

Etude réalisée sous Maîtrise d'ouvrage de

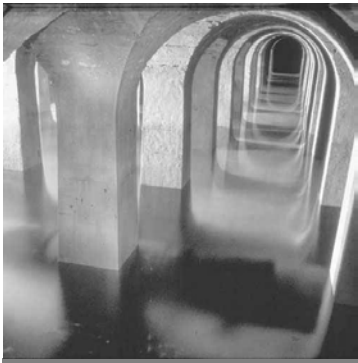


avec le soutien de



RAPPORT DE PHASES 1 et 2 - DIAGNOSTIC

Etude globale de la dynamique alluviale des rivières du bassin versant de la Lanterne



RAPPORT DE PHASE 1 - DIAGNOSTIC

Etude globale de la dynamique alluviale des rivières du bassin versant de la Lanterne

Date	Septembre 2007
N° de version	Version définitive
Référence Affaire	PG021
Rédacteur	SCB, SLD
Vérificateur	DD

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	9
1.1	CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	9
1.1.1	<i>Contexte du Contrat de rivière Lanterne.....</i>	9
1.1.2	<i>Objectifs</i>	9
1.2	PERIMETRE GEOGRAPHIQUE	10
1.2.1	<i>Marché initial.....</i>	10
1.2.2	<i>Extension du marché initial.....</i>	10
1.3	METHODOLOGIE.....	11
2	ANALYSE DU CONTEXTE DU BASSIN VERSANT DE LA LANterne.....	13
2.1	BASSIN VERSANT ET HYDROGRAPHIE	13
2.1.1	<i>La Lanterne</i>	13
2.1.2	<i>Le Breuchin</i>	13
2.1.3	<i>La Semouse</i>	14
2.1.4	<i>La Combeauté</i>	14
2.1.5	<i>L'Augronne</i>	14
2.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	16
2.2.1	<i>Contexte géologique.....</i>	16
2.2.2	<i>Contexte hydrogéologique.....</i>	17
2.3	CONTEXTE HYDROLOGIQUE	20
2.3.1	<i>Pluviométrie</i>	20
2.3.2	<i>Débits de référence</i>	21
2.4	CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	22
2.4.1	<i>Largeur de la plaine alluviale.....</i>	22
2.4.2	<i>Pente du lit mineur</i>	28
2.4.3	<i>Pente des lignes d'eau.....</i>	33
2.4.4	<i>Largeur du lit mineur</i>	41
2.5	ANNEXES HYDRAULIQUES ET MILIEUX REMARQUABLES	45
2.5.1	<i>Les annexes hydrauliques.....</i>	45
2.5.2	<i>Les milieux naturels remarquables</i>	46
3	HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS SUR LES COURS D'EAU.....	49
3.1	L'AMENAGEMENT LOURD DES COURS D'EAU	49
3.1.1	<i>Travaux récents sur cours d'eau.....</i>	49
3.1.2	<i>Travaux anciens sur cours d'eau</i>	50
3.1.3	<i>Bilan des travaux réalisés</i>	60
3.2	L'IMPLANTATION D'OUVRAGES	61
3.2.1	<i>Ouvrages de franchissement</i>	62
3.2.2	<i>Ouvrages hydrauliques</i>	63
3.2.3	<i>Ouvrages complémentaires sur la Semouse</i>	63
3.2.4	<i>Ouvrages de stabilisation.....</i>	64
3.2.5	<i>Incidences des ouvrages sur le transport solide.....</i>	65

3.3	LES EXTRACTIONS DE MATERIAUX	67
3.3.1	<i>Les sites d'extraction</i>	67
3.3.2	<i>Incidences des exploitations</i>	68
3.3.3	<i>Conclusions</i>	70
4	OBSERVATIONS MORPHOLOGIQUES DE TERRAIN.....	71
4.1	LES EROSIONS DES BERGES ET L'INCISION DU LIT MINEUR.....	71
4.1.1	<i>La Lanterne</i>	72
4.1.2	<i>Le Breuchin</i>	73
4.1.3	<i>La Semouse</i>	74
4.1.4	<i>La Combeauté</i>	74
4.1.5	<i>L'Augronne</i>	75
4.2	LES DEPOTS ALLUVIONNAIRES	75
4.2.1	<i>La Lanterne</i>	75
4.2.2	<i>Le Breuchin</i>	77
4.2.3	<i>La Semouse et l'Augronne</i>	79
4.2.4	<i>La Combeauté</i>	79
5	DETERMINATION DU FUSEAU DE MOBILITE	81
5.1	DEFINITIONS PREALABLES ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE	81
5.1.1	<i>Le SDAGE</i>	81
5.1.2	<i>L'Arrêté interministériel du 24 janvier 2001</i>	82
5.1.3	<i>La Loi Risques du 30 juillet 2003</i>	82
5.1.4	<i>La Directive cadre européenne sur l'Eau</i>	83
5.1.5	<i>Conclusion sur la portée réglementaire des différents textes</i>	83
5.2	METHODOLOGIE.....	83
5.2.1	<i>Documents sources</i>	84
5.3	DETERMINATION DE L'ESPACE DE MOBILITE MAXIMAL (EMAX).....	84
5.4	DETERMINATION DE L'ESPACE DE MOBILITE FONCTIONNEL (EFONC).....	87
5.4.1	<i>Etapas nécessaires à la détermination de l'EFONC</i>	87
5.4.2	<i>Approche par le concept d'amplitude d'équilibre : étape 1</i>	87
5.4.3	<i>Approche géomorphologique historique : étape 2</i>	89
5.4.4	<i>Prise en compte des contraintes en lit majeur : étape 3</i>	95
5.4.5	<i>Restitution cartographique</i>	96
6	APPROCHE GEOMORPHOLOGIQUE PAR LE TRANSPORT SOLIDE	97
6.1	OBJECTIF DE L'APPROCHE PAR LE TRANSPORT SOLIDE	97
6.2	CONCEPTS GENERAUX	97
6.2.1	<i>Equilibre sédimentaire</i>	97
6.2.2	<i>Charriage, suspension et origine des matériaux</i>	98
6.3	ORIGINE DES MATERIAUX SUR LE BASSIN DE LA LANTERNE.....	99
6.3.1	<i>Apports externes</i>	99
6.3.2	<i>Apports internes</i>	99
6.4	CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES ALLUVIONS	100
6.4.1	<i>Sites d'échantillonnage</i>	101
6.4.2	<i>Protocole d'échantillonnage</i>	101
6.4.3	<i>Restitution et interprétation</i>	102
6.5	QUANTIFICATION ET CARACTERISATION DU TRANSPORT SOLIDE	108
6.5.1	<i>Hydrologie de référence</i>	108
6.6	DEBITS DE DEBUT D'ENTRAINEMENT.....	109
6.7	CALCUL DU DEBIT SOLIDE ET DES VOLUMES D'APPORTS EN MOYENNE ANNUEL.....	110
7	SECTORISATION GEOMORPHOLOGIQUE.....	115
7.1	SECTORISATION DE LA LANTERNE.....	115
7.2	SECTORISATION DU BREUCHIN.....	125
7.3	SECTORISATION DE LA SEMOUSE	135
7.4	SECTORISATION DE LA COMBEAUTE	141
7.5	SECTORISATION DE L'AUGRONNE	148
8	CONCLUSION.....	155

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET BASSIN VERSANT	15
FIGURE 2 : CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA LANTERNE	19
FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA PLAINE ALLUVIALE DE LA LANTERNE	23
FIGURE 4 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA PLAINE ALLUVIALE DU BREUCHIN.....	24
FIGURE 5 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA PLAINE ALLUVIALE DE LA SEMOUSE	25
FIGURE 6 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA PLAINE ALLUVIALE DE L' AUGRONNE	26
FIGURE 7 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DE LA PLAINE ALLUVIALE DE LA COMBEAUTE	27
FIGURE 8 : PROFIL EN LONG DE LA LANTERNE	29
FIGURE 9 : PROFIL EN LONG DU BREUCHIN.....	30
FIGURE 10 : PROFIL EN LONG DE LA SEMOUSE	31
FIGURE 11 : PROFIL EN LONG DE L' AUGRONNE	32
FIGURE 12 : PROFIL EN LONG DE LA COMBEAUTE	33
FIGURE 13 : PROFIL EN LONG HISTORIQUE DE LA LIGNE D'EAU DE LA SEMOUSE (1951).....	35
FIGURE 14 : PROFIL EN LONG HISTORIQUE DE LA LIGNE D'EAU DE LA COMBEAUTE (1951)	37
FIGURE 15 : PROFIL EN LONG HISTORIQUE DE LA LIGNE D'EAU DE L' AUGRONNE (1951)	39
FIGURE 16 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DU LIT MINEUR DE LA LANTERNE	42
FIGURE 17 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DU LIT MINEUR DU BREUCHIN.....	43
FIGURE 18 : EVOLUTION DE LA LARGEUR DU LIT MINEUR DE LA SEMOUSE	44
FIGURE 19 : ANNEXES HYDRAULIQUES SUR LA SEMOUSE A SAINT-LOUP.....	46
FIGURE 20 : ANNEXE HYDRAULIQUE SUR LE BREUCHIN A BREUCHES	46
FIGURE 21 : COUPURES SECHES DE MEANDRES SUR LA LANTERNE A BAUDONCOURT	55
FIGURE 22 : SEUIL DE STABILISATION SUR LA LANTERNE A BRIAUCOURT	64
FIGURE 23 : SERIE DE SEUILS SUR LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR/LUXEUIL.....	64
FIGURE 24 : IMPACT D'UN SEUIL DE STABILISATION SUR LE TRANSPORT SOLIDE SUR LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR.....	66
FIGURE 25 : IMPACT DU PONT DE CONFLANS-SUR-LANTERNE SUR LE TRANSPORT SOLIDE	67
FIGURE 26 : SITES D'EXTRACTION EN LITS MINEUR ET MAJEUR DANS LE SECTEUR DE MERSUAY SUR LA LANTERNE	68
FIGURE 27 : LOCALISATION DES SITES D'EXTRACTION DANS LE LIT MAJEUR DU BREUCHIN A SAINT- SAUVEUR	69
FIGURE 28 : EROSIONS DE BERGES CARACTERISTIQUES DANS LE SECTEUR DE BAUDONCOURT	72
FIGURE 29 : SEUIL DE STABILISATION DU LIT MINEUR SUR LA COMMUNE DE BRIAUCOURT	73
FIGURE 30 : BERGES NATURELLES A SAINTE-MARIE-EN-CHANOIS.....	73
FIGURE 31 : BERGES ERODEES A FROIDECONCHE.....	73
FIGURE 32 : ENROCHEMENT DE BERGE EN AMONT DE SAINT-LOUP-SUR-SEMOUSE	74
FIGURE 33 : BERGES NATURELLE ET VEGETALISEES EN AVAL DE SAINT-LOUP-SUR-SEMOUSE.....	74
FIGURE 34 : ATTERRISSMENTS DANS UN SECTEUR DE TRESSAGE EN AVAL DE LA CONFLUENCE AVEC LE BREUCHIN.....	75
FIGURE 35 : ATTERRISSMENT DANS UNE CONVEXITE DE MEANDRE (CONFLANS-SUR-LANTERNE) ...	75
FIGURE 36 : ATTERRISSMENT EN AMONT DU SEUIL DE CONFLANS-SUR-LANTERNE	76

FIGURE 37 : ATERRISSEMENT IMPORTANT EN AVAL DU PONT DE CONFLANS-SUR-LANTERNE.....	76
FIGURE 38 : ATERRISSEMENT EN AMONT DE LA DEVIATION A FROIDECONCHE	77
FIGURE 39 : ATERRISSEMENT GENERANT DES INONDATIONS A PROXIMITE DU MOULIN DE LA VOIVRE (BREUCHE)	78
FIGURE 40 : ATERRISSEMENT FORTEMENT VEGETALISE A FROIDECONCHE	78
FIGURE 41 : ATERRISSEMENT DANS LE NOUVEAU BRAS CREE PAR LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR	79
FIGURE 42 : IMPORTANT DEPOT DE MATERIAUX A LA CONFLUENCE AUGRONNE/SEMOUSE (AILLEVILLERS).....	79
FIGURE 43 : ATERRISSEMENT SOUS LE PONT DE LA D64 A FONTAINE-LES-LUXEUIL.....	80
FIGURE 44 : PASSAGE EN PARTIE COMBLE SOUS LA D64 A CORBENAY	80
FIGURE 45 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA VALLEE DU BREUCHIN	85
FIGURE 46 : ILLUSTRATION DE L'ESPACE DE MOBILITE MAXIMALE DE LA LANTERNE.....	86
FIGURE 47 : DEFINITION DE L'AMPLITUDE D'UN MEANDRE : EXEMPLE DU BREUCHIN	88
FIGURE 48 : ILLUSTRATION DE L'AMPLITUDE D'EQUILIBRE	89
FIGURE 49 : CARTE DE CASSINI.....	90
FIGURE 50 : CARTE D'ETAT MAJOR DE 1833 - 1834.....	91
FIGURE 51 : CARTE D'ETAT MAJOR DE 1949.....	92
FIGURE 52 : SCAN25 IGN DE 1986	93
FIGURE 53 : ORTHOPHOTOPLANS IGN DE 2003	94
FIGURE 54 : PRINCIPE DE DEFINITION DE L'EMPRISE SPATIALE HISTORIQUE	95
FIGURE 55 : ILLUSTRATION DE L'EQUILIBRE SEDIMENTAIRE D'UN COURS D'EAU.....	98
FIGURE 56 : PRINCIPE D'ANALYSE DE LA SOUS-COUCHE	101
FIGURE 57 : COMPARAISON DES COURBES GRANULOMETRIQUES DES ALLUVIONS DE LA LANTERNE	104
FIGURE 58 : DIAMETRES CARACTERISTIQUES DES ALLUVIONS DE LA LANTERNE.....	104
FIGURE 59 : COMPARAISON DES COURBES GRANULOMETRIQUES DES ALLUVIONS DE LA SEMOUSE.....	105
FIGURE 60 : DIAMETRES CARACTERISTIQUES DES ALLUVIONS DE LA SEMOUSE.....	106
FIGURE 61 : COMPARAISON DES COURBES GRANULOMETRIQUES DES ALLUVIONS DU BREUCHIN	107
FIGURE 62 : DIAMETRES CARACTERISTIQUES DES ALLUVIONS DU BREUCHIN	107
FIGURE 63 : SECTORISATION DE LA LANTERNE	116
FIGURE 64 : LANTERNE EN AMONT DE LA CHAPELLE-LES-LUXEUIL	118
FIGURE 65 : LANTERNE RECALIBREE A EHUNS	119
FIGURE 66 : SECTEUR MEANDRIFORME EN AVAL DU TRONÇON.....	120
FIGURE 67 : REPRISE DE LA DYNAMIQUE NATURELLE AU DROIT D'UN SEUIL EN ENROCHEMENT	121
FIGURE 68 : RESCINDEMENT DE MEANDRE SUR LA COMMUNE DE CONFLANS-SUR-LANTERNE.....	122
FIGURE 69 : ANCIENS BRAS SUR LA COMMUNE DE BOURGUIGNON-LES-CONFLANS	123
FIGURE 70 : CHARGE SOLIDE PIEGEE AU NIVEAU DES ANCIENS SITES D'EXTRACTION (MERSUAY) ..	124
FIGURE 71 : SECTORISATION DU BREUCHIN	126
FIGURE 72 : SECTEUR DE FAIBLE DYNAMIQUE A SAINTE-MARIE-EN-CHANOIS	127
FIGURE 73 : IMPORTANTE EROSION EN RIVE DROITE A FROIDECONCHE.....	128
FIGURE 74 : DYNAMIQUE ACTIVE EN AMONT DU BOURG DE FROIDECONCHE	129
FIGURE 75 : DEPOTS MASSIFS ET EROSION EN AMONT DE LA DEVIATION DE LA N57 A SAINT-SAUVEUR	130
FIGURE 76 : POINT DUR CONSTITUE PAR LA DEVIATION DE LA N57 A SAINT-SAUVEUR	130
FIGURE 77 : REPRISE DE LA DYNAMIQUE ACTIVE EN AVAL DE LA R57 A SAINT-SAUVEUR	130
FIGURE 78 : NOUVEAU CHENAL CREE PAR LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR	130
FIGURE 79 : BRAS MORT RESULTANT DU RECALIBRAGE EN AMONT DES SABLIERES.....	131
FIGURE 80 : SEUIL DE STABILISATION DU BREUCHIN	132
FIGURE 81 : DYNAMIQUE ACTIVE EN AVAL DES SABLIERES	132
FIGURE 82 : ENROCHEMENTS DE BERGES DANS LA TRAVERSEE DE BREUCHES.....	133
FIGURE 83 : ANCIEN BIEF DE MOULIN A BREUCHES.....	134
FIGURE 84 : REPRISE ACTIVE DE LA DYNAMIQUE EN AVAL DE BREUCHES	134
FIGURE 85 : SECTORISATION DE LA SEMOUSE	136
FIGURE 86 : ECOULEMENT LOTIQUE EN AMONT DE MAGNONCOURT	137
FIGURE 87 : SEUIL DE STABILISATION ET CHENAL LENTIQUE	138

