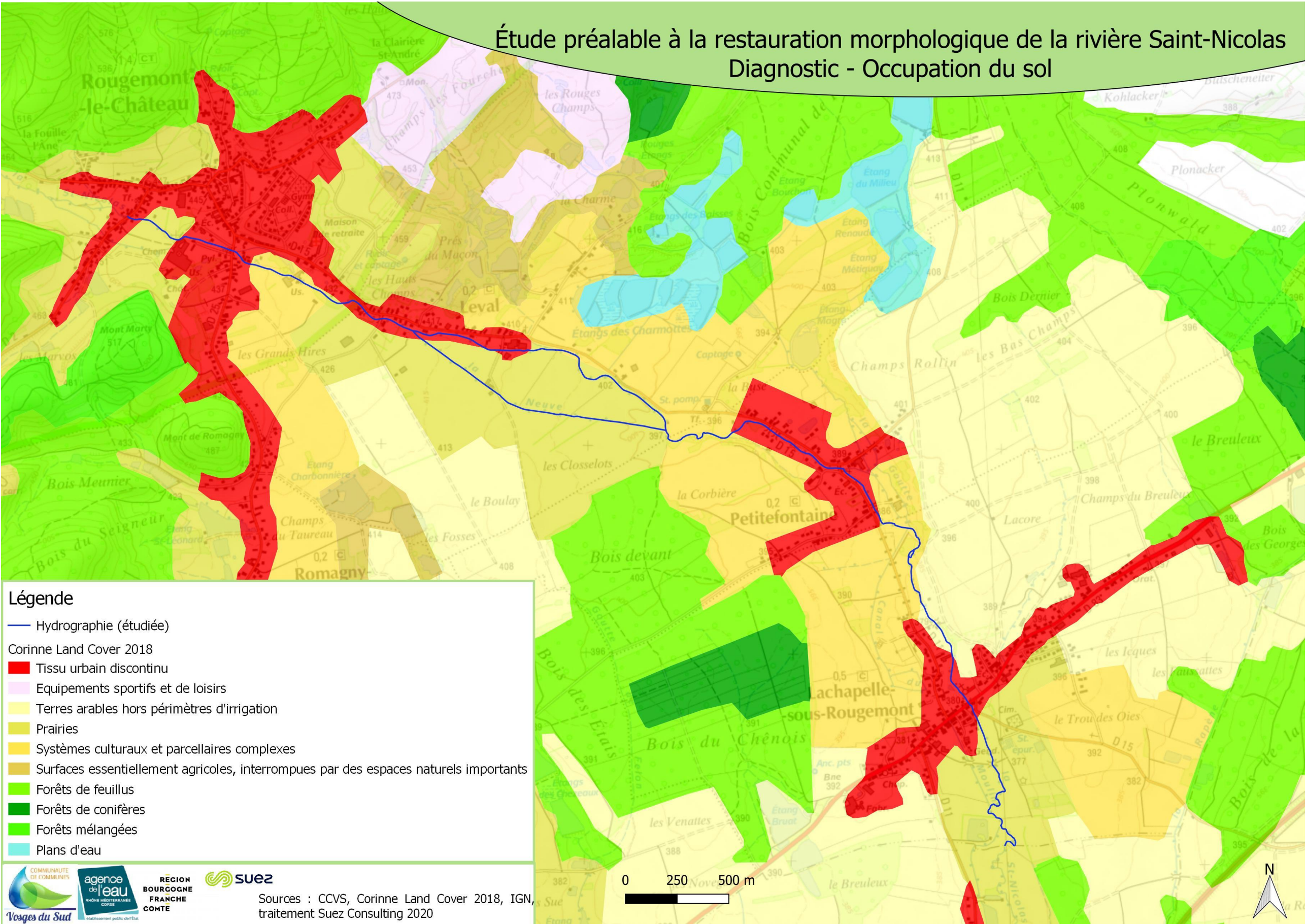


Figure 81 : Occupation du sol

4.1.2 Activités en présence

4.1.2.1 Alimentation en eau potable

Plusieurs captages sont présents à proximité de la Saint-Nicolas. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Localisation des captages d'eau potable

Nom des captages	Localisation
Forage des Hauts Champs	
Puits de Leval	

Le forage des Hauts Champs et ses périmètres de protection sont en dehors du lit majeur de la Saint-Nicolas. Les limites des périmètres de protection rapprochée et éloignée des puits de Leval longent la Saint-Nicolas.

La présence de ces captages sera prise en compte pour la définition des propositions de restauration de la Saint-Nicolas.

4.1.2.2 L'agriculture

Comme montré sur la carte de l'occupation des sols (page 109), l'agriculture est assez présente sur les bords des rivières, essentiellement sous forme de pâtures (quelques champs cultivés sont également présents, mais plus éloignés).

4.1.2.3 Les étangs

Les étangs, situés en dérivation, peuvent avoir un impact sur les processus hydrologiques du cours d'eau :

- Vidange d'eaux réchauffées ;
- Stockage ;
- Court-circuitage ;
-

Ils jouent un rôle d'agrément (paysager, pêche...).