FIGURE 88 : BRAS SECONDAIRE A PISSEURE	139
FIGURE 89 : ABSENCE DE DYNAMIQUE NATURELLE	140
FIGURE 90 : SECTORISATION DE LA COMBEAUTE	142
FIGURE 91 : SEUIL DE STABILISATION A FOUGEROLLES-LE-CHATEAU AU DROIT DE LA DISTILLERIE	143
FIGURE 92 : SEUIL DE STABILISATION A FOUGEROLLES	144
FIGURE 93 : EROSION DE BERGE NON PROBLEMATIQUE	145
FIGURE 94 : ATERRISSEMENT EN AVAL DU PONT DE LA DEVIATION DE LA RD64	145
FIGURE 95 : SEUIL DE STABILISATION AU DROIT DES SABLIERES	146
FIGURE 96 : DIGUE DE SEPARATION DE LA COMBEAUTE ET DES SABLIERES	147
FIGURE 97 : EROSION EN AVAL IMMEDIAT D'UN SEUIL EN TRAVERS.....	147
FIGURE 98 : SECTORISATION DE L' AUGRONNE.....	149
FIGURE 99 : ECOULEMENT TURBULENT SUR LA COMMUNE D'AILLEVILLERS-ET-LYAUMONT	150
FIGURE 100 : ANCIENNE SCIERIE IMPOSANT UNE REDUCTION DU FUSEAU DE MOBILITE EN AMONT DU PONT DES PORTS	151
FIGURE 101 : AUGRONNE VUE VERS L'AMONT A L'EXTREME AVAL DU TRONÇON.....	151
FIGURE 102 : ENROCHEMENT EN ZONE NATURELLE	152
FIGURE 103 : SEUIL DE STABILISATION DU FOND DU LIT	153
FIGURE 104 : EROSION DE BERGE ET DEPOTS D'EMBACLES EN AVAL D'UN SECTEUR AMENAGE	153
FIGURE 105 : IMPORTANT ATERRISSEMENT A LA CONFLUENCE DE L' AUGRONNE ET D'UN BRAS DE LA SEMOUSE	153
FIGURE 106 : VASTE CONE ALLUVIALE AU SEIN DU LIT MINEUR ET COMPLEMENT DU CHENAL D'ECOULEMENT	153
FIGURE 107 : BRAS SECONDAIRE EN CONTEXTE URBAIN A SAINT-LOUP-SUR-SEMOUSE.....	154
FIGURE 108 : SYNTHESE DE LA DYNAMIQUE NATURELLE SUR LE BASSIN DE LA LANterne	157
FIGURE 109 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 1 : LA LANterne A ORMOICHE	171
FIGURE 110 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 2 : LA LANterne A FRANCALMONT	172
FIGURE 111 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 3 : LA LANterne A BRIAUCOURT	173
FIGURE 112 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 4 : LA LANterne A CONFLANS (MESURE AMONT).....	174
FIGURE 113 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 4 : LA LANterne A CONFLANS (MESURE AVAL)	175
FIGURE 114 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 5 : LA LANterne A CONFLANS	176
FIGURE 115 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 6 : LA LANterne A MERSUAY	177
FIGURE 116 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 7 : LA SEMOUSE A AILLEVILLERS (MESURE AMONT).....	178
FIGURE 117 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 7 : LA SEMOUSE A AILLEVILLERS (MESURE AVAL)	179
FIGURE 118 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 8 : LA SEMOUSE A MAGNONCOURT.....	180
FIGURE 119 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 9 : LA SEMOUSE A CONFLANS	181
FIGURE 120 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 10 : LA COMBEAUTE A FONTAINE-LES- LUXEUIL	182
FIGURE 121 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 11 : LE BREUCHIN A FROIDECONCHE (MESURE AMONT)	183
FIGURE 122 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 11 : LE BREUCHIN A FROIDECONCHE (MESURE AVAL)	184
FIGURE 123 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 12 : LE BREUCHIN A FROIDECONCHE (MESURE AMONT)	185
FIGURE 124 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 12 : LE BREUCHIN A FROIDECONCHE (MESURE AVAL)	186
FIGURE 125 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 13 : LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR (MESURE AMONT)	187
FIGURE 126 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 13 : LE BREUCHIN A SAINT-SAUVEUR (MESURE AVAL)	188
FIGURE 127 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 14 : LA BREUCHIN A ORMOICHE.....	189

FIGURE 128 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 15 : LE BREUCHIN A VOIVRE (MESURE AMONT)..... 190

FIGURE 129 : COURBE GRANULOMETRIQUE DE LA STATION 15 : LE BREUCHIN A VOIVRE (MESURE AVAL) 191

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES.....	20
TABLEAU 2 : STATIONS HYDROMETRIQUES DE REFERENCE SUR LA ZONE D'ETUDE.....	21
TABLEAU 3 : CARACTERISTIQUES DES ECOULEMENTS MENSUELS AUX STATIONS DE REFERENCE	21
TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DES MODULES INTERANNUELS AUX STATIONS DE REFERENCE.....	21
TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES DES DEBITS DE BASSES EAUX AUX STATIONS DE REFERENCE.....	21
TABLEAU 6 : CARACTERISTIQUES DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS AUX STATIONS DE REFERENCE	22
TABLEAU 7 : CARACTERISTIQUES DES DEBITS MAXIMUM JOURNALIERS AUX STATIONS DE REFERENCE	22
TABLEAU 8 : BILAN DES LARGEURS DES PLAINES ALLUVIALES DES COURS D'EAU ETUDIES	27
TABLEAU 9 : HISTORIQUE DES PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR LA LANterne	51
TABLEAU 10 : HISTORIQUE DES PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR LE BREUCHIN	56
TABLEAU 11 : HISTORIQUE DES PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR LA SEMOUSE	57
TABLEAU 12 : HISTORIQUE DES PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR L'AUGRONNE	58
TABLEAU 13 : HISTORIQUE DES PRINCIPAUX TRAVAUX REALISES SUR LA COMBEAUTE	59
TABLEAU 14 : REPARTITION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT PAR COURS D'EAU ET COMMUNES	62
TABLEAU 15 : INVENTAIRE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES MAJEURS.....	63
TABLEAU 16 : SITES D'EXTRACTION DE GRANULATS EN ACTIVITE	67
TABLEAU 17 : INCIDENCES DES PRINCIPAUX ENJEUX EN LIT MAJEUR SUR L'ESPACE DE MOBILITE	96
TABLEAU 18 : ESTIMATION DES SURFACES DE MATERIAUX MOBILISABLES PAR COURS D'EAU.....	100
TABLEAU 19 : ECHELLE GRANULOMETRIQUE DE WENTWORTH (1922) MODIFIEE DANS MALAVOI ET SOUCHON (1989)	102
TABLEAU 20 : DIAMETRES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX AUX STATIONS ECHANTILLONNEES	103
TABLEAU 21 : DEBITS INSTANTANES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES (SOURCE BANQUE HYDRO)	108
TABLEAU 22 : DEBITS INSTANTANES AUX STATIONS GRANULOMETRIQUES	109
TABLEAU 23 : DETERMINATION DU DEBIT DE DEBUT D'ENTRAINEMENT	110
TABLEAU 24 : DEBITS CLASSES AUX STATIONS GRANULOMETRIQUES.....	111
TABLEAU 25 : VOLUMES ANNUELS CHARRIES AUX DIFFERENTES STATIONS GRANULOMETRIQUES .	113

Introduction

1.1 Contexte général et objectifs de l'étude

1.1.1 Contexte du Contrat de rivière Lanterne

Le Syndicat Mixte Saône et Doubs a été mandaté par l'ensemble des partenaires techniques et financiers (Conseil généraux de Haute-Saône et des Vosges, Conseil régional de Franche-Comté, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Collectivités locales, services de l'Etat) pour coordonner la mise en œuvre d'un contrat de rivière sur le bassin versant de la Lanterne.

De manière à satisfaire les différents enjeux identifiés à l'échelle du bassin, plusieurs études ont été estimées nécessaires. L'étude de la dynamique alluviale de la rivière Lanterne constitue l'une d'elle et représente un élément clé répondant aux enjeux de renaturation des cours d'eau, d'érosion et d'atterrissement, de gestion des crues et de qualité des eaux.

Cette étude doit permettre de trouver un juste équilibre entre les nécessités de stabilisation des cours d'eau pour les enjeux humains et le retour à un fonctionnement le plus naturel possible, caractérisant des cours d'eau mobiles parmi les mieux préservés de Franche-Comté.

1.1.2 Objectifs

La présente étude a pour finalité de constituer un diagnostic du fonctionnement physique global des cours d'eau dans l'optique d'apporter des réponses aux gestionnaires en matière d'inondation et de problématiques morphodynamiques (érosions, atterrissements, incision du lit etc.).

Plus précisément, elle consiste à :

- appréhender le fonctionnement et les enjeux géomorphologiques passés, actuels et futurs ;

- analyser les dysfonctionnements géomorphologiques, leurs origines et leurs impacts ;
- formuler des propositions concrètes pour la gestion physique des cours d'eau au sein d'un programme d'intervention prenant en compte la dimension socio-économique de la vallée.

1.2 Périmètre géographique

L'étude s'inscrit à l'intérieur du bassin versant de la Lanterne, affluent de rive gauche de la Saône, couvrant une superficie de **1045 km²**.

1.2.1 Marché initial

L'étude telle que définie dans le marché initial s'étend sur le territoire géographique des cours d'eau suivants :

- la Semouse, entre la limite aval de la commune d'Aillevillers et sa confluence avec la Lanterne ;
- l'Augronne, entre la limite aval de la commune d'Aillevillers et sa confluence avec la Semouse ;
- la Combeauté, entre la limite aval de la commune de Fougerolles et sa confluence avec la Semouse ;
- le Breuchin, entre la limite aval de la commune de Faucogney-et-la-Mer et sa confluence avec la Lanterne ;
- la Lanterne, entre la limite aval de la commune de Citers et la limite aval de la commune de Faverney.

Ce périmètre représente environ 100 kilomètres du réseau hydrographique du bassin de la Lanterne.

1.2.2 Extension du marché initial

Conscients des limites de l'approche sur ce linéaire et de la nécessité d'appréhender les cours d'eau dans leur globalité et de disposer d'une vision linéaire amont - aval, le Maître d'ouvrage et ses partenaires ont décidé de procéder à une extension du linéaire vers l'amont des cours d'eau dans le cadre d'un avenant au marché initial.

Cette extension porte :

- sur 12 km de la rivière Combeauté (limite amont : lieu-dit « Famont ») ;
- sur 7 km de la rivière Augronne (limite amont : pont des Ports) ;
- sur 3 km de la rivière Semouse (limite amont : lieu-dit « le Pontcey » en amont d'Aillevillers).

1.3 Méthodologie

L'étude s'organise selon trois phases successives :

- Phase 1 : Diagnostic et évolutions géomorphologiques ;
- Phase 2 : Analyse sociologique, économique et environnementale ;
- Phase 3 : Propositions de travaux et orientations de gestion.

Ce document correspond à la **phase 1 : Diagnostic et évolutions géomorphologiques**. Plusieurs étapes ont été mises en œuvre au cours de cette phase :

- Une approche historique du fonctionnement géomorphologique des cours d'eau. Cette approche repose sur l'analyse de documents existants, en particulier sur des tracés anciens des cours d'eau.
- Une analyse in situ, comportant des visites de terrain en compagnie des acteurs locaux concernés sur les secteurs les plus problématiques. Cette approche permet de mettre en évidence le fonctionnement actuel des cours d'eau et de mettre en relief les sites problématiques. Les acteurs rencontrés sont les suivants :
 - Syndicat d'aménagement de la Basse Lanterne ;
 - Syndicat d'aménagement du bassin de la Lanterne ;
 - Syndicat d'aménagement du Breuchin ;
 - Communauté de Communes du Val de Semouse.
- Une analyse du transport solide, permettant d'appréhender les capacités de transport des différents cours d'eau. Cette analyse met en évidence les zones d'érosion et d'exhaussement du lit, les secteurs assujettis à de fortes variations de morphologie dans le temps et les secteurs stables, les zones remobilisables et les zones de divagation. Elle permet d'évaluer l'évolution géomorphologique future.

2

Analyse du contexte du bassin versant de la Lanterne

2.1 Bassin versant et hydrographie

Le bassin versant de la Lanterne s'étend sur environ 1045 km². Le réseau hydrographique étudié s'écoule globalement d'Est en Ouest. Les cours d'eau traversent dans un premier temps les plateaux gréseux de la retombée méridionale des Vosges (appelée la Rôge) avant de rejoindre les bas plateaux calcaires de la Haute-Saône. La Lanterne gagne, à son extrémité, la plaine de la Saône avant de confluer avec cette dernière à Conflandey (cf. Figure 1).

2.1.1 La Lanterne

La Lanterne est un affluent de la Saône, de rive gauche. Elle s'étend sur 62 kilomètres. Elle suit un tracé orienté sud-est – nord-ouest jusqu'à Ormoiche avant de changer radicalement d'orientation pour se diriger vers le sud-ouest jusqu'à sa confluence. Sa pente moyenne est de 3,8‰ depuis sa source ; elle n'atteint que 1,4 ‰ sur la zone d'étude (il s'agit du cours d'eau à la pente la plus faible).

Elle reçoit successivement, en rive droite, les eaux du Breuchin, de la Rôge (hors périmètre d'étude) et de la Semouse.

2.1.2 Le Breuchin

Ce ruisseau de 43 kilomètres prend sa source au pied des Vosges sur le plateau des Mille-Etangs, au lieu-dit « les Cent Sous » à une altitude de 730 mètres. Ses principaux affluents sont respectivement le Tampa, le Beuletin, le ruisseau de la Croslière et la Raddon qui s'y jette sur la commune de Breuchotte.

Sur l'ensemble de son cours, le Breuchin a une pente moyenne de 10,8 ‰ qui lui confère une dynamique naturelle marquée. Sur la zone étudiée, sa pente moyenne n'est plus que 3,8 ‰ environ.

Le ruisseau conflue avec la Lanterne sur les communes de Breuche et d'Ormoiche.

2.1.3 La Semouse

La rivière Semouse prend sa source dans les Vosges à environ 550 mètres d'altitude (forêt de Thiémont). Après un parcours de 42 kilomètres, elle conflue avec la Lanterne sur le territoire de la commune de Conflans-sur-Lanterne.

Sa pente moyenne sur l'ensemble de son linéaire est de 8,5 ‰ mais elle n'atteint plus que 2,2 ‰ sur la zone d'étude.

Ses deux affluents principaux sont la Combeauté et l'Augronne.

2.1.4 La Combeauté

Ce ruisseau est un affluent de rive droite de la Semouse avec laquelle il conflue à Ainvelle après un linéaire de 35 kilomètres. Sa pente moyenne est de 12,6 ‰ et de 3,2 ‰ sur le territoire de la zone d'étude.

2.1.5 L'Augronne

L'Augronne est un affluent de rive droite de la Semouse qui conflue avec cette dernière à Saint-Loup-sur-Semouse après 28 kilomètres et une pente moyenne de 12‰ (environ 4,5‰ sur la zone d'étude).

Son principal affluent se situe en rive droite (Planey).

Il s'agit du cours d'eau à la plus forte pente sur notre territoire.

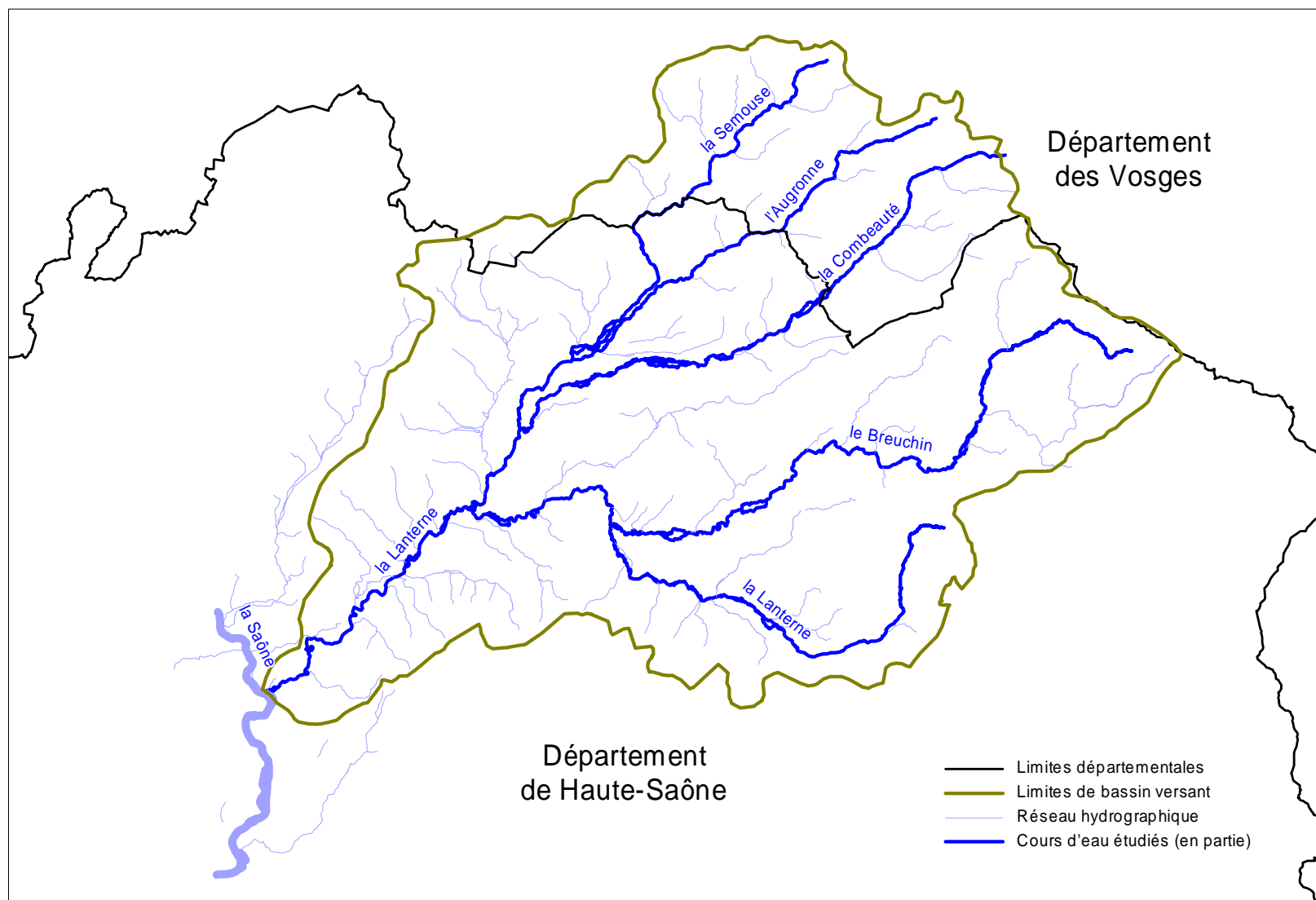


Figure 1 : Réseau hydrographique et bassin versant

2.2 Contexte géologique et hydrogéologique

2.2.1 Contexte géologique

Le bassin versant de la Lanterne recoupe plusieurs formations géologiques (Cf. Figure 2) :

- au nord-est, où transitent plusieurs affluents (Semouse, Augronne, Combeauté) : présence de **terrains cristallins vosgiens**. On y observe plusieurs formations telles que les granites, gneiss et micaschistes appartenant au socle hercynien largement recouvertes par les grès du Bundsandstein. Ces grès du Trias sont à pendage subhorizontal sur le bassin de la Semouse et à pendage méridional sur les bassins du Breuchin et de la Lanterne. Le socle est majoritairement apparent à l'est du bassin ;
- dans la région de Luxeuil-les-Bains se trouve une structure faillée (le horst) laissant apparaître les formations du **socle primaire** (schistes, granites). Ces formations forment une gêne importante à l'écoulement de la Lanterne dont la vallée s'encaisse singulièrement en aval d'Ormoiche.
- au sud-ouest affleurent les **séries du Trias et du Lias** correspondant à la dépression méridionale des Vosges (dépression triasico-liasique périvosgienne). Il s'agit d'une zone de transition entre le massif vosgien et les plateaux haut-saônois.

2.2.1.1 La Lanterne

Sur l'ensemble du secteur étudié, la Lanterne traverse la dépression triasico-liasique périvosgienne. La tectonique¹ marque profondément l'orientation générale des écoulements. La largeur de la plaine alluviale est variable.

- En amont du horst de Luxeuil, les alluvions récentes recouvrent les alluvions fluvio-glaciaires en contact avec des terrasses anciennes, formant un ensemble occupant l'interfluve Lanterne/Breuchin.
- La traversée du horst de Luxeuil marque un rétrécissement important de la vallée de la Lanterne, qui n'atteint ici que quelques centaines de mètres.
- En aval du horst, on note également la présence de basses terrasses fluviales.

2.2.1.2 Le Breuchin

En amont de notre zone d'étude, le Breuchin a creusé son lit à même le socle cristallin. Ce n'est qu'en aval de Faucogney-et-la-Mer que le Breuchin repose sur des alluvions récentes recouvrant des dépôts fluvio-glaciaires, encadrés par des terrasses fluviales. A partir de Froideconche, le ruisseau s'écoule jusqu'à sa confluence au sein de la

¹ Ensemble des déformations subies par les couches géologiques déjà formées.

dépression triasico-liasique marquée par la présence d'alluvions récentes qui recouvrent les alluvions fluvio-glaciaires en contact avec des terrasses anciennes.

2.2.1.3 La Semouse et ses affluents

La Semouse et ses affluents (Augronne et Combeauté) s'écoulent au sein du socle cristallin. Les zones de confluence des différents cours d'eau s'opèrent au sein d'un vaste ensemble de dépôts fluvio-glaciaires. La Semouse aval traverse ensuite les séries du Trias moyen et supérieur et du Lias.

2.2.2 Contexte hydrogéologique

D'un point de vue hydrogéologique, le bassin de la Lanterne est caractérisé par :

- l'importance de l'aquifère des grès du Trias inférieur dans le secteur de la Semouse ;
- de nombreuses accumulations de dépôts alluviaux en fond de vallées de la Lanterne et du Breuchin, à forte perméabilité ;
- l'importance des eaux thermominérales dans le secteur de Luxeuil-les-Bains (Breuchin) et Plombières-les-Bains (Augronne).

Les différents aquifères en présence sont :

- le substratum cristallin, non exploité ;
- les grès du Trias inférieur dont les sources sont utilisées pour l'alimentation en eau potable de certaines collectivités ;
- les aquifères des alluvions récentes et anciennes fréquemment exploités ;
- les aquifères karstiques, peu exploités.

L'utilisation des aquifères en fonds de vallées implique la présence de captages qui sont autant d'enjeux forts présents en lit majeur.

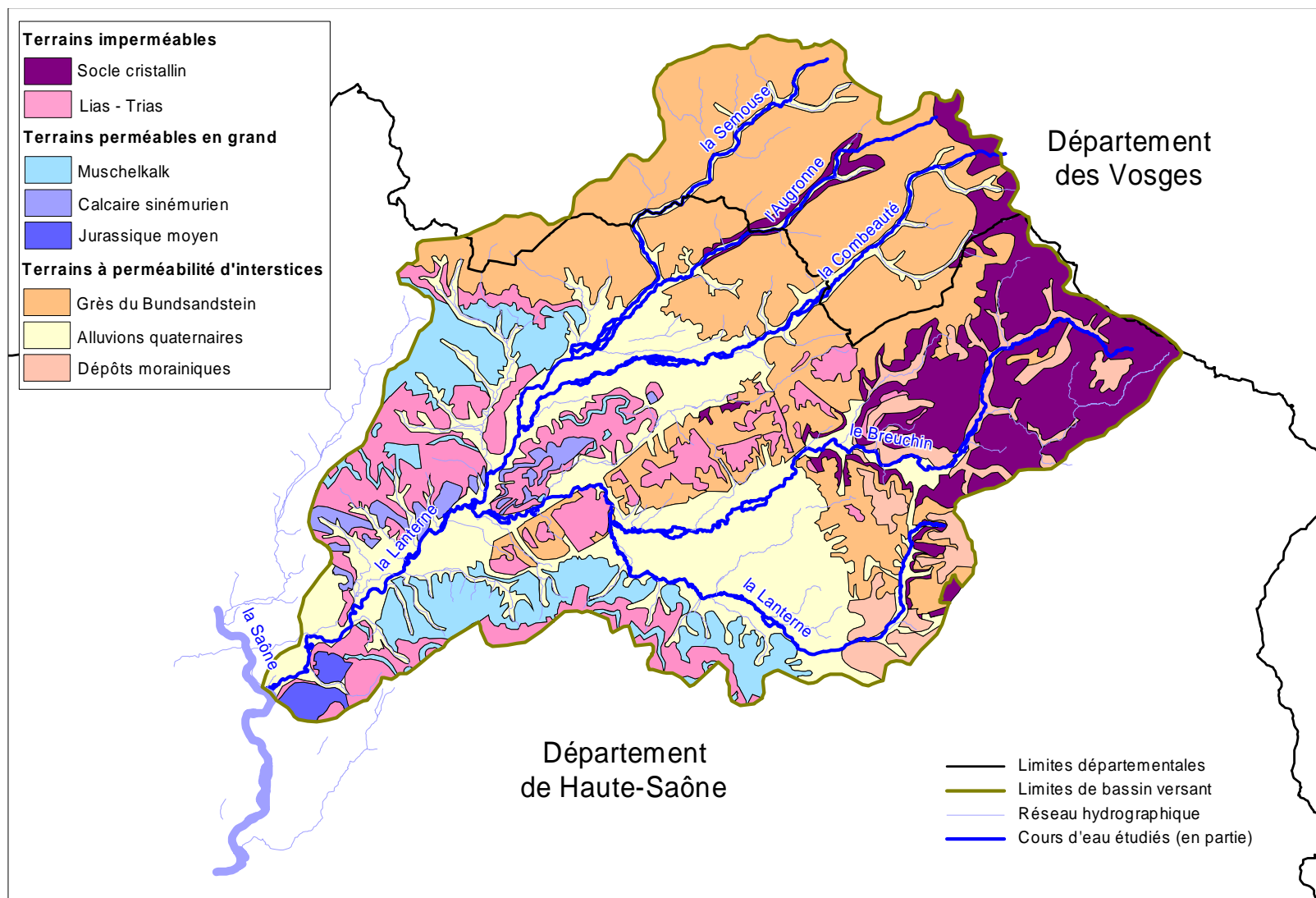


Figure 2 : Contexte hydrogéologique du bassin versant de la Lanterne

2.3 Contexte hydrologique

L'approche hydrologique vise à déterminer les caractéristiques de fonctionnement des cours d'eau en terme de débits. Elle permet de comprendre le fonctionnement de la rivière lors des crues et en régime moyen.

Certaines données hydrologiques permettent en particulier d'aborder le transport solide par le calcul dans la suite de ce document (paragraphe 5.4.5).

2.3.1 Pluviométrie²

Le département de la Haute-Saône s'inscrit dans un contexte de climat continental marqué. Les pluviométries y sont relativement abondantes. On distingue deux entités sur notre secteur :

- le nord-est et l'est du bassin, correspondant à la **retombée méridionale des Vosges** : les précipitations sont plus abondantes et intenses que sur le reste du bassin. En période hivernale, les précipitations pluvieuses font place à des chutes de neige à partir de 400 - 500 mètres d'altitude. Annuellement, il tombe en moyenne 1900 mm sur ce secteur très arrosé ;
- Le sud-ouest et l'est du bassin, correspondant à la **dépression marginale péri-vosgienne**, où les précipitations sont moins fortes et intenses. Les précipitations atteignent 900 mm à l'extrémité ouest de ce secteur (vallée de la Saône).

Les précipitations forment donc un **gradient décroissant orienté nord-est / sud-ouest**. Il est à noter que le sous bassin du Breuchin est légèrement plus pluvieux compte tenu d'une topographie plus accidentée.

Les postes pluviométriques de référence sur le secteur sont les stations de Luxeuil-les-Bains et de Remiremont en amont de la zone d'étude (Vosges). Les données d'observations correspondent sur ces postes à la période 1951 - 1977 (27 années).

Le Tableau 1 ci-dessous indique pour chaque station les précipitations maximales journalières enregistrées sur la période.

Tableau 1 : Précipitations maximales journalières

Poste pluviométrique	Altitude (m NGF)	Pluie maximale journalière décennale (mm)	Pluie maximale journalière centennale (mm)
Remiremont	380	72	111
Luxeuil-les-Bains	272	47	64

² Sources : Météo France - Sciences Environnement / IPSEAU, *Etude diagnostic et définition des orientations en vue de la mise en place d'un schéma cohérent d'aménagement et de gestion des milieux sur le bassin versant de la Semouse et de la Lanterne*, Nov. 2000.

Les chiffres montrent que l'on observe un gradient nord-est - sud-ouest de la même manière que pour les précipitations moyennes annuelles. Ainsi, les pluies sur les versants vosgiens sont nettement plus intenses que pour la dépression marginale (Luxeuil).

2.3.2 Débits de référence

Les débits de référence sont fournis par les observations des stations hydrométriques présentes sur le secteur d'étude :

Tableau 2 : Stations hydrométriques de référence sur la zone d'étude

Station (Banque Hydro)	Cours d'eau	Commune	Altitude (m NGF)	Bassin versant (km ²)	Période de mesure
U0474010	Lanterne	Fleurey-les-Faverney	211	1020	1664 - 2007
U0415010	Breuchin	La Proiselière-et-Langle	343	123	1967 - 2007
U0444310	Semouse	Saint-Loup-sur-Semouse	243	222	1974 - 2007

Il existait une seconde station sur la Lanterne à Briaucourt mais elle n'est plus en fonctionnement (période 1968 - 1975).

Les tableaux suivants sont une synthèse des données caractéristiques des écoulements moyens, en basses eaux et en crue aux trois stations de référence.

Tableau 3 : Caractéristiques des écoulements mensuels aux stations de référence

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Débits mensuels (m ³ /s)	Lanterne U0474010	37,60	35,20	32,00	25,20	19,60	13,10	8,52	6,52	8,53	16,70	26,20	37,00	22,10
	Breuchin U0415010	7,11	7,21	6,17	4,59	3,53	2,49	1,82	1,38	1,93	3,99	5,68	7,07	4,40
	Semouse U0444310	9,96	9,36	8,22	6,28	5,21	3,60	2,38	1,64	1,91	4,56	6,85	9,85	5,80

Tableau 4 : Caractéristiques des modules interannuels aux stations de référence

Module (m ³ /s)	Lanterne U0474010	22,10
	Breuchin U0415010	4,40
	Semouse U0444310	5,80

Tableau 5 : Caractéristiques des débits de basses eaux aux stations de référence

		QMNA2	QMNA5
Basses eaux (m ³ /s)	Lanterne U0474010	3,90	2,60
	Breuchin U0415010	0,86	0,57
	Semouse U0444310	1,10	0,81

Tableau 6 : Caractéristiques des débits moyens journaliers aux stations de référence

			Q2	Q5	Q10	Q20	Q50
Hautes eaux - débits moyens journaliers (m3/s)	Lanterne	U0474010	120,00	170,00	190,00	220,00	260,00
	Breuchin	U0415010	38,00	54,00	64,00	74,00	87,00
	Semouse	U0444310	48,00	60,00	69,00	77,00	87,00

Tableau 7 : Caractéristiques des débits maximum journaliers aux stations de référence

			Q2	Q5	Q10	Q20	Q50
Hautes eaux - débits maximum journaliers (m3/s)	Lanterne	U0474010	130,00	180,00	220,00	250,00	290,00
	Breuchin	U0415010	57,00	82,00	98,00	110,00	130,00
	Semouse	U0444310	65,00	81,00	91,00	100,00	110,00

Les données hydrologique des cours d'eau répondent aux caractéristiques pluviométriques. On notera ainsi le caractère intense des crues du Breuchin exprimés par le rapport élevé entre le débits de crues moyens journaliers et ses débits de crues maximum journaliers (crues rapides et intenses).

2.4 Caractéristiques morphologiques

2.4.1 Largeur de la plaine alluviale

La plaine alluviale correspond à la zone maximale d'extension des crues. Elle peut être associée au lit majeur des cours d'eau.

Cette enveloppe conditionne directement l'espace à l'intérieur duquel les rivières peuvent exprimer leur dynamique. Plus concrètement, elles déterminent **l'espace naturel maximal** à l'intérieur duquel les cours d'eau sont susceptibles de divaguer et d'atteindre leur équilibre morphodynamique.

La plaine alluviale constitue le paramètre géomorphologique le plus en adéquation avec la structure géologique présentée au chapitre 1.1. Elle correspond généralement à l'enveloppe des alluvions Fz.

Cette enveloppe donne un contour extérieur optimal. Le lit majeur ainsi défini est régulièrement restreint par les aménagements humains : digues, chaussées en remblais, infrastructures diverses...

2.4.1.1 La Lanterne

La largeur de la plaine alluviale de la Lanterne est très variable d'amont en aval. Elle s'inscrit dans un intervalle [350 m – 4270 m] (cf. Figure 3) :

- La plus forte largeur est observée en amont de la zone d'étude, dans la dépression marginale péri-vosgienne. Ce secteur correspond à l'interfluve Lanterne – Breuchin qui a lui seul atteint plus de 9000 mètres. La plaine alluviale de la Lanterne a été séparée de la plaine du Breuchin sur la base des lignes de niveaux.

- La plus faible largeur est observée dans le secteur d'Ormoiche, où la plaine alluviale est fortement restreinte au passage de la rivière à travers le horst de Luxeuil. Les affleurements liaso - triasiques et les grès du Bundsandstein réduisent sensiblement la plaine alluviale.

La plupart des rétrécissements du lit majeur observables sur le graphique ci-dessous correspondent à des affleurements des formations du Lias et du Trias.