D'après l'étude de 2015 sur le tronçon prioritaire SN1, plus de 100 étangs sont présents sur la partie haute du bassin versant, qui influent directement les caractéristiques du tronçon. Ils ont une surface de quelques centaines de m² à plus de 5 ha. D'après le Cotech, il y en a environ 55 sur la commune de Leval, ce qui en fait une des communes ayant le plus d'étangs du Département.

L'impact des étangs sur la Saint-Nicolas est important. L'analyse de cet impact n'est pas l'objet de cette étude.



Figure 82 : Étang de l'usine ID Casting

4.1.2.4 Autres activités

De nombreux moulins étaient présents auparavant pour alimenter des usines. Ces activités ont subi un fort déclin. L'eau n'est plus utilisée, mais deux bras de dérivation existent encore :

- Le premier n'est pas compris intégralement sur la zone d'étude, l'ouvrage de prise d'eau se trouvant en amont de la zone d'étude
- Le deuxième correspond à la prise d'eau en aval du pont de l'avenue Jean Moulin à Rougemont-le-Château pour l'entreprise ID Casting.

On note encore la présence du seuil de Petitefontaine, dont la prise d'eau semble à sec ou partiellement en eau.

Il n'existe a priori pas de projet d'exploitation d'hydroélectricité sur la zone d'étude.

4.2 Analyse des contraintes

En plus des contraintes liées directement au respect des usages précités, il existe également des contraintes spatiales, foncières et techniques.

4.2.1 Contraintes spatiales

Dans le cadre de l'étude hydromorphologique du bassin versant de la Bourbeuse (département du Territoire de Belfort. 2016), sur le tronçon prioritaire SN1, une analyse des contraintes spatiales a été réalisée (cf. Figure 83). Cette analyse montre que seulement 30 % de la rive gauche est libre de tout aménagement. De plus les zones libres sont des petits espaces enclavés. La rive droite est un peu plus préservée avec 60 % du lit majeur non contraint et une belle zone de près de 1500 m entre Leval et Petitefontaine.



Figure 83 : Contraintes spatiales au bord de la Saint-Nicolas (SN1) (source : Étude hydromorphologique du bassin versant de la Bourbeuse, département du Territoire de Belfort. 2016)

Sur Lachapelle-sous-Rougemont, il existe également des contraintes spatiales de type protection de berge, mais également digue. Ces contraintes artificielles sont uniquement présentes sur la zone urbanisée de la commune. On note aussi deux zones où une colline contraint la rivière en rive gauche.