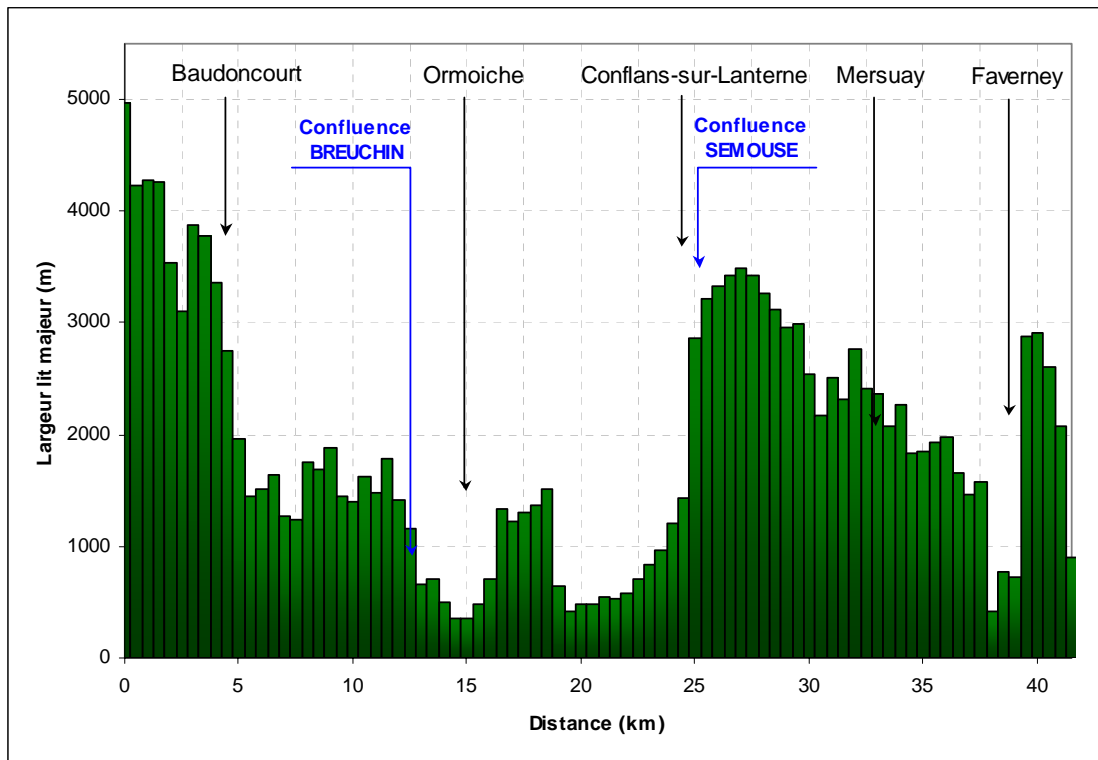


Figure 3 : Evolution de la largeur de la plaine alluviale de la Lanterne

Il est à noter que dans ces sections les plus larges, la plaine alluviale de la Lanterne s'étend tantôt majoritairement en rive droite (amont de Baudoncourt), tantôt en rive gauche (secteur Conflans / Mersuay).

2.4.1.2 Le Breuchin

La plaine alluviale du Breuchin présente une plus grande homogénéité amont - aval que celle de sa consœur la Lanterne. Sa variabilité longitudinale s'inscrit dans un intervalle [315 m - 3110 m].

La plus forte variabilité est observée dans les 12 kilomètres amont (largeur moyenne : 1255 m). Elle s'explique par le contexte géologique de la rivière qui traverse successivement les terrains imperméables du socle cristallin et des formations Lias / Trias et des poches restreintes d'alluvions quaternaires, avant de rejoindre le vaste interfluve Breuchin / Lanterne à Froideconche. Dès lors, la plaine alluviale s'élargit notablement pour demeurer très large jusqu'à la confluence (moyenne 2480 m).

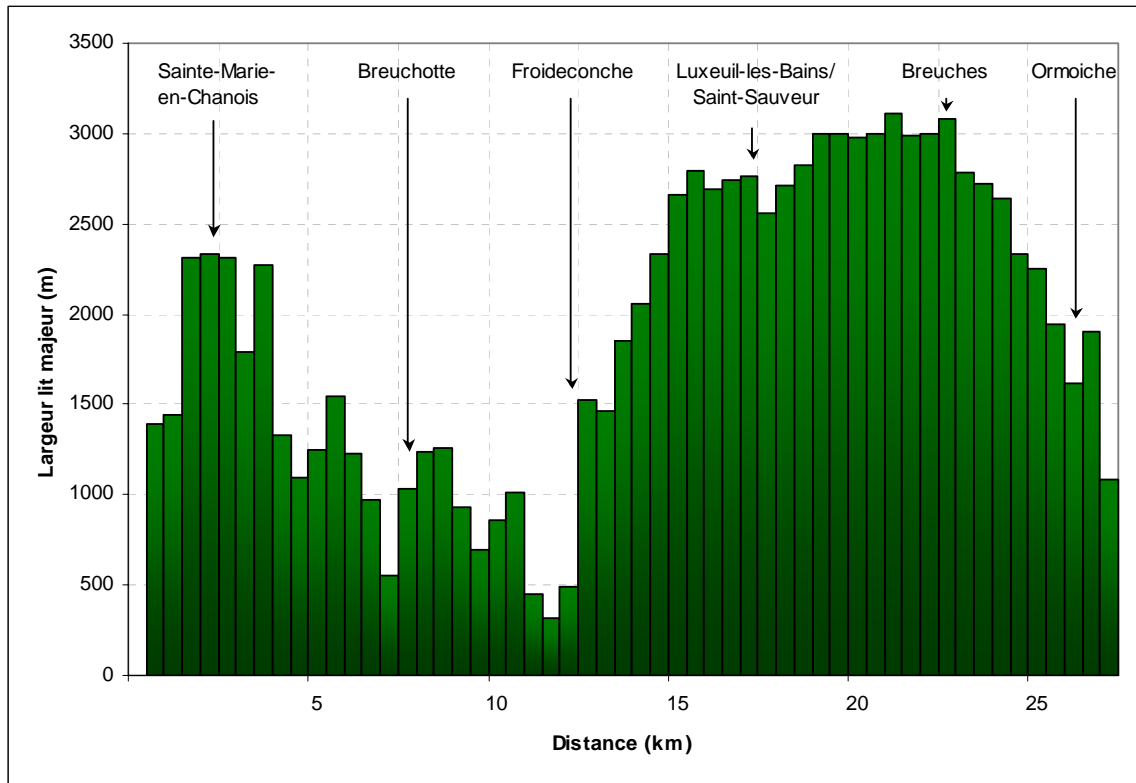


Figure 4 : Evolution de la largeur de la plaine alluviale du Breuchin

2.4.1.3 La Semouse

La plaine alluviale de la Semouse possède une largeur moyenne de 1015 mètres. Elle présente une certaine homogénéité amont - aval sur son linéaire, excepté dans sa partie amont.

Ces sections les plus étroites (de l'ordre de 290 m) sont observés en amont de la zone d'étude, dans le secteur où la rivière traverse les grès du Bundsandstein de la retombée méridionale des Vosges. Elle s'élargit brusquement au niveau de l'interfluve Semouse/Augronne/Combeauté lorsque la rivière atteint la dépression marginale péri-vosgienne. Elle se réduit légèrement en aval de Saint-Loup-sur-Semouse à l'approche du horst de Luxeuil que la rivière longe au nord.

La variation amont - aval de la largeur s'inscrit dans l'intervalle [290 m - 1690 m].

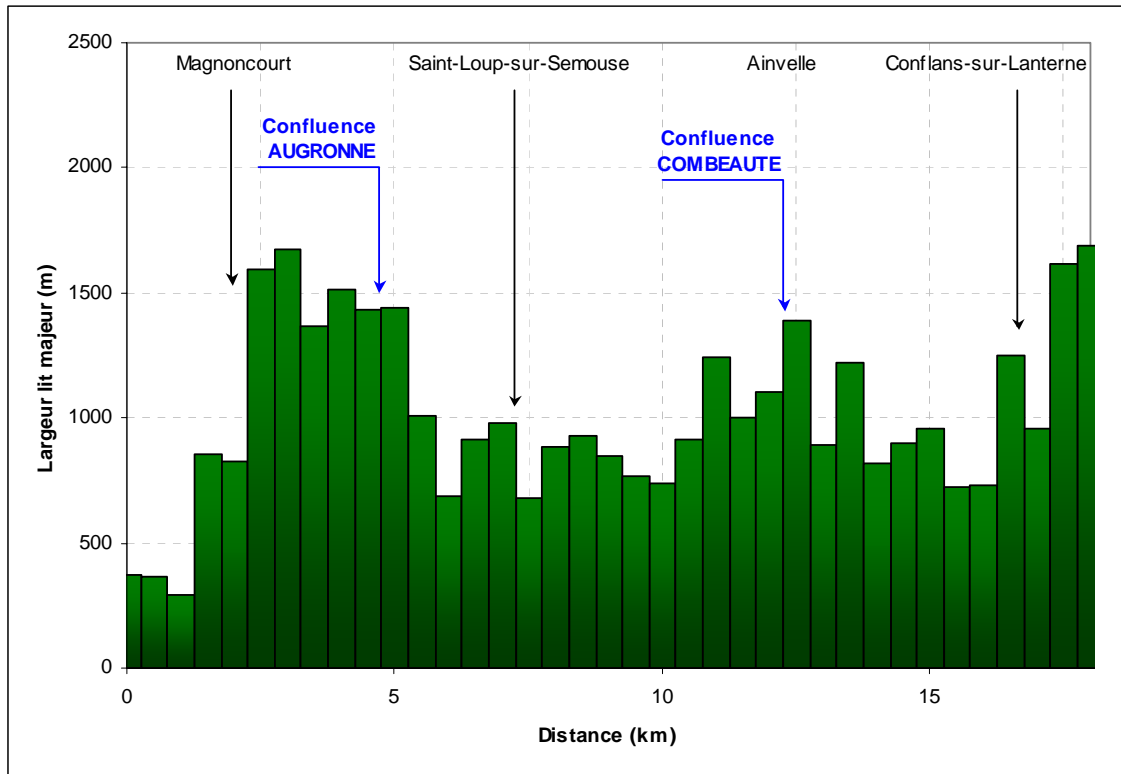


Figure 5 : Evolution de la largeur de la plaine alluviale de la Semouse

2.4.1.4 L'Augronne

La plaine alluviale de la rivière Augronne atteint une largeur moyenne d'environ 710 mètres. Elle est nettement moins large en amont d'Aillevillers, compte tenu de l'influence du socle cristallin des Vosges (aux alentours de 440 mètres).

Elle s'élargit ensuite notablement du fait de la traversée du vaste interfluve caractérisant la dépression péri-vosgienne au sud-ouest de la retombée méridionale des Vosges. Celui-ci se rétrécit progressivement à l'approche des formations du Trias et du Lias situées au nord de Luxeuil. La largeur varie à l'intérieur d'un intervalle [220 m - 1150 m].

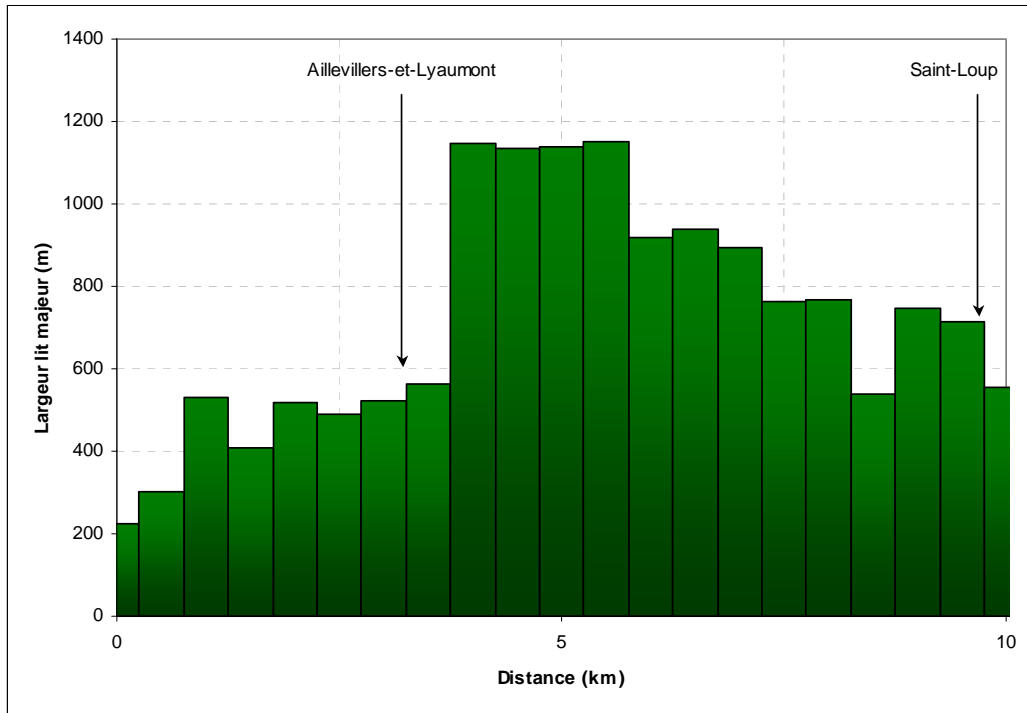


Figure 6 : Evolution de la largeur de la plaine alluviale de l'Augronne

2.4.1.5 La Combeauté

La plaine alluviale de la Combeauté atteint une largeur moyenne de 2400 mètres sur la zone d'étude. Elle fait toutefois preuve d'une grande variation amont - aval :

- sur l'amont de la zone étudiée, la largeur moyenne atteint 1500 mètres : elle correspond à l'influence des formations géologiques (Grès du Bundsandstein).
- en amont de Corbenay/Fontaine-les-Luxeuil, la plaine atteint une largeur moyenne de 4160 mètres. Ce secteur correspond aux formations alluviales quaternaires situées à l'amont des formations liasiques et triasiques ;
- en aval de Corbenay/ Fontaine-les-Luxeuil, la plaine alluviale est progressivement réduite par les formations liasiques et triasiques et par la plaine alluviale de l'Augronne en rive droite. La largeur moyenne est de l'ordre de 1940 mètres. Même si elle décroît légèrement jusqu'à la confluence avec la Semouse, la largeur de la plaine alluviale demeure relativement constante sur ce second secteur.

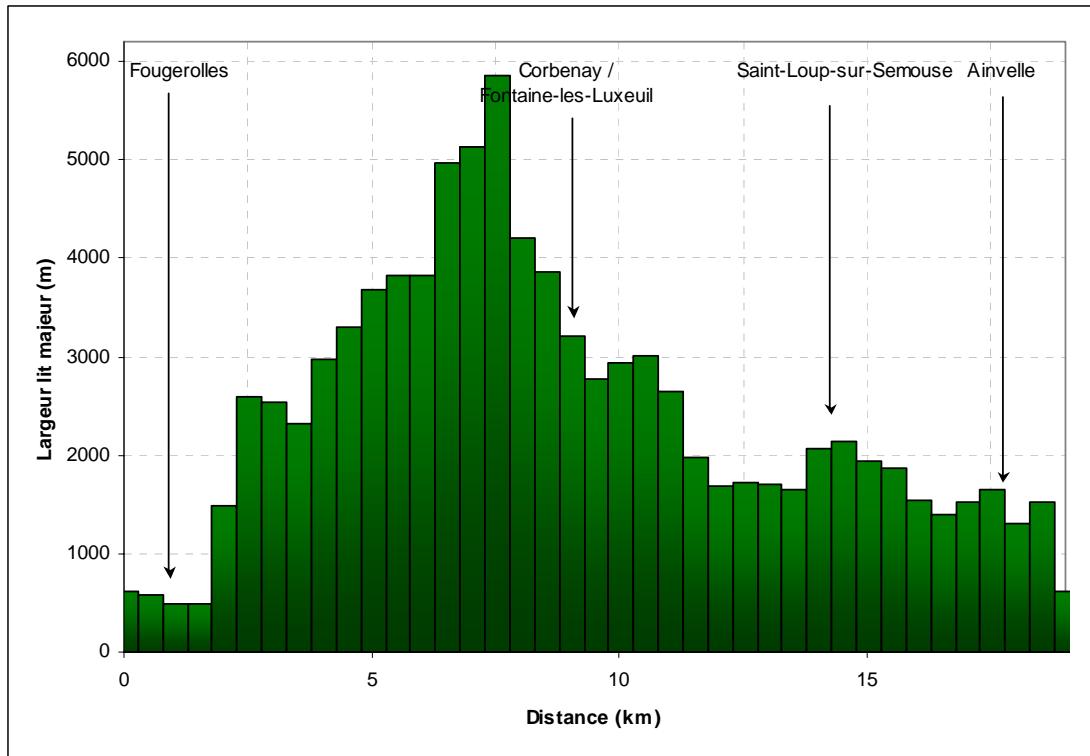


Figure 7 : Evolution de la largeur de la plaine alluviale de la Combeauté

2.4.1.6 Bilan sur les plaines alluviales

Cette approche de la largeur des plaines alluviales permet d'avoir un premier aperçu des espaces maximum théoriques au sein desquels les rivières peuvent se déplacer. Le fuseau de mobilité qui sera défini plus loin dans ce document ne saurait dépasser l'emprise des alluvions et des terrasses de bordure intégrées à cette plaine alluviale.

Le tableau suivant synthétise les intervalles de largeur des plaines alluviales (étant entendu que dans le cas de plaine alluviale commune (interfluve), les largeurs ont été réparties entre les différents cours d'eau s'y écoulant).

Tableau 8 : Bilan des largeurs des plaines alluviales des cours d'eau étudiés

	Emprise de la plaine alluviale (m)	
	Minimale	Maximale
Lanterne	350	4960
Breuchin	310	3110
Semouse	290	1690
Augronne	540	1160
Combeauté	620	5860

On observe donc une forte variabilité des largeurs des plaines alluviales, directement conditionnées par les formations de surface et par l'évolution des cours d'eau à l'échelle de temps géologique.

2.4.2 Pente du lit mineur

La pente du lit mineur est un paramètre intéressant mettant en évidence des tronçons homogènes de cours d'eau. La pente influe directement sur la dynamique naturelle.

D'une manière générale, plus la pente est élevée, moins les phénomènes de divagation latérale sont nombreux et intenses et plus l'écoulement est rapide et linéaire. Dans leurs extrémités aval, les cours d'eau adoptent de faibles pentes caractéristiques des cours d'eau de plaine. Ces faibles pentes s'accompagnent fréquemment d'un méandrage des cours d'eau.

2.4.2.1 La Lanterne

La pente de la Lanterne de sa source à sa confluence est de 3,8 ‰ mais elle n'atteint plus que 1,4 ‰ sur la zone d'étude, abstraction faite de son extrémité amont la plus pentue (massif vosgien).

Sur ce linéaire, on distingue trois grandes entités :

- la Lanterne en amont d'Ormoiche (secteur d'alluvions quaternaires et au lit majeur très large) : la pente moyenne est de l'ordre de 1,9 ‰.
- La Lanterne dans la traversée du horst de Luxeuil (système de faille) marquée par une vallée étroite et encaissée et une nette rupture de pente, qui y avoisine en moyenne 2,7 ‰.
- La Lanterne en aval d'Ormoiche et du horst de Luxeuil : le lit majeur s'élargit et la rivière s'écoule à nouveau sur des alluvions quaternaires cernées de terrasses. La pente y est très faible : 1 ‰.

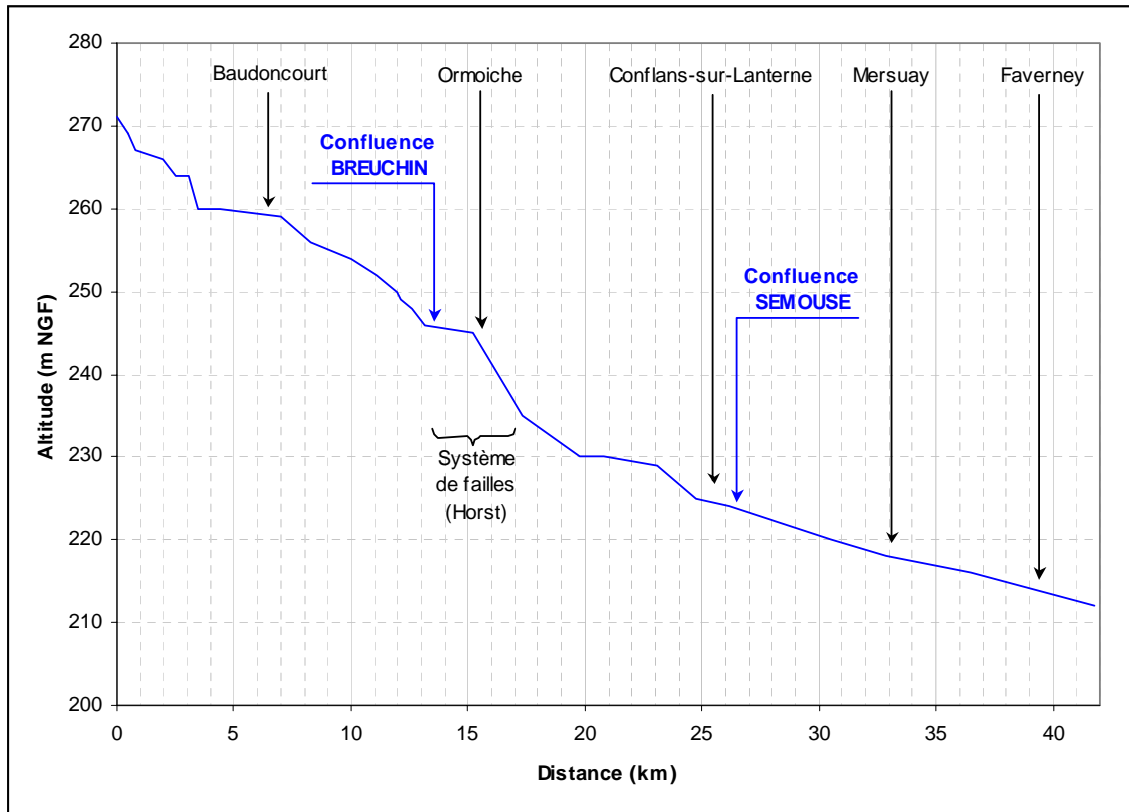


Figure 8 : Profil en long de la Lanterne

2.4.2.2 Le Breuchin

Le Breuchin présente des pentes relativement élevées en comparaison de la Lanterne. La dénivellée dépasse 100 mètres pour 27 kilomètres, ce qui représente une pente moyenne de l'ordre de 3,9 ‰. Sa pente moyenne sur l'ensemble de son linéaire de sa source à sa confluence avec la Lanterne est de 10,8 ‰.

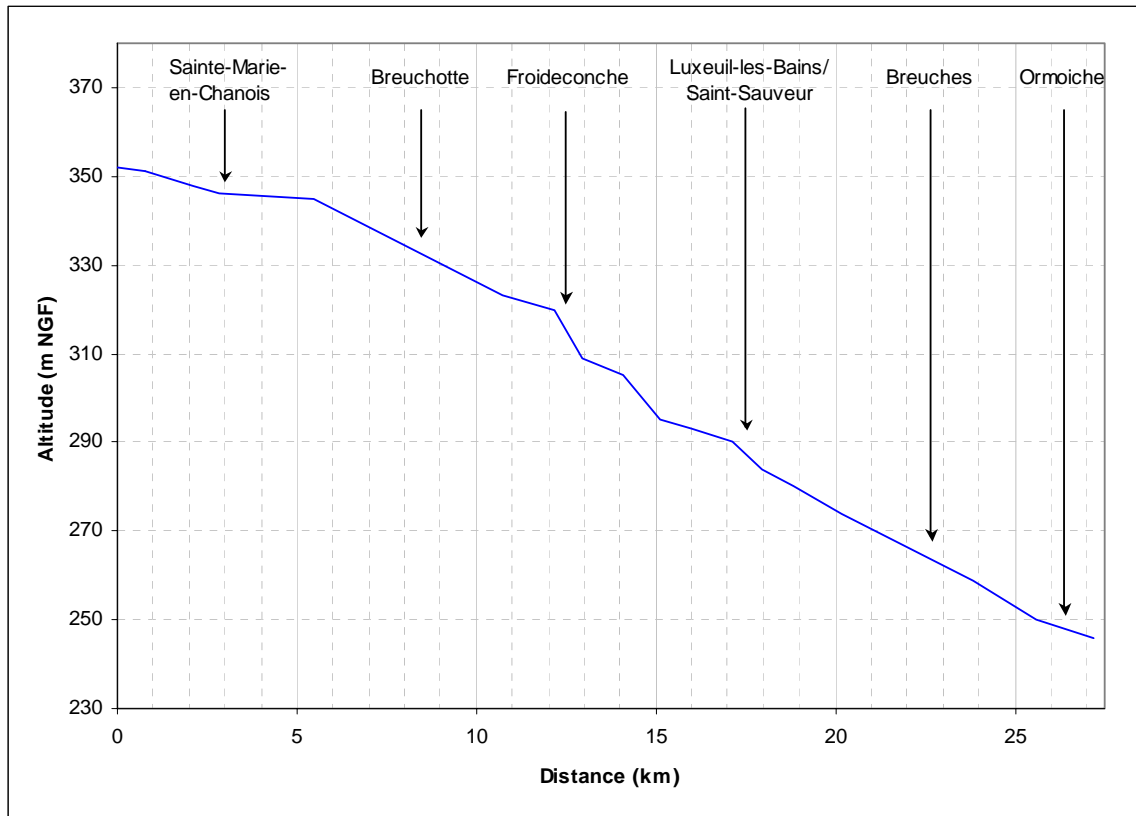


Figure 9 : Profil en long du Breuchin

Le ruisseau présente la particularité d’être moins pentu dans l’extrémité amont de la zone d’étude (2,63 ‰) que sur son extrémité aval.

On observe une rupture de pente significative au droit du passage du massif cristallin à la dépression marginale péri-vosgienne. Au droit de cette transition, la pente marque une rupture et devient importante (6,5 ‰). En aval, la pente s’amenuise progressivement au sein de la zone alluviale quaternaire, pour atteindre finalement une moyenne de 4,2 ‰.

2.4.2.3 La Semouse

La Semouse présente une pente moyenne de l’ordre de 8,5 ‰ de sa source à sa confluence avec la Lanterne. Sur notre secteur d’étude, qui exclut son extrémité amont, la pente moyenne n’est plus que de 2,2 ‰. La pente est relativement constante mise à part quelques ruptures de faible ampleur. Les principales ruptures de pente s’opèrent au droit de la confluence de la Combeauté et au niveau de la cluse de Conflans-sur-Lanterne.

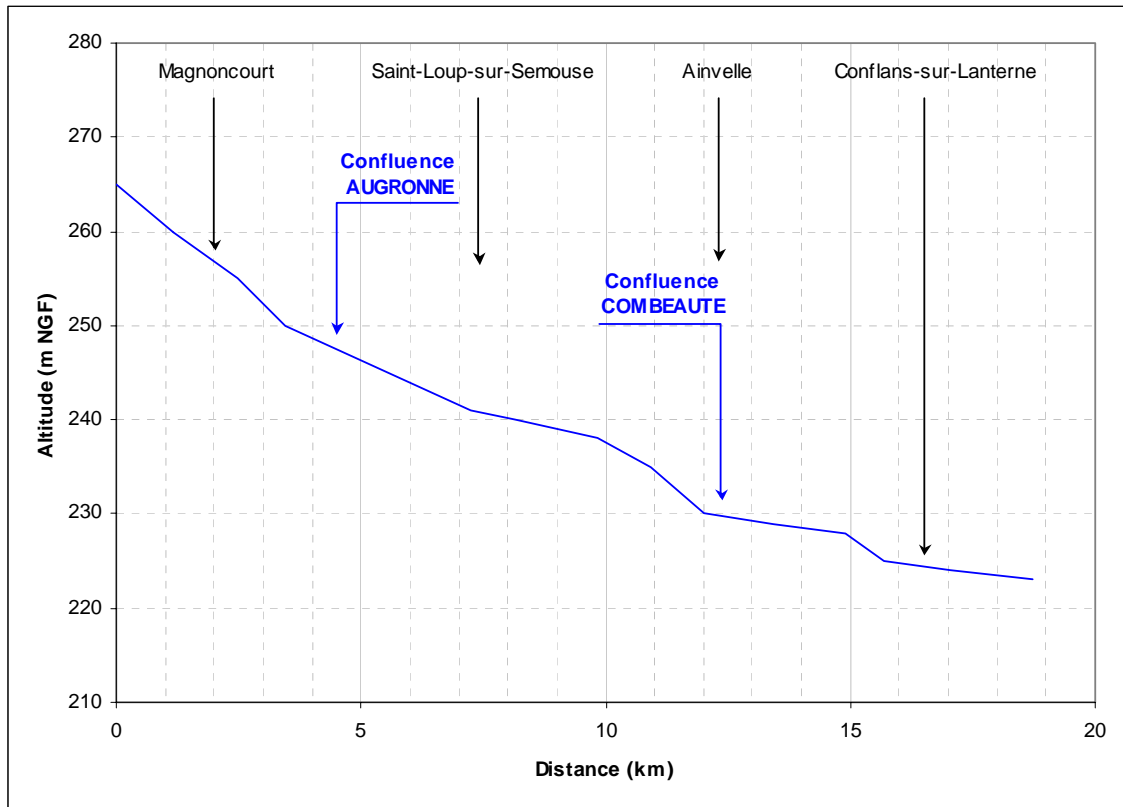


Figure 10 : Profil en long de la Semouse

2.4.2.4 L'Augronne

L'Augronne possède une pente relativement homogène de son tracé sur la zone d'étude. Elle avoisine en moyenne 6,6 ‰, tandis qu'elle atteint 12 ‰ sur l'ensemble de son cours avec l'extrémité sous-vosgienne amont, hors zone d'étude.

On observe quelques ruptures de pente au niveau de la confluence de la Combeauté et en amont immédiat de Conflans-sur-Lanterne.

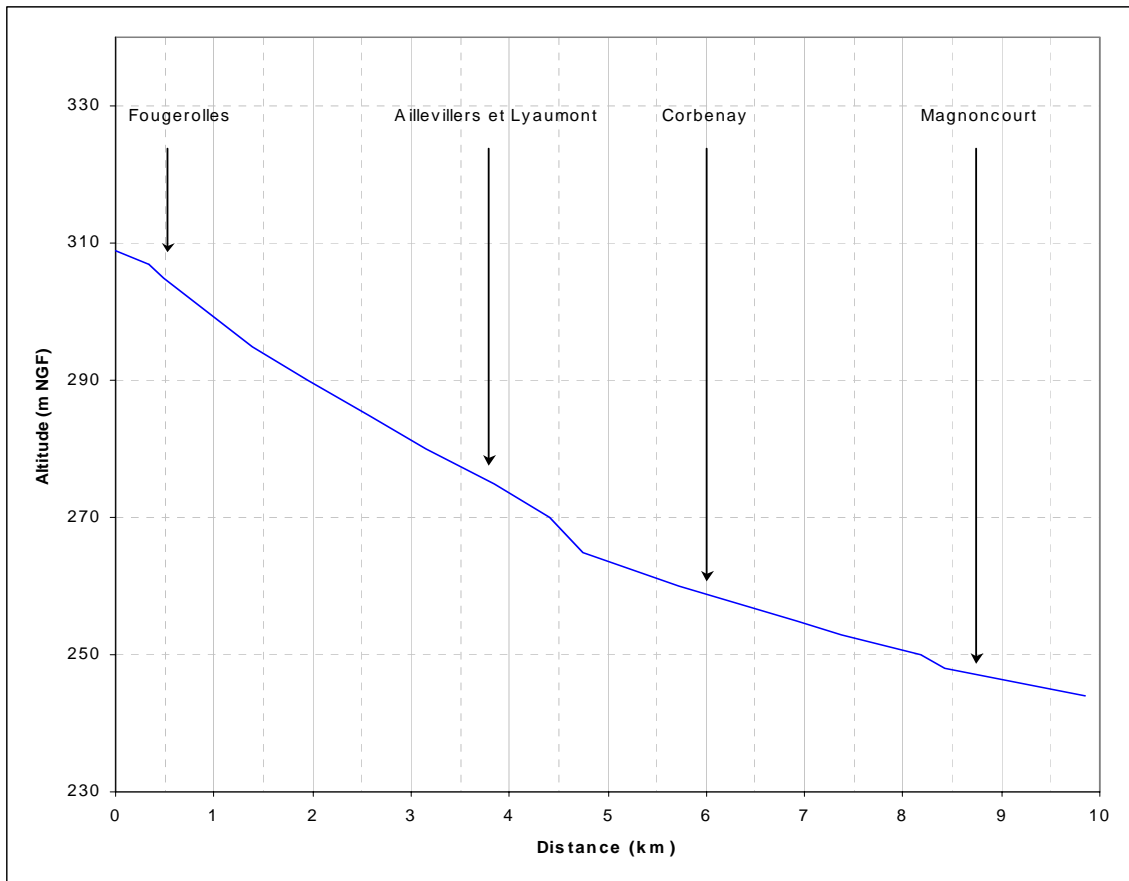


Figure 11 : Profil en long de l'Augronne

2.4.2.5 La Combeauté

La Combeauté présente une pente assez régulière, qui tend à s'atténuer légèrement vers l'aval du cours d'eau. La moyenne sur l'ensemble du cours d'eau, y compris dans la partie vosgienne située hors périmètre d'étude, est de l'ordre de 12,6 ‰. Sur la zone étudiée, elle n'est plus que de 3,8 ‰.

On observe toutefois une partie plus pentue à l'extrémité amont qui correspond à l'influence de la retombée méridionale des Vosges (6,3 ‰). Plus en aval, la rivière évolue au sein de la dépression marginale péri-vosgienne. La pente moyenne n'est plus que de 3,4 ‰.