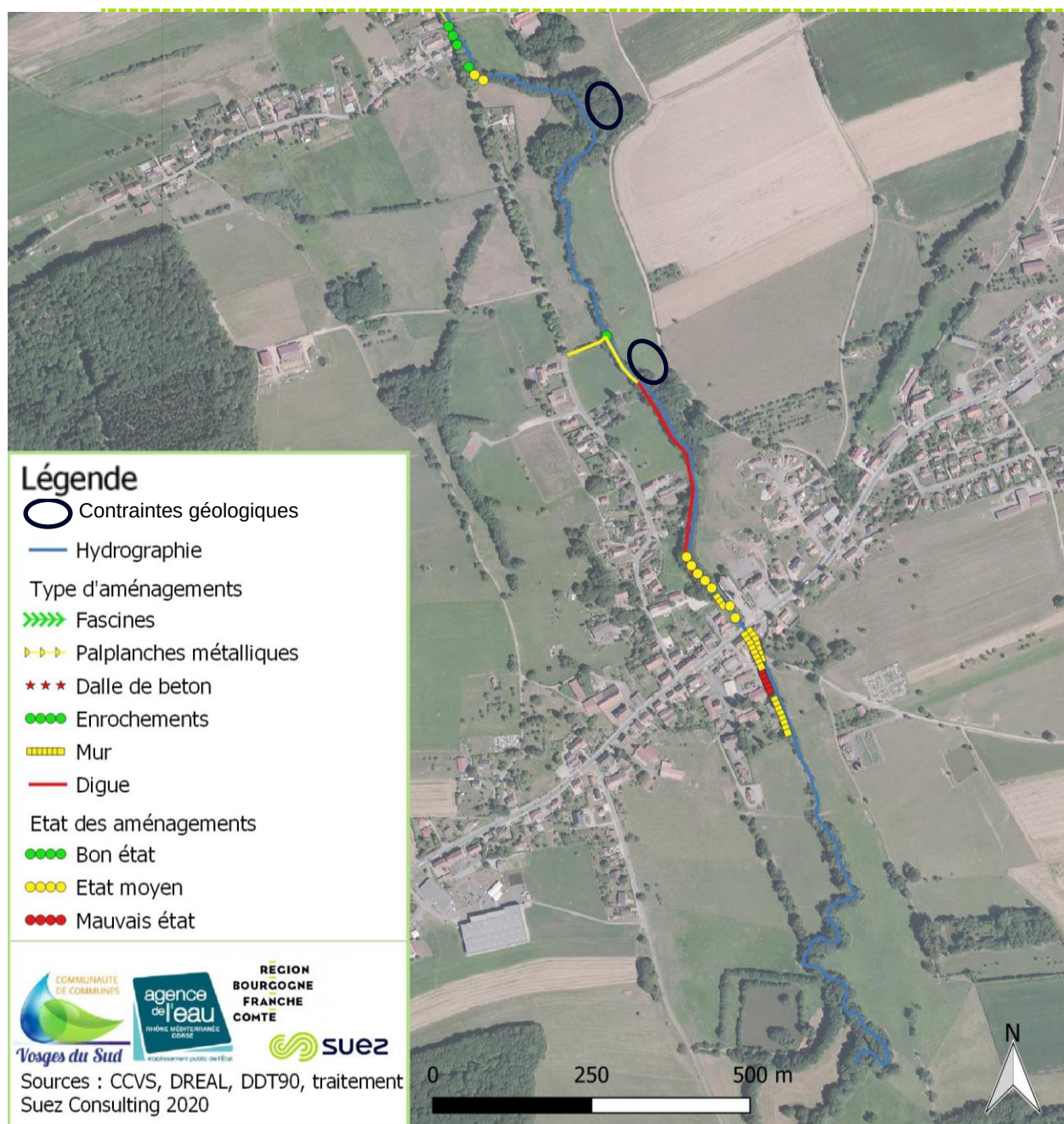


Figure 84 : Cartographie des contraintes spatiales à Lachapelle-sous-Rougemont

4.2.2 Contraintes foncières

La zone d'étude s'étend sur une emprise foncière importante, multipliant le nombre de propriétaires sur le secteur.

L'acceptation du projet par les différentes parties prenantes nécessitera une démarche pédagogique et de concertation.

4.2.3 Contraintes techniques

4.2.3.1 Contraintes géotechniques

Le périmètre d'étude présente des contraintes techniques structurelles :

- La modification de la ligne d'eau d'un cours d'eau ou bief peut entraîner des réactions immédiates ou différées de type gonflement/retrait des sols situés à proximité, générant des effets sur les assises des bâtiments et des désordres sur les structures. Ces phénomènes concernent essentiellement les sols argileux, sensibles aux variations de leur état hydrique. En première approche, la consultation des cartes d'aléa de retrait/gonflement des argiles du BRGM (2006) montre que le site d'étude est principalement situé en zone d'aléa faible, et que la zone d'aléa moyen est présente au niveau de la Neuve Rivière et un peu en aval.

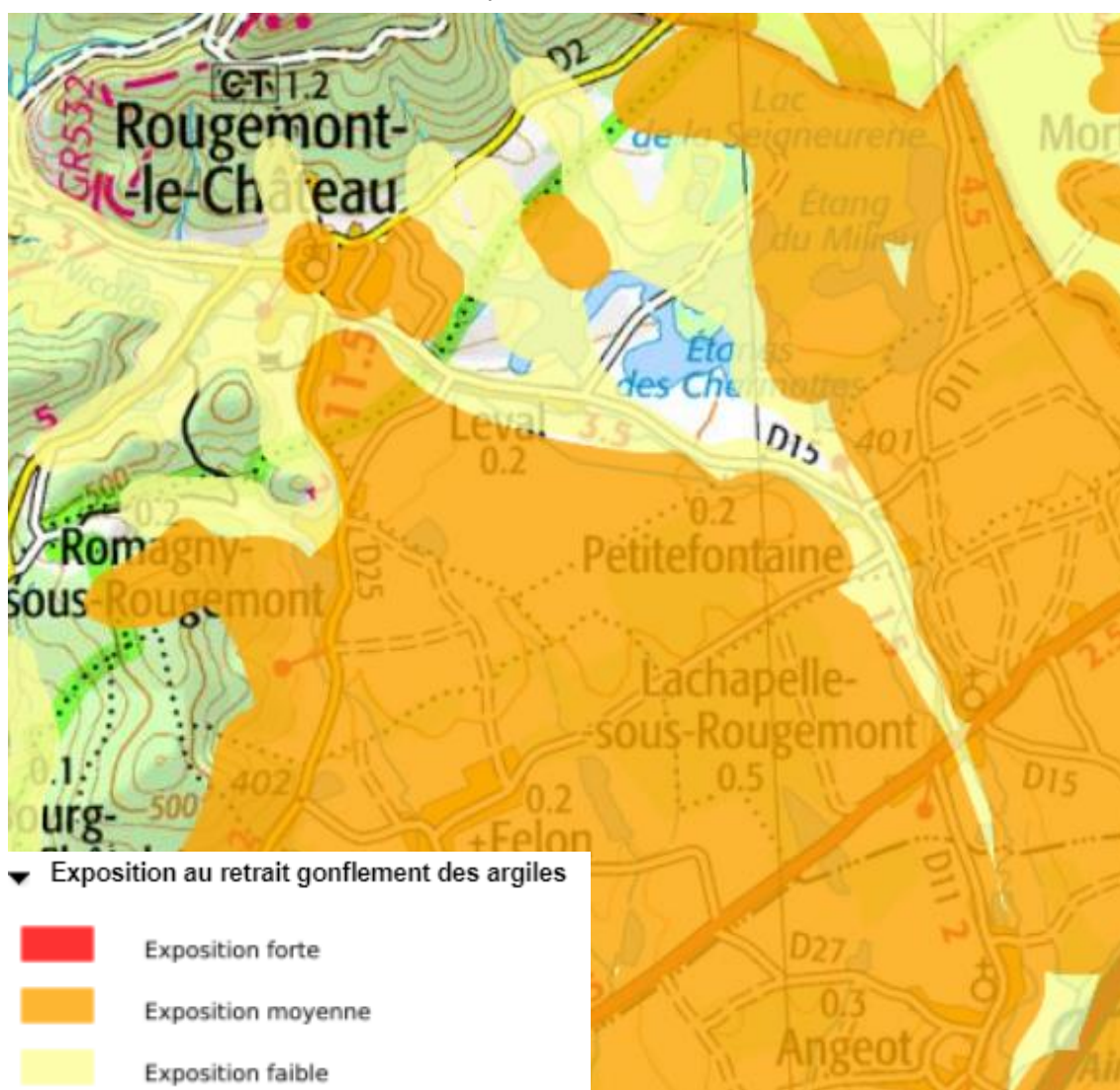


Figure 85 : Extrait de la carte d'aléa retrait / gonflement des argiles (BRGM 2006)

- Les ouvrages : La configuration des seuils de taille importante à proximité de passages routiers peut entraîner des contraintes techniques fortes en cas de modification de ceux-ci.

4.2.3.2 Contraintes hydrauliques

Le site présente également des contraintes hydrauliques :

- Le bras de la Neuve Rivière sert de bras de décharge hydraulique. Le canal du Moulin joue un rôle hydraulique complexe.
- Les traversées des villages sont des zones à enjeux, où le risque inondation doit être géré.
- La Saint-Nicolas, sur la zone d'étude, présente de nombreux ouvrages de franchissements qui peuvent être un frein aux écoulements selon les modifications des écoulements.

4.2.3.3 Collecteur intercommunal des eaux usées

Au vu de la présence de la STEP à Lachapelle-sous-Rougemont, qui collecte les eaux depuis Rougemont-le-Château, un collecteur d'eaux usées est présent parfois à proximité de la Saint-Nicolas. En effet, globalement le collecteur se situe au niveau de la route départementale qui dessert toutes les communes, et la Saint-Nicolas la longe sur plusieurs tronçons à Leval et Petitefontaine. Le collecteur est également à proximité immédiate de la Saint-Nicolas à Lachapelle-sous-Rougemont de l'église quasiment jusqu'à la STEP.

La présence de ce collecteur devra être prise en compte dans l'étude de faisabilité d'aménagement sur la Saint-Nicolas.

5 CONCLUSIONS

La Saint-Nicolas sur la zone d'étude a connu une forte anthropisation au cours des siècles passés. De nombreux ouvrages et aménagements de berges ont modifié la répartition des écoulements et sa capacité à évoluer latéralement.

Les conséquences de ce constat sont négatives sur l'hydromorphologie et sur l'écologie de la zone d'étude.

Effectivement, la dynamique fluviale est fortement perturbée, cependant elle semble aujourd'hui tendre vers l'équilibre avec cet environnement humain qui le contraint.

En termes d'écologie, l'influence de l'Homme a diminué la diversité des habitats sur le linéaire étudié. La ripisylve est discontinue et contient des espèces exotiques invasives.

La suite de cette mission vise à définir des aménagements afin de restaurer la rivière et notamment sa morphologie, sur la zone d'étude. Ces interventions sur l'hydromorphologie auront un impact positif sur l'écologie et si possible sur l'hydrologie.

Ces aménagements devront prendre en compte :

- ☐ Les usages actuels, et notamment les captages d'AEP ;
- ☐ La présence des zones habitées ;
- ☐ La présence du collecteur intercommunal des eaux usées ;
- ☐ Les problématiques d'hydrologie ;
- ☐ Les attentes des acteurs locaux, afin d'assurer une bonne acceptation du projet ;
- ☐ Les contraintes géotechniques si des aménagements sont à réaliser à proximité de bâtis ou d'ouvrages d'art.

6 GLOSSAIRE

Colmatage : sédimentation de fines particules (argiles, limons, sables ou vase) dans les zones à faible énergie pouvant recouvrir en partie ou tout le fond du cours d'eau et réduire les habitats. Le colmatage est courant dans les rivières recalibrées, curées et aménagées du fait de l'augmentation des sections hydrauliques et de la diminution des vitesses d'écoulement.

Dévalaison : action consistant à descendre le cours d'eau (de l'amont vers l'aval). Elle est caractérisée au droit des ouvrages où cette dernière peut être entravée.

Embâcle : accumulation hétérogène de bois morts entravant plus ou moins le lit, et contre lesquels peuvent venir s'accumuler divers déchets. Ils participent à la diversification des écoulements et des habitats. Toutefois certains sont problématiques, notamment s'ils bloquent l'écoulement devant des ouvrages.

Espèces indésirables : espèces végétales néfastes pour l'environnement. Les peupliers sur les berges par exemple ne sont pas favorables au maintien des berges et leur instabilité peut conduire à des chutes dans le lit avec un arrachement de la berge.

Espèces invasives : espèces végétales ou animales introduites par erreur ou volontairement et qui engendre des nuisances environnementales, économiques et / ou de santé (Buddleia de David, Ragondin...).