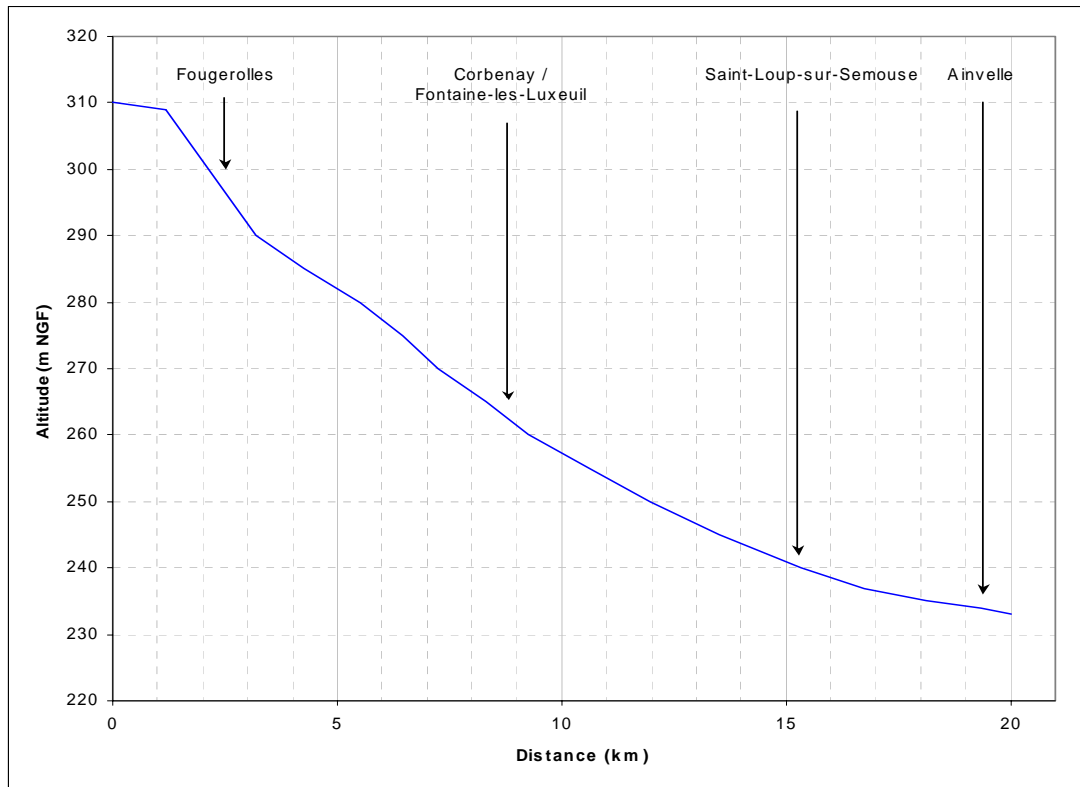


Figure 12 : Profil en long de la Combeauté

2.4.2.6 Bilan sur les pentes des lits mineurs

L'approche des lits mineurs permet de mieux comprendre certains phénomènes géomorphologiques observés (érosions de berges et principalement transport solide et dépôts sédimentaires). Il s'agit d'une variable essentielle du transport solide. Bien souvent, les dépôts sédimentaires s'opèrent à la faveur de diminutions de la pente du lit ; ce constat ressort à plusieurs reprises sur les différents cours d'eau (voir volet sectorisation).

Par ailleurs, on observe régulièrement une forte corrélation entre la pente du lit mineur et le style fluvial. Dans les têtes de bassin (Breuchin, Augronne, Combeauté amont en particulier), les tronçons amont sont généralement rectilignes et peu propices au méandrage du lit. Le style fluvial correspond davantage aux rivières torrentiels. L'apparition de méandres est généralement corrélée avec la diminution de la pente et l'adoption d'un régime de plaine, tel que cela est observé sur le Breuchin et la Lanterne aval.

2.4.3 Pente des lignes d'eau

Les pentes des lignes d'eau sont données par les profils anciens réalisés par le Service des Grandes Forces Hydrauliques. Trois profils existants ont pu être récupérés auprès de l'Institut Géographique National ; il s'agit des profils suivants :

- Rivière Semouse en aval de la commune d'Aillevillers ;
- Rivière Combeauté en aval de la commune de Fougerolles ;

- Rivière Augronne entre Saint-Loup-sur-Semouse et Corbenay.

Ces trois profils sont datés de 1951. Il n'existe pas de tels profils sur le Breuchin et la Lanterne.

Ces documents donnent un aperçu intéressant du tracé longitudinal des cours d'eau sur la base de la ligne d'eau levée en période d'étiage (juillet 1951). Ils renseignent en particulier sur les cotes des plans d'eau en amont et aval des ouvrages et permettent d'en appréhender l'impact en terme de hauteur de chute.

Pour être exploitables, ces documents devraient faire l'objet d'une comparaison avec des levés actuels ou récents de la ligne d'eau. Ainsi, ils permettraient d'illustrer les éventuels phénomènes d'incision du lit mineur. Or, de telles données ne sont pas disponibles.

Les trois figures suivantes représentent les profils historiques des lignes d'eau de 1951.

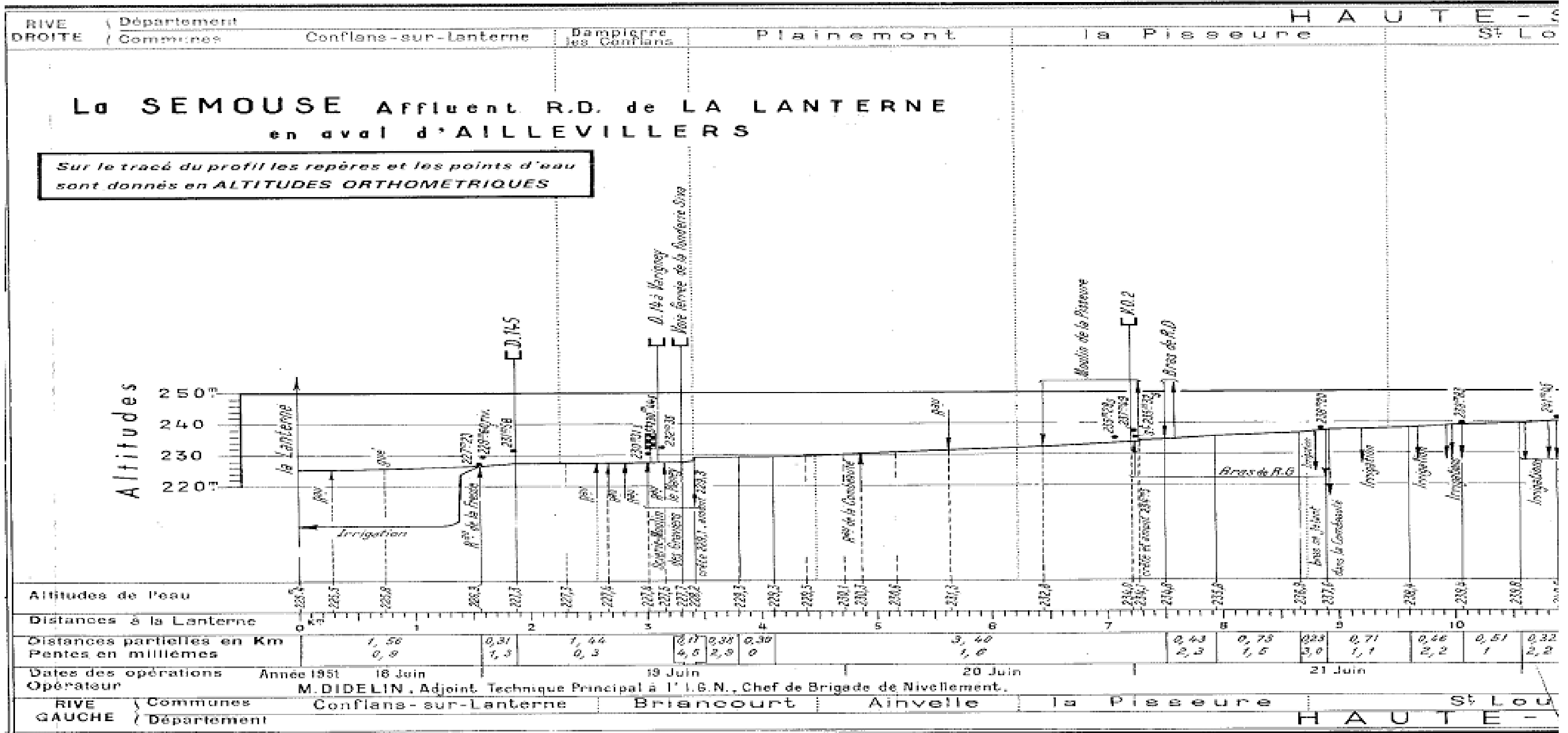


Figure 13 : Profil en long historique de la ligne d'eau de la Semouse (1951)

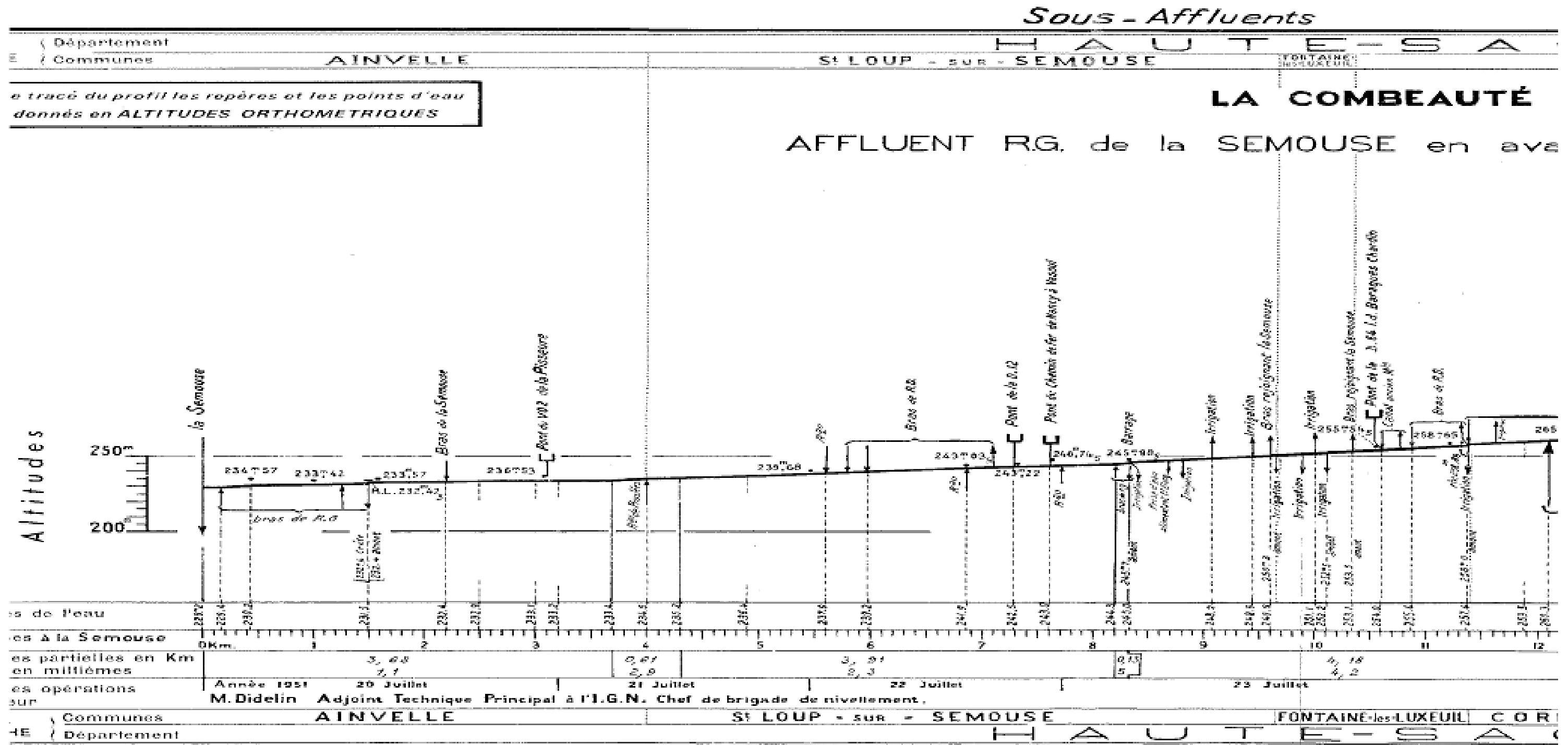


Figure 14 : Profil en long historique de la ligne d'eau de la Combeauté (1951)

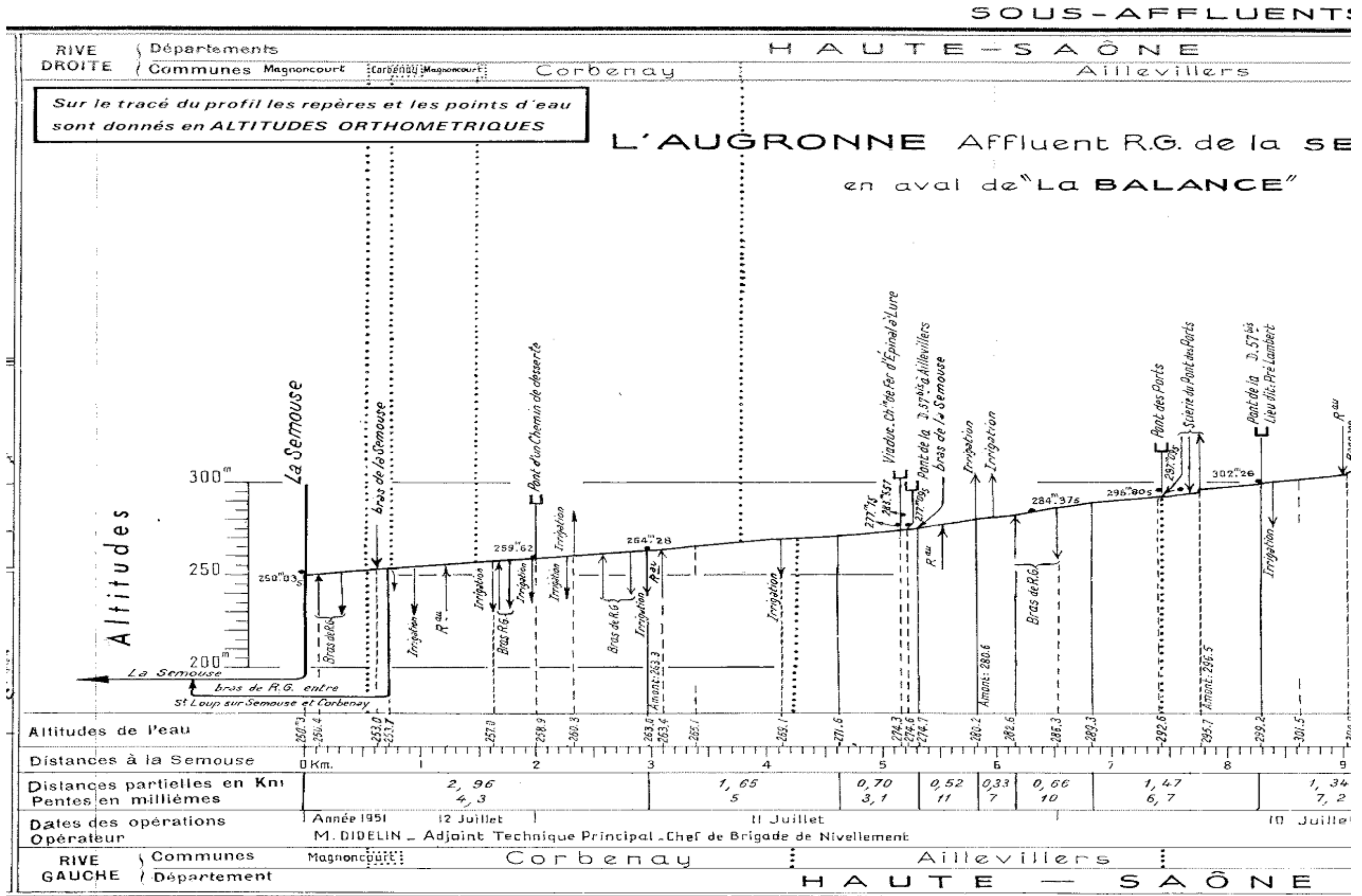


Figure 15 : Profil en long historique de la ligne d'eau de l'Augronne (1951)

2.4.4 Largeur du lit mineur

L'étude de l'évolution de la largeur du lit mineur apporte certains renseignements sur la morphologie des cours d'eau, bien que l'explication de cette largeur ne soit pas toujours facile à mettre en évidence. En effet, elle résulte de critères multiples, en particulier de :

- la dynamique naturelle : les translations latérales augmentent la largeur naturelle du lit mineur ;
- la présence d'ouvrages de retenue ;
- la réalisation de travaux anciens de recalibrage, redressement et canalisation du lit ;
- la présence d'anciens sites d'extraction autrefois autorisés en plein lit.

2.4.4.1 Evolution de la largeur du lit mineur par cours d'eau

Les cours d'eau présentent une largeur variable et dont l'évolution amont - aval est plus ou moins sensible :

- **La Lanterne** (Figure 16) : la rivière présente une très forte variabilité de largeur du lit mineur. Il est en moyenne 20,6 mètres sur la zone étudiée avec une forte variabilité. On observe toutefois une tendance générale : la largeur du lit mineur s'accroît globalement jusqu'à Mersuay pour légèrement diminuer sur la commune de Favorney. Ses extrêmes sont de 3 mètres pour la partie amont à plus de 80 mètres dans le secteur des anciennes extractions en lit mineur de Mersuay (en réalité, certains secteurs atteignent plus de 200 mètres de largeur !).

L'évolution est somme toute logique puisque les grands changements s'opèrent à l'aval des confluences (Breuchin, Semouse) où on note une évolution sensible de la largeur. Les sur-largeur ponctuelles correspondent souvent à des sites d'extraction. Les sous-largeurs peuvent correspondre à des secteurs où la rivière se scinde en plusieurs bras.