Faciès d'écoulement : portion de cours d'eau avec une certaine uniformité structurelle et fonctionnelle générale sur le plan des vitesses, des hauteurs d'eau, de la granulométrie du substrat, de la pente du lit et des profils en travers qui entraîne un écoulement particulier.

Granulométrie dominante : taille des alluvions (dépôts sédimentaires transportés par l'eau courante) la plus couramment rencontrée de manière homogène sur un tronçon.

Lentique : milieu traduit par une vitesse d'écoulement inférieure à 30cm/s.

Lit mineur : le lit mineur d'un cours d'eau est la zone où les eaux s'écoulent en temps normal. Lors des épisodes de crue, le cours d'eau sort de son lit mineur pour envahir son lit majeur, provoquant des inondations.

Lit majeur : le lit majeur d'un cours d'eau représente la zone d'expansion de ses crues. Il s'agit d'une zone ponctuellement inondable.

Lotique : milieu traduit par une vitesse d'écoulement supérieure à 30cm/s (eaux courantes).

Montaison : action consistant à remonter le cours d'eau (de l'aval vers l'amont).

Mouille : Grand type de faciès d'écoulement correspondant à une profondeur importante. On peut rencontrer différents types de mouille : mouille de concavité, fosse de dissipation, fosse d'affouillement, chenal lentique ou lotique.

Radier : Partie d'un cours d'eau peu profonde à écoulement rapide dont la surface est hétérogène et « cassée » au-dessus des graviers/galets ou des substrats de cailloux.

Ripisylve : Formation végétale se développant en bord de cours d'eau. Elle est dite « adaptée » si elle est composée d'espèce inféodées aux milieux aquatiques et/ou riverains.

Sinuosité : exprime le style fluvial du cours d'eau (rectiligne, sinueux, très sinueux et méandrique).

Zone humide : les zones humides représentent des espaces de transition entre la terre et l'eau. Ce sont des terrains exploités ou non, habituellement gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire.

7 SIGLES

AERMC : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

CCVS : Communauté de Communes des Vosges du Sud

CLC : Corine Land Cover

CoTech : Comité Technique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDT : Direction départementale des territoires

ROE : Référentiel d'Obstacles à l'Ecoulement

SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

ZICO : Zone d'importance pour la conservation des oiseaux

ZNIEFF : Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique

ANNEXE 1

RESULTATS DES SUIVIS DU CONSEIL DEPARTEMENTAL

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

06457050					
Nom Station :	<u>B28 La Saint Nicolas - Hameau</u>				
BVB					
Coordonnées (L93) :	x=	994853	y=	6746207	pK = 962329
Commune :	SAINT-NICOLAS			alt=	565
HER :	P18/4		Exception typologique:		NON
Classe de dureté 2015 :	Classe	1	Classe piscicole:		Cyprinicole
Code hydrographique	U23-0420		Code masse d'eau:		FRDR632a
Objectif d'état écologique	Bon état en		2015		

Paramètres	Bilan annuel	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
------------	--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Température de l'eau	°C	max	12,7	17,4	17	18	14,4	16,5	14,6	13	13,6	15,7	16,1	17,7	16,5
----------------------	----	-----	------	------	----	----	------	------	------	----	------	------	------	------	------

Bilan de l'oxygène		dec.	TB	B	B	TB	TB	TB	B	TB	TB	TB	TB	B	B
Carbone Organique Dissous	mg/l	max	1,15	1,1	2,05	2,12	4,9	2,4	6,4	1,4	1,6	3,4	1,7	2,2	4,9
DBO5	mg/l	max	1,9	3,3	3,5	2,4	2,5	2,5	3,2	3	2,6	1,7	1,5	1,6	2,5
Oxygène dissous	mg/l	min	10	8,9	9,26	8,31	9,6	8,55	9,42	9,82	9,31	9,03	8,6	8,12	7,62
Taux de saturation en O2	%	min	101	100,6	100,4	93,1	96,6	94,3	95,4	90,6	94,1	97,8	93	95,2	83,9

Acidification		dec.	TB	TB	TB	TB	TB	B	B	TB	B	TB	TB	TB	TB
PH maximum	u pH	max	7,7	7,45	7,62	7,67	7,68	7,22	6,98	7,33	8,49	7,36	7,57	7,62	7,89
PH minimum	u pH	min	7,49	6,66	7,27	6,6	6,72	6,25	6,33	6,51	6,42	7,27	7,16	7,05	7,24

Nutriments		dec.	TB	B	B	B	B	B	B	TB	TB	B	B	B	B
Ammonium	mg NH4/l	max	0,03	0,03	0,09	0,015	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrates	mg NO3/l	max	4,5	4,1	3,9	4,4	4,6	10,4	3,6	4,9	3,6	3,7	3,6	3,6	11,5
Nitrites	mg NO2/l	max	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,005	0,01	0,01
Orthophosphates	mg PO4/l	max	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,025	0,075	0,06	0,075	0,18	0,075
Phosphore total	mg P/l	max	0,04	0,09	0,08	0,1	0,07	0,025	0,11	0,033	0,05	0,06	0,08	0,03	0,03

Etat physico-chimique		dec.	TB	B	B	B	B	B	B	TB	B	B	B	B	B
-----------------------	--	------	----	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---

IBG	Ref = 16	moy note moy EQR	-	19 1,200	-	-	-	-	13 0,800	19 1,200	-	-	14 0,867	18 1,133	-
IBD	Ref = 19	moy note moy EQR	-	-	-	-	-	-	17,9 0,921	15,8 0,771	-	-	16,1 0,793	15,7 0,764	-
IPR		moy	-	-	-	-	-	-	7,39	9,64	-	-	8,74	-	att
IBMR		moy note moy EQR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Etat biologique sans IPR		dec.	-	TB	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	MO	-
Etat biologique avec IPR		dec.	-	-	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	-	att

Polluants spécifiques			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic dissous (BFG=2,7)	µg/l	moy								0,79	0,557				
Chrome dissous (BFG=0,1)	µg/l	moy								0,07	0,11				
Cuivre dissous (BFG=0,6)	µg/l	moy								0,24	0,058				
Zinc dissous (BFG=6)	µg/l	moy								2,22	1,94				
Chlortoluron	µg/l	moy													
Oxadiazon	µg/l	moy													
Linuron	µg/l	moy													
2,4 D	µg/l	moy													
2,4 MCPA	µg/l	moy													
Métazachlore	µg/l	moy													
Aminotriazole	µg/l	moy													
Nicosulfuron	µg/l	moy													
AMPA	µg/l	moy													
Glyphosate	µg/l	moy													
Diflufenicanil	µg/l	moy													
Cyprodinil	µg/l	moy													
Phosphate de tributyle	µg/l	moy													
Chloroprophame	µg/l	moy													
Pendiméthaline	µg/l	moy													

Etat Ecologique sans IPR			-	B	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	MO	-
Etat Ecologique avec IPR			-	-	-	-	-	-	B	MO	-	-	B	-	att

Volet Déclassant										BIO				BIO	
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	-----	--

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

06457050

Nom Station :

B28 La Saint Nicolas - Hameau



Etat triennal DCE

Paramètres	Période	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018

Température de l'eau	°C	p90	17,4	17	16,5	14,6	14,6	13,6	13,9	15,7	16,1	16,5
----------------------	----	-----	------	----	------	------	------	------	------	------	------	------

Bilan de l'oxygène		dec.	B	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	B
Carbone Organique Dissous	mg/l	p90	2,05	2,12	2,4	4,9	2,5	2,5	1,9	1,9	2,2	2,2
DBO5	mg/l	p90	3,3	2,5	2,5	2,5	3	3	2,6	1,7	1,6	1,8
Oxygène dissous	mg/l	p10	8,9	9,26	8,55	9,42	9,42	9,42	9,31	9,03	8,6	7,94
Taux de saturation en O2	%	p10	99,2	96,6	94,3	95,4	94,3	94,1	94,1	93,7	91,4	83,9

Acidification		dec.	TB	TB	B	B	B	B	B	B	TB	TB
PH maximum	u pH	p90	7,66	7,67	7,67	7,57	7,22	7,48	7,48	7,57	7,57	7,62
PH minimum	u pH	p10	6,66	6,72	6,29	6,29	6,29	6,42	6,44	6,44	7,05	7,05

Nutriments		dec.	B	B	B	B	TB	TB	TB	B	B	TB
Ammonium	mg NH4/l	p90	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
Nitrates	mg NO3/l	p90	4,3	4,4	4,6	4,6	4,9	4	4	3,6	3,6	3,6
Nitrites	mg NO2/l	p90	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
Orthophosphates	mg PO4/l	p90	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,075	0,075	0,075
Phosphore total	mg P/l	p90	0,09	0,08	0,07	0,07	0,047	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03

Etat physico-chimique		dec.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
-----------------------	--	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

IBG	Ref = 16	moy note	19	-	-	13	16	16	19	14	16	16
		moy EQR	1,200	-	-	0,800	1,000	1,000	1,200	0,867	1,000	1,000
IBD	Ref = 19	moy note	-	-	-	17,9	16,9	16,9	15,8	16,1	15,9	15,9
		moy EQR	-	-	-	0,921	0,846	0,846	0,771	0,793	0,779	0,779
IPR		moy	-	-	-	7,39	8,52	8,52	9,64	8,74	8,74	att
IBMR		moy note	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		moy EQR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Etat biologique sans IPR		dec.	TB	-	-	B	B	B	MO	B	MO	MO
Etat biologique avec IPR		dec.	-	-	-	B	B	B	MO	B	MO	att

Polluants spécifiques			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic dissous (BFG=2,7)	µg/l	moy										
Chrome dissous (BFG=0,1)	µg/l	moy										
Cuivre dissous (BFG=0,6)	µg/l	moy										
Zinc dissous (BFG=6)	µg/l	moy										
Chlortoluron	µg/l	moy										
Oxadiazon	µg/l	moy										
Linuron	µg/l	moy										
2,4 D	µg/l	moy										
2,4 MCPA	µg/l	moy										
Métazachlore	µg/l	moy										
Aminotriazole	µg/l	moy										
Nicosulfuron	µg/l	moy										
AMPA	µg/l	moy										
Glyphosate	µg/l	moy										
Diflufenicanil	µg/l	moy										
Cyprodinil	µg/l	moy										
Phosphate de tributyle	µg/l	moy										
Chloroprophame	µg/l	moy										
Pendiméthaline	µg/l	moy										