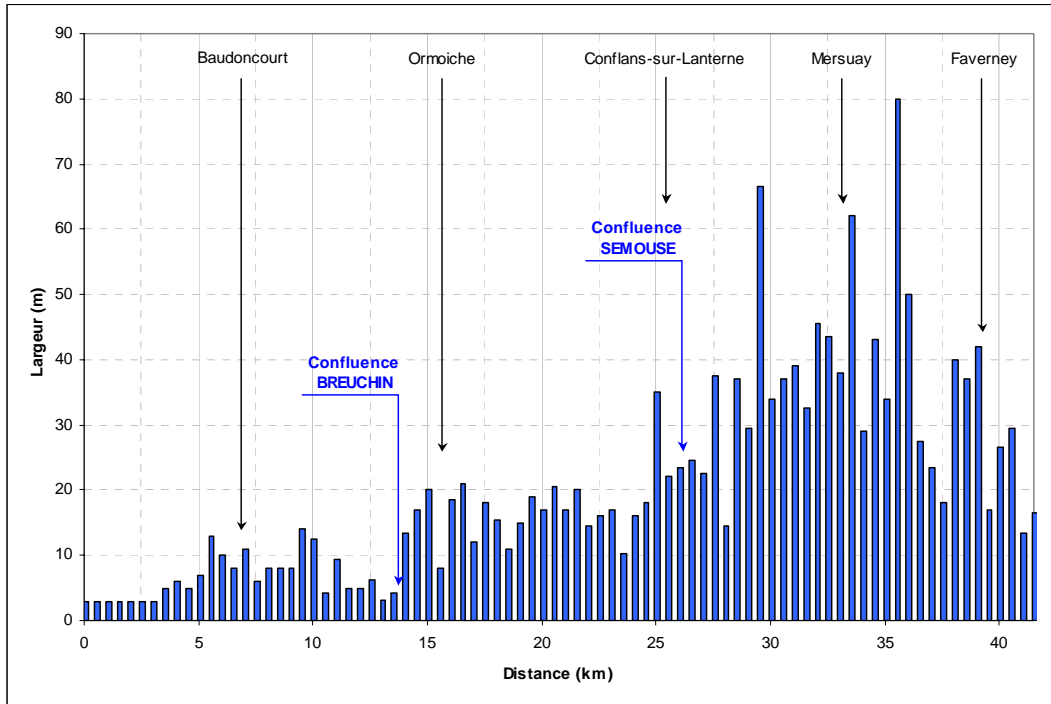


Figure 16 : Evolution de la largeur du lit mineur de la Lanterne

- **Le Breuchin** (Figure 17) : le lit mineur du ruisseau atteint en moyenne 12 mètres sur la zone étudiée. Il oscille entre 4,5 et 40 mètres mais sa largeur moyenne évolue très peu d'amont en aval, à la différence de la Lanterne. Les sur-largeurs les plus importantes correspondent à d'anciens sites d'extraction en lit mineur. Seule son extrémité aval est légèrement plus large sous l'influence de la confluence avec la Lanterne.

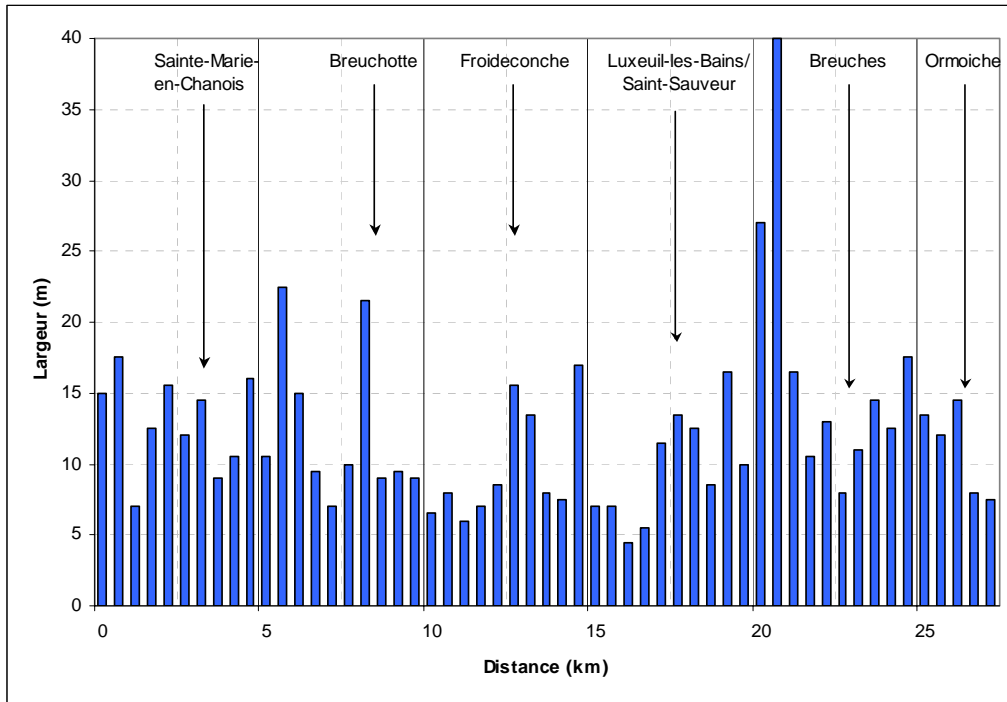


Figure 17 : Evolution de la largeur du lit mineur du Breuchin

- **La Semouse** (Figure 18) : de la même manière que la Lanterne, la largeur du lit mineur de la Semouse est très contrastée d'amont en aval. Sa moyenne se situe autour de 13 mètres, sensiblement proche de celle du Breuchin. Elle varie d'environ 3 mètres à 30 mètres. Ses variations sont principalement liées aux zones de confluences (Augronne puis Combeauté) mais aussi au scindement de la Semouse en deux bras en aval de Saint-Loup-sur-Semouse et sur la commune de Pisseure. Les principales sur-largeurs en aval de la Semouse sont en partie liées à la zone de confluence avec la Lanterne.

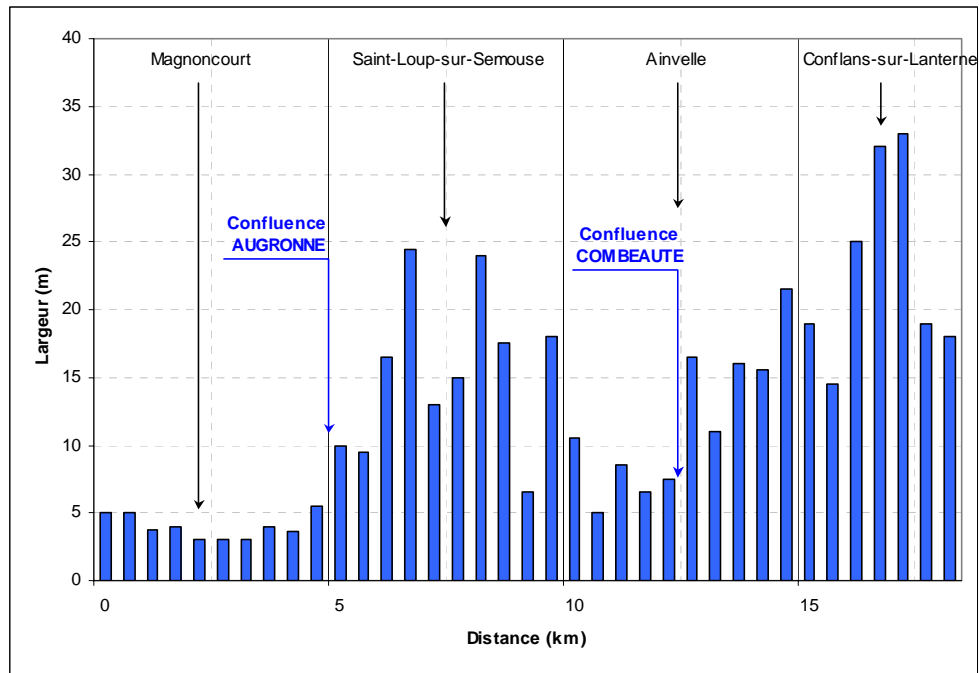


Figure 18 : Evolution de la largeur du lit mineur de la Semouse

Sur la Combeauté et l'Augronne, nous n'avons pas réalisé de graphiques car ces cours d'eau sont de petites dimensions et leur largeur varie peu d'amont en aval. Leur représentation sur carte IGN (trait bleu continu) ne permet pas d'estimer la variabilité du lit mineur.

2.4.4.2 Bilan sur la largeur des lits mineurs

L'analyse de l'évolution longitudinale de la largeur du lit mineur des cours d'eau ne permet pas d'établir de corrélation systématique avec le degré de dynamique sédimentaire observé. Toutefois, certains constats peuvent être tirés.

Concernant les largeurs les plus élevées :

- les secteurs de plus forte largeur correspondent fréquemment aux extrémités aval des cours d'eau, qui adoptent dans ces zones un fonctionnement dynamique caractéristique des cours d'eau de plaine : méandrage fréquent, faible transport solide.
- les zones larges peuvent également résulter d'extractions anciennes en lit mineur : ces secteurs correspondent à des pièges à sédiments qui bloquent le transport solide et donc la dynamique naturelle.
- enfin, les surlargeurs résultent également en partie des moulins au fil de l'eau qui bloquent la dynamique naturelle.

Concernant les plus petites largeurs, on peut dire que la dynamique n'y est pas forcément importante car ces zones correspondent souvent à des bras à faibles débits ne permettant pas la mise en mouvement de grosses quantités de matériaux.

Les secteurs les plus dynamiques observés sur la zone étudiée sont généralement des secteurs intermédiaires se trouvent dans la moyenne des largeurs de lits mineurs et pour lesquels les débits deviennent suffisants. Il faut toutefois garder à l'esprit que de tels secteurs peuvent être complètement dépourvus de dynamique sédimentaire pour cause d'aménagements de stabilisation (fréquents sur l'Augronne par exemple).

2.5 Annexes hydrauliques et milieux remarquables

2.5.1 Les annexes hydrauliques

Les annexes hydrauliques sont les milieux formés par d'anciens bras des cours d'eau. Il peut s'agir de bras morts ou partiellement déconnectés ou d'anciens fossés jadis en relation avec les cours d'eau.

Ces milieux offrent généralement un intérêt écologique important, car ils sont des zones de refuge pour la faune. En outre, ils possèdent généralement une bonne diversité floristique et faunistique et sont le lieu de nidification, de refuge ou de reproduction de nombreuses espèces animales. Les bras morts forment ainsi souvent de très bonnes frayères pour la reproduction du brochet.

Pour demeurer fonctionnels et conserver cet attrait biologique, ces milieux se doivent d'être en relation, au moins temporairement avec le cours d'eau dont ils dépendent. Ceci implique leur prise en compte :

- Dans la gestion des zones d'érosions et des zones de dépôts qui peuvent intervenir dans la connexion ou la déconnexion des zones milieux ;
- Dans la détermination de l'espace de liberté des cours d'eau, ces milieux pouvant redevenir, au gré de la dynamique alluviale des chenaux préférentiels d'écoulements.

Sur la zone d'étude, la principale des annexes hydrauliques prises en compte sont formées par d'anciens bras ou méandres déconnectés du cours principal par des travaux hydrauliques anciens ou par évolution naturelle du tracé des cours d'eau.



Figure 19 : Annexes hydrauliques sur la Semouse à Saint-Loup



Figure 20 : Annexe hydraulique sur le Breuchin à Breuches

2.5.2 Les milieux naturels remarquables

Sont ici considérés comme milieux naturels remarquables les sites naturels faisant l'objet d'une protection réglementaire, d'inventaires ou d'un classement au titre de leur qualité faunistique et/ou floristique.

Parmi eux, nous retiendrons :

- les ZNIEFF : zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique : elles correspondent à des milieux où ont été observés des espèces remarquables, rares ou menacées. Elles résultent d'un inventaire réalisé par les DIREN. Elles sont de deux types. Le type I correspond à des milieux de petites dimensions, déterminées à l'échelle locale et présentent un intérêt biologique particulier. Le type II comprend des espaces plus vastes, définis à l'échelle régionale et correspondent à des grands ensembles naturels riches et aux potentialités biologiques intéressantes.
- Sur le secteur d'étude, plusieurs ZNIEFF sont à signaler :
 - ZNIEFF de type II :
 - n° 0185-0000 : ensemble d'étangs s'étendant sur 22 communes, en amont de la zone d'étude. Cette zone regroupe une flore particulière au niveau des étangs et forment des zones d'escale pour la faune avicole migratrice.
 - Vallées de la Lanterne et du Breuchin : cet ensemble de 51 km² regroupe 26 communes. Il abrite trois habitats naturels remarquables : forêts alluviales résiduelles, prairies inondables à *Bromion racemosi*, formation végétale remarquable à renoncule aquatique. Il héberge par ailleurs une faune riche et diversifiée d'un point de vue avicole.
 - ZNIEFF de type I (comprises dans la ZNIEFF de type II ci-dessus) : tous les milieux se situent en dehors de notre périmètre d'étude. Les plus proches se situent sur les communes de Favorney et Fleurey-les-Favorney. Il s'agit :

- n° 0370-0000 : d'un vaste site minier formant un site d'accueil pour des peuplements remarquables de chiroptères ;
 - n° 0168-0001 : d'une plaine alluviale formée de prés de fauche offrant un site de reproduction pour de nombreux oiseaux (râle des genêts, courlis cendré, etc.).
- Les arrêtés de protection de biotope : les mines de Fleurey-les-Faverney (aval zone d'étude) sont classées depuis 1989 pour protéger ses biotopes et biocénoses.
 - le Parc naturel régional des ballons des Vosges : ce site coupe notre secteur en amont des cours d'eau (retombée des Vosges). La parc a été créé en 1989 et regroupe 203 communes.
 - Les réserves naturelles volontaires : ce sont des propriétés privées où on note la présence d'espèces végétales ou animales remarquables. Deux sites nous concernent ou sont à proximité de notre secteur :
 - A Mersuay/Breurey-les-Faverney : basse Lanterne ;
 - A Faverney : secteur de la « Noue Rouge ».

Ces milieux seront intégrés à la détermination des espaces de mobilité des cours d'eau et aux contraintes liées à la gestion de la dynamique alluviale des rivières.

3

Historique des aménagements sur les cours d'eau

Les principales interventions humaines sur les cours d'eau sont :

- Les opérations d'aménagements et de travaux sur les cours d'eau eux-même ;
- L'implantation d'ouvrages (franchissement, hydro-électriques, de stabilisation...);
- L'extractions de matériaux alluvionnaires.

3.1 L'aménagement lourd des cours d'eau

L'historique des principaux aménagements est un préalable à l'approche de l'évolution géomorphologique des tracés. En effet, le tracé d'un cours d'eau a pu être affecté par divers travaux hydrauliques anciens, qui expliquent pour partie son tracé actuel, son évolution passée ou future. Parmi les travaux recherchés, nous retiendrons :

- les aménagements lourds de berges, qui constituent des points durs et empêchent la translation latérale du cours d'eau (type enrochement, gabion, etc.) ;
- les opérations sur lit mineur : curages, extractions de matériaux, qui peuvent expliquer des érosions de berges ou des incisions du fond du lit ;
- les opérations de recalibrage, d'endiguement de cours d'eau, qui ont consisté en une modification du tracé naturel (rescindement de méandre, approfondissement du lit).

3.1.1 Travaux récents sur cours d'eau

La rencontre des syndicats hydrauliques a été l'occasion de cerner les travaux réalisés récemment sur les cours d'eau (inférieurs à 10 ans). Aucun programme de travaux lourds ne nous a été rapporté lors de ces dernières années.

Les principaux travaux de grande ampleur sont donc plus anciens.

3.1.2 Travaux anciens sur cours d'eau

Ces travaux correspondent aux aménagements réalisés depuis la création des syndicats jusqu'en 1995.

L'inventaire reprend les éléments collectés dans l'étude Sciences Environnement / IPSEAU : *Etude diagnostic et définition des orientations en vue de la mise en place d'un schéma cohérent d'aménagement et de gestion des milieux sur le bassin versant de la Semouse et de la Lanterne*, nov. 2000.

Cet inventaire est lui-même fondés sur les données de la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de Haute-Saône, qui assure la police de l'eau sur le département pour le réseau non domanial.

3.1.2.1 La Lanterne

Les travaux anciens réalisés sur la Lanterne l'ont été majoritairement à partir de 1985 dans le cadre du programme d'aménagement réalisé par la DDAF 70. Ils ont été réalisés par le Syndicat de la Lanterne.

L'objectif majeur des interventions était de recréer un chenal d'écoulement fonctionnel, suite à la déstabilisation de la rivière par des extractions massives de granulats.

Le Tableau 9 dresse le bilan des principaux travaux réalisés dans les années passés (source : étude Sciences Environnement / IPSEAU, 2000).