Etat Ecologique sans IPR		dec.	B	-	-	B	B	B	MO	B	MO	MO
Etat Ecologique avec IPR		dec.	-	-	-	B	B	B	MO	B	MO	att

Volet Déclassant									BIO		BIO	
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	-----	--

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

06457300	
Nom Station :	B27 La Saint Nicolas à Angeot
BVB	
Coordonnées (L93) :	x= 1001064 y= 6740152 pK = 973190
Commune :	ANGEOT alt= 365
HER :	P18/4 Exception typologique: NON
Classe de dureté 2015 :	Classe 3 Classe piscicole: Cyprinicole
Code hydrographique	U23-0420 Code masse d'eau: FRDR632a
Objectif d'état écologique	Bon état en 2015

Paramètres	Bilan annuel	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
------------	--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Température de l'eau	°C	max	15,7	18,4	17,7	15	15,9	16,8	15	14,7	13,9	18,4	16,8	19,3	19,8
----------------------	----	-----	------	------	------	----	------	------	----	------	------	------	------	------	------

Bilan de l'oxygène		dec.	B	TB	TB	MO	MO	MO	B	B	B	B	B	B	MO
Carbone Organique Dissous	mg/l	max	3,35	2,55	5	4,87	9,4	7,2	6	3,2	3,9	4,5	4,8	4,5	7,2
DBO5	mg/l	max	1,9	2,5	2,5	2,8	3,9	4	2,8	3,2	2,5	2,3	1,7	3,2	3,2
Oxygène dissous	mg/l	min	8,5	8,76	8,8	6,35	8,92	6,66	8,22	8,85	7,81	7,47	6,76	6,2	5,79
Taux de saturation en O2	%	min	88,2	97,2	95,2	64,1	93,1	72,4	85,5	89,8	78,7	83,4	72,8	70,4	58,6

Acidification		dec.	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	MO	TB	TB	TB	TB
PH maximum	u pH	max	7,44	7,62	7,8	7,63	8,15	7,44	7,98	7,22	9,08	7,72	7,38	7,36	7,66
PH minimum	u pH	min	7,31	6,9	7,4	7,16	7,13	6,59	6,79	6,59	6,72	7,2	6,76	6,86	6,93

Nutriment		dec.	B	MO	B	MO	B	MO	MO	B	MO	MO	ME	MO	MO
Ammonium	mg NH4/l	max	0,25	0,07	0,11	0,86	0,21	0,14	0,18	0,18	0,35	0,09	0,1	0,08	0,13
Nitrates	mg NO3/l	max	4,4	5,9	6	9,9	4,5	8,9	6,6	5,3	6,8	6,1	7,4	7,9	25,5
Nitrites	mg NO2/l	max	0,07	0,1	0,11	0,65	0,11	0,1	0,1	0,12	0,29	0,09	0,04	0,05	0,11
Orthophosphates	mg PO4/l	max	0,31	0,3	0,27	0,62	0,39	0,26	0,29	0,29	0,65	0,47	1	0,7	0,32
Phosphore total	mg P/l	max	0,18	0,24	0,2	0,37	0,19	0,21	0,25	0,19	0,29	0,22	0,41	0,28	0,23

Etat physico-chimique		dec.	B	MO	B	ME	MO	MO	MO	B	MO	MO	ME	MO	MO
-----------------------	--	------	---	----	---	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

IBG	Ref = 16	moy note	-	-	9	-	-	-	11	18	-	-	16	-	-
		moy EQR	-	-	0,533	-	-	-	0,667	1,133	-	-	1	-	-
IBD	Ref = 19	moy note	-	-	-	-	-	-	13	12,2	-	-	14,8	-	-
		moy EQR	-	-	-	-	-	-	0,571	0,514	-	-	0,7	-	-
IPR		moy	-	-	-	-	-	-	31,99	-	-	-	30,46	-	-
IBMR		moy note	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		moy EQR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Etat biologique sans IPR		dec.	-	-	MO	-	-	-	MO	ME	-	-	MO	-	-
Etat biologique avec IPR		dec.	-	-	-	-	-	-	ME	-	-	-	ME	-	-

Polluants spécifiques			-	MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic dissous (BFG=2,7)	µg/l	moy		2,35						2,32	1,088				
Chrome dissous (BFG=0,1)	µg/l	moy		2,5						0,28	0,272				
Cuivre dissous (BFG=0,6)	µg/l	moy		3,25						1,33	0,659				
Zinc dissous (BFG=6)	µg/l	moy		16						6,56	3,87				
Chlortoluron	µg/l	moy		0,005											
Oxadiazon	µg/l	moy		0,005											
Linuron	µg/l	moy													
2,4 D	µg/l	moy													
2,4 MCPA	µg/l	moy		0,005											
Métazachlore	µg/l	moy		0,005											
Aminotriazole	µg/l	moy		0,015											
Nicosulfuron	µg/l	moy		0,015											
AMPA	µg/l	moy		0,031											
Glyphosate	µg/l	moy		0,095											
Diflufenicanil	µg/l	moy		0,005											
Cyprodinil	µg/l	moy													
Phosphate de tributyle	µg/l	moy		0,05											
Chloropropane	µg/l	moy													
Pendiméthaline	µg/l	moy													

Etat Ecologique sans IPR			-	MO	-	-	-	MO	ME	-	-	MO	-	-
Etat Ecologique avec IPR			-	-	-	-	-	ME	-	-	-	ME	-	-

Volet Déclassant					BIO			BIO	PHY	BIO			BIO	PHY	
------------------	--	--	--	--	-----	--	--	-----	-----	-----	--	--	-----	-----	--

Phase 1 : État des lieux et diagnostic initial

Étude préalable à la restauration morphologique de la rivière Saint-Nicolas

06457300

Nom Station :

B27 La Saint Nicolas à Angeot



Etat triennal DCE

Paramètres	Période	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014	2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018

Température de l'eau	°C	p90	18,2	17,1	15,9	15,9	15	14,8	14,7	16,8	18,4	19,3
----------------------	----	-----	------	------	------	------	----	------	------	------	------	------

Bilan de l'oxygène		dec.	B	B	MO	MO	B	B	B	B	B	B
Carbone Organique Dissous	mg/l	p90	4,87	5	7,2	7,2	6	4,2	3,9	4,5	4,5	5,6
DBO5	mg/l	p90	2,6	2,8	3,9	3,9	3,7	2,8	2,6	2,4	2,3	3,2
Oxygène dissous	mg/l	p10	8,39	8,39	6,66	8,22	8,22	8,22	7,81	7,47	6,72	6,2
Taux de saturation en O2	%	p10	87,7	87,7	72,4	85,1	85,1	85,5	83,4	78,7	72,3	70,4

Acidification		dec.	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB
PH maximum	u pH	p90	7,75	8,01	8,01	8,01	7,44	7,98	7,87	7,87	7,46	7,43
PH minimum	u pH	p10	6,99	7,16	6,85	6,85	6,59	6,59	6,59	6,76	6,86	6,86

Nutriments		dec.	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
Ammonium	mg NH4/l	p90	0,22	0,22	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,1	0,09	0,12
Nitrates	mg NO3/l	p90	8,8	8,8	8,9	6,6	6,6	6,6	6,1	6,8	7,4	10
Nitrites	mg NO2/l	p90	0,18	0,18	0,18	0,1	0,1	0,12	0,12	0,09	0,09	0,09
Orthophosphates	mg PO4/l	p90	0,54	0,54	0,54	0,29	0,29	0,39	0,47	0,65	0,7	0,7
Phosphore total	mg P/l	p90	0,33	0,33	0,33	0,21	0,21	0,25	0,22	0,29	0,28	0,28

Etat physico-chimique		dec.	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO
-----------------------	--	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

IBG	Ref = 16	moy note	9	9	-	11	14,5	14,5	18	16	16	16
		moy EQR	0,533	0,533	-	0,667	0,900	0,900	1,133	1	1	1
IBD	Ref = 19	moy note	-	-	-	13	12,6	12,6	12,2	14,8	14,8	14,8
		moy EQR	-	-	-	0,571	0,543	0,543	0,514	0,7	0,7	0,7
IPR		moy	-	-	-	31,99	31,99	31,99	-	30,46	30,46	30,46
IBMR		moy note	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		moy EQR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Etat biologique sans IPR		dec.	MO	MO	-	MO	ME	ME	ME	MO	MO	MO
Etat biologique avec IPR		dec.	-	-	-	ME	ME	ME	-	ME	ME	ME

Polluants spécifiques			MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic dissous (BFG=2,7)	µg/l	moy	2,35									
Chrome dissous (BFG=0,1)	µg/l	moy	2,5									
Cuivre dissous (BFG=0,6)	µg/l	moy	3,25									
Zinc dissous (BFG=6)	µg/l	moy	16									
Chlortoluron	µg/l	moy	0,005									
Oxadiazon	µg/l	moy	0,005									
Linuron	µg/l	moy										
2,4 D	µg/l	moy										
2,4 MCPA	µg/l	moy	0,005									
Métazachlore	µg/l	moy	0,005									
Aminotriazole	µg/l	moy	0,015									
Nicosulfuron	µg/l	moy	0,015									
AMPA	µg/l	moy	0,031									
Glyphosate	µg/l	moy	0,095									
Diflufenicanil	µg/l	moy	0,005									
Cyprodinil	µg/l	moy										
Phosphate de tributyle	µg/l	moy	0,05									
Chloroprothame	µg/l	moy										
Pendiméthaline	µg/l	moy										

Etat Ecologique sans IPR		dec.	MO	MO	-	MO	ME	ME	ME	MO	MO	MO
Etat Ecologique avec IPR		dec.	-	-	-	ME	ME	ME	-	ME	ME	ME

Volet Déclassant			BIO PHY SPE	BIO PHY		BIO PHY	BIO PHY	BIO PHY	BIO PHY	BIO PHY	BIO PHY	
------------------	--	--	-------------------	------------	--	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--