Tableau 9 : Historique des principaux travaux réalisés sur la Lanterne

ANNEE	SECTEUR CONCERNE	NATURE DES TRAVAUX
1985	Confluence du Breuchin ➤ Pont C.D. 6 (Ste-Marie-en-Chaux)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protection de berges. ▪ Mise en place de seuils de stabilisation du fond. ▪ Réalisation de deux coupures sèches de méandre. ▪ Recalibrages ponctuels. ▪ Curages localisés de dépôts alluvionnaires. ▪ Enlèvement d'embâcles. ▪ Débroussaillage important. ▪ Assainissement du lit majeur (curage de ruisseaux). Création de frayères. ▪ Mise en place de seuils piscicoles.
	Pont C.D. 28 (Mersuay) ➤ Pont C.D. 54 (Bourguignon-lès-Conflans)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Arrachage des souches. ▪ Enlèvement des embâcles. ▪ Curage des atterrissements. ▪ Rectifications ponctuelles. ▪ Recalibrage d'un bras et comblement de l'ancien lit ▪ Protections de berges
1986	Pont C.D. 6 (Ste-Marie-en-Chaux) ➤ Pont C.D. 32 (Chapelle-lès-Luxeuil)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Création d'un bras de décharge (aval Baudoncourt). ▪ Débroussaillage. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Arrachage de souches. ▪ Recalibrages et rectifications ponctuelles. ▪ Ecrêtement du barrage de Baudoncourt. ▪ Restauration du vannage du même barrage. ▪ Redressement d'un méandre.
	Ormoiche Ste-Marie-en-Chaux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Travaux complémentaires à la tranche 1985 (protections de berges)

ANNEE	SECTEUR CONCERNE	NATURE DES TRAVAUX
1986	Pont C.D. 54 (Bourguignon-lès-Conflans) ➤ Pont de Bassigny	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Arrachage de souches. ▪ Enlèvement d'embâcles. ▪ Terrassement des dépôts alluvionnaires. ▪ Protections de berges. ▪ Restauration du barrage de Bassigny. ▪ Mise en place d'un seuil de ▪ Mise en place d'un seuil piscicole.
	Confluence de la Semouse ➤ Pont VC 4 Briaucourt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place de 4 seuils dont 2 à vocation piscicole. ▪ Restauration du barrage de Conflans-sur-Lanterne. ▪ Débroussaillage. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Arrachage de souches. ▪ Enlèvement d'embâcles. ▪ Terrassement de dépôts alluvionnaires dans le lit. ▪ Protections de berges. ▪ Remblaiement d'un bief et comblement d'une coupure instable.
1987	Pont C.D. 32 (Chapelle-lès-Luxeuil) ➤ Pont C.D. 71 (Citers)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Création d'un bras de décharge (amont de Chapelle-lès-Luxeuil). ▪ Mise en place de seuils. ▪ Protection de berges. ▪ Réouvertures de noues. ▪ Redressements ponctuels. ▪ 4 coupures sèches de méandres.

ANNEE	SECTEUR CONCERNE	NATURE DES TRAVAUX
1987	Pont VC 4 (Briaucourt) ➤ Pont de Vevey (Francalmont)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stabilisation du lit mineur par la mise en place de seuils (4). ▪ Protections de berges. ▪ Enlèvement d'atterrissements. ▪ Mise en place d'épis de cloisonnement du lit majeur.
	Pont C.D. 71 (Citers) ➤ Pont C.D. 18 (Linexert)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Curage des atterrissements. ▪ Protection de berge. ▪ Mise en place de seuils (8). ▪ Réaménagement du déversoir de partage de Franchevelle ▪ Réaménagement du vannage du moulin de Linexert.
1988	Pont de Briaucourt ➤ Pont de Vevey (Francalmont)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Travaux complémentaires à la tranche 1987, mise en place de 3 seuils de stabilisation du fond.
	Pont de Vevey (Francalmont) ➤ Confluence de Breuchin	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remise en eau du barrage Gouvert (Francalmont) complètement contourné. ▪ Mise en place de seuils. ▪ Mise en place d'épis. ▪ Enrochements. ▪ Débroussaillage sélectif. ▪ Enlèvements d'embâcles. ▪ Abattage d'arbres. ▪ Arrachage de souches.
1989	Conflans-sur-Lanterne	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restauration du barrage EDF de Conflans-sur-Lanterne avec mise en place d'un clapet automatique et aménagement d'une passe à canoë, (barrage déjà renforcé en 1987)
	Bassigney	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Travaux complémentaires à la tranche 1987 (réaménagement d'un seuil contourné)

ANNEE	SECTEUR CONCERNE	NATURE DES TRAVAUX
1990	Bassigney	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restauration et aménagement du barrage (mise
	Pont de Bassigney ➤ Confluence de la Semouse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protections de berges suite au redressement partiel de la rivière (remembrement)
	Sur toute l'emprise du Syndicat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Travaux complémentaires et supplémentaires (suite à la crue du 15 février 1990) ▪ Renforcement de seuils par mise en place de protections de berges latérales ▪ Nouvelles protections de berges ▪ Reconstructions du pont de Ehuns ▪ Renforcement des protections de berges et des aménagements antérieurs, notamment ceux de 1987, 1988 et 1989
	Conflans-sur-Lanterne	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aménagement d'un parcours canoë-kayak sur le canal EDF
1991	Ponctuellement sur l'emprise du syndicat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protections de berges (travaux urgents)
1992	Ponctuellement sur l'emprise du syndicat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Divers travaux :
1993		<ul style="list-style-type: none"> ➤ de protections de berges,
1994		<ul style="list-style-type: none"> ➤ d'enlèvement d'atterrissements, ➤ de mise en place de seuils.

La Figure 21 illustre une partie des travaux de coupure sèche de méandre sur la Lanterne.



Figure 21 : Coupures sèches de méandres sur la Lanterne à Baudoncourt

3.1.2.2 Le Breuchin

D'importants travaux ont été réalisés à partir de 1972. Ils ont consisté prioritairement en la stabilisation du tracé et en l'amélioration des écoulements. Ils se sont en particulier matérialisés par des travaux lourds de recalibrage et de stabilisation du fond du lit (mise en place de seuils.)

Le tableau ci-dessous dresse le bilan des principaux travaux réalisés sur le Breuchin ces dernières années.

Tableau 10 : Historique des principaux travaux réalisés sur le Breuchin

Amenagements realises	Date	Localisation	Precisions – objectifs
Recalibrage et rectification du cours d'eau	1972	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cours inférieur du Breuchin (en aval de Froideconche) 	
Restauration du cours d'eau comprenant : Coupe sélective de la végétation rivulaire Enlèvement des embâcles Mise en place de protections de berges Mise en place de seuils en grumes et en enrochements	1993-95	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tout le domaine syndical 	En particulier quatre seuils ont été implantés à l'amont des sablières Ferrat Cholley entre Breuches et Saint-Sauveur pour stabiliser le secteur où le cours d'eau divaguait Création d'un seuil en enrochements Création d'un seuil et de deux épis
	1994	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Breuchotte, en aval du bourg 	
	1994	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ormoiche 	
Création d'une décharge du Breuchin	1995	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sablières Ferrat Cholley entre Breuches et Saint-Sauveur 	Il existait un risque de rupture des digues de gravières car le Breuchin est à plein bord pour le débit de la crue trentennale Contenu de l'aménagement : <ul style="list-style-type: none"> ➤ implantation d'un déversoir de décharge vers le premier plan d'eau, fonctionnel dès la crue de fréquence septennale, ➤ création d'un ouvrage entre les deux plans d'eau, ➤ création d'un ouvrage en sortie du second plan d'eau

3.1.2.3 La Semouse

Les travaux ont été réalisés par le Syndicat de la Semouse, aujourd'hui remplacé par la Communauté de Communes du Val de Semouse. Ils ont consisté, à partir de 1986, en divers travaux aux objectifs multiples :

- amélioration de l'écoulement des eaux ;
- partage du débit entre plusieurs bras ;
- protection des berges menacées ;
- stabilisation du tracé.

Ces travaux sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 11 : Historique des principaux travaux réalisés sur la Semouse

Date	Tronçon	Travaux	Objectifs-Précisions
Tranche 1986	Amont commune de Dampierre jusqu'au confluent de la Combeauté	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage et abattage d'arbres ▪ Enlèvement de dépôts : au total 5735 m3 jusqu'à l'Ouest de la Ferme de Prévèlle ▪ Enlèvement d'embâcles 	<p>Dégagement du lit pour faciliter l'écoulement et le ressuyage des terres riveraines (bois et prés)</p> <p>Recréation d'un bras au droit de la ferme de Prévèlle : 3 900 m3 de terrassement sur 220 m</p>
Tranche 1986	Partiteur de la Pisseure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stabilisation par terrassement, mise en place d'enrochements, mise en place d'un seuil en enrochements 	Maintien du partage des débits entre les 2 bras
Tranche 1987	Confluent Combeauté au partiteur du Bras de la Pisseure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage et abattage d'arbres ▪ Enlèvement d'embâcles ▪ Enlèvement de dépôts-terrassement : environ 600 m3 ▪ Protection en enrochements du chemin de la Grande Noue ▪ Nivellement d'une coupure sèche ▪ Création d'une diguette le long du chemin en aval de la diffluence du bras de la Pisseure 	<p>Dégagement du lit pour faciliter l'écoulement et le ressuyage des terres riveraines (bois et prés)</p> <p>Protection d'un chemin</p>
Tranche 1987	Parcours sur Magnoncourt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débroussaillage et abattage d'arbres ▪ Enlèvement d'embâcles ▪ Enlèvement de dépôts : 485 m3 ▪ Création d'un seuil en enrochements sur la Semouse et de 2 sur une dérivation (lieu-dit aux Planches) ▪ Aménagement de stabilisation en enrochement 	<p>Stabilisation du tracé</p> <p>Amélioration de l'écoulement en secteur péri-urbain</p>
Tranche 1989	Bras de la Pisseure, du confluent avec la Semouse au CD10 (Bourg de la Pisseure)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abattage d'arbres assez nombreux ▪ Débroussaillage ▪ Enlèvement de dépôts : environ 400 m3 ▪ Implantation de seuils en grumes : 6 régulièrement répartis sur le tracé ▪ Protection de berges en enrochements au bas du village de la Pisseure 	<p>Stabilisation du tracé</p> <p>Amélioration de l'écoulement afin de protéger le bourg de la Pisseure</p>
Tranche 1989	De l'amont de l'agglomération d'Aillevillers aux Forges de la Branleure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement de la végétation et des embâcles ▪ Mise en place de protections de berges : environ 270 m3 ▪ Renforcement seuil de décharge de l'ancien moulin Varenne 	<p>Stabilisation du tracé</p> <p>Amélioration de l'écoulement</p> <p>Soutien des étiages</p> <p>La quasi-totalité du débit passe sur le déversoir de décharge de l'ancien moulin Varennes</p>
1985-1986		Reconstruction du barrage de Saint-Loup	Mieux répartir les écoulements pour protéger une partie de la ville pour la crue décennale
1993	En aval du bourg de Saint-Loup	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confortement d'un déversoir ▪ Création de seuils en enrochements ▪ Mise en place de protections de berge en enrochements 	Stabilisation de la rivière
1995	Barrage de Varigney	Comblement du bief d'amenée Réaménagement de l'ouvrage de décharge en créant un seuil en enrochements percolés de béton et en implantant un clapet automatique	Optimisation de l'écoulement

3.1.2.4 L'Augronne

Les principaux travaux réalisés sur l'Augronne ont eu pour mission de stabiliser le profil en long et en travers de la rivière. Peu d'enlèvement de matériaux ont été réalisés.

Le tableau ci-dessous dresse l'inventaire des aménagements et travaux réalisés.

Tableau 12 : Historique des principaux travaux réalisés sur l'Augronne

Date	Tronçon	Travaux	Objectifs-Précisions
Tranche 1987	Du confluent avec la Semouse (Saint-Loup) au lieu-dit En Conchibeu (Corbenay-Magnoncourt) Du lieu-dit la Mangeotte au lit dit Près Hariez	Essentiellement des travaux de débroussaillage et quelques abattages d'arbres Débroussaillage Abattage d'arbres importants Création de 5 seuils de stabilisation et mise en place de protections de berges en enrochements sur la partie amont (200 m3) Terrassement d'un canal de décharge vers la Semouse au lieu-dit Près Hariez Quelques enlèvements de dépôts	Stabilisation de la rivière Modification de la répartition des écoulements
Tranche 1988	Du Près Hariez à la limite amont de Corbenay	Traitement de la végétation Stabilisation du tracé par 10 seuils en enrochements, quelques seuils en grumes (sur des bras secondaires) et des protections de berges en enrochements Rectification de méandres Enlèvements de dépôts (540 m3)	Stabilisation du tracé Lutte contre l'érosion
Tranche 1989 et 1990	Secteur du village d'Aillevillers et Lyaumont, jusqu'au « Pont les Ports »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement de la végétation limité ▪ Implantation de 10 seuils en enrochements et renforcement d'un seuil de décharge permettant l'alimentation d'une diffluence ▪ Protection de berges en enrochements surtout sur la partie amont 	Stabilisation de la rivière Soutien des étiages En amont du pont de la rue du Général de Gaulle, l'Augronne bénéficie d'apports de la Semouse
1990		Diverses mises en place d'enrochements pour protéger des ouvrages et des berges à la suite de la crue du 15/02/1990	

3.1.2.5 La Combeauté

Sur la Combeauté, de très gros travaux hydrauliques ont été entrepris en amont de la zone d'étude par la commune du Val d'Ajol, qui ont consisté en une stabilisation des berges en enrochement et en un recalibrage du lit mineur.

De nombreux autres travaux ont consisté à stabiliser le lit mineur par la mise en place de seuils.

Le tableau ci-dessous dresse l'inventaire des aménagements et travaux réalisés.

Tableau 13 : Historique des principaux travaux réalisés sur la Combeauté

Date	Tronçon	Travaux	Objectifs-Précisions
Tranche 1986	Au bas de Saint-Loup sur 1,3 km en aval du CD 10	Mise en place de plusieurs seuils en enrochements et de protections de berges	Stabilisation de la rivière
	Du Pont des Baraques Chardin à la route de Luxeuil	Traitement de la végétation Enlèvement de dépôts : environ 2 700 m ³ Mise en place de protections de berges en enrochements	Stabilisation de la rivière Amélioration de la capacité d'écoulement
	De la Route de Luxeuil à l'ouvrage partiteur du moulin Zolin	Aménagement de quelques seuils en enrochements dont un en amont du pont des Baraques Chardin Aménagement du barrage et de l'ouvrage de décharge du moulin Zolin (ouvrage en enrochements) Enlèvement de dépôts et curage de tronçons : environ 2500 m ³	
	Du partiteur Zolin à la voie ferrée Aillevillers-Lure (bras Sud)	Traitement de la végétation	
Tranche 1987	Bras Nord, de la SMC à la voie ferrée Aillevillers-Lure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement de la végétation ▪ Enlèvement de dépôts : environ 400 m³ ▪ Mise en place de quelques protections de berges en enrochements ▪ Réfection en enrochements du seuil de décharge de la SMC ▪ Enlèvement de dépôts : environ 700 m³ sur les 2 bras principaux 	Amélioration de la capacité d'écoulement Stabilisation des bras de la rivière
	De la voie ferrée Aillevillers-Lure à l'aval de la commune de Fougerolles	Création de 3 seuils en enrochements	Stabilisation des différents bras Amélioration de la capacité globale

Date	Tronçon	Travaux	Objectifs-Précisions
Tranche 1988	De l'aval de la commune de Fougerolles au centre de Fougerolles	Traitement de la végétation <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place de protections de berge, d'épis de seuils de stabilisation et de gués en enrochements Peu d'enlèvements de dépôts	Stabilisation de la rivière Amélioration de la capacité d'écoulements
1988	Partiteur entre le canal des moulins et la Combeauté sur St-Loup (secteur du Breuil)	Construction d'un seuil en béton à l'aval du déversoir de partage	
Tranche 1989	Du partiteur du Grand Breuil au Moulin Zolin	Petit traitement de la végétation Stabilisation du tracé par des protections de berges en enrochements et création de 3 seuils en enrochements Quelques dépôts enlevés	Stabilisation de la rivière
Tranche 1989	Du centre de Fougerolles à l'amont de Fougerolles-le-Château Saint-Loup en aval du partage du Breuil	Traitement de la végétation Protection de berges et seuils en enrochements Peu d'enlèvement de dépôts Création de 2 seuils en enrochements et mise en place de protections de berges en aval du seuil en béton existant	Stabilisation de la rivière
Tranche 1990	Du seuil de décharge de la filature Antoine à la commune du Val d'Ajol	Traitement de la végétation Mise en place de nombreuses petites protections de berges Création de 4 seuils en enrochements et renforcement de 2 Mise en place de protections de berges et de 3 seuils en enrochements en aval du secteur traité en 1989	Stabilisation du tracé Amélioration de l'écoulement

3.1.3 Bilan des travaux réalisés

Les travaux ont été nombreux de la fin des années 70 au milieu des années 90. Ils ont la plupart du temps visé une amélioration des écoulements dans le but de réduire les inondations des secteurs vulnérables et une stabilisation des cours d'eau afin d'éviter le développement de phénomènes d'érosion du lit et des berges.

Les travaux les plus importants sont :

- le recalibrage du lit mineur et le redressement de méandres ;
- l'aménagement d'ouvrages en travers du lit mineur (seuils de stabilisation du fond en blocs d'enrochement) ;
- l'aménagement de protections de berges minérales, de type enrochements ;
- le curage de matériaux au sein du lit mineur.

Ces travaux, hormis les opérations d'entretien régulier du lit mineur (curage vieux fonds - vieux bords) et de la végétation rivulaire, sont des opérations lourdes aux incidences importantes sur le fonctionnement géomorphologique des cours d'eau.

Parmi les incidences majeures résultant de ces aménagements, nous retiendrons principalement :

- **la réduction de la dynamique naturelle**, par une stabilisation du lit et des berges. Ces points durs figent localement le tracé de la rivière qui ne peut plus éroder ses berges ou son lit. Le principal inconvénient de ce type d'aménagement est le risque d'un report des prélèvements de matériaux en amont ou aval des travaux, compte tenu de la recherche permanente d'un équilibre sédimentaire par les cours d'eau. Par ailleurs, l'aménagement de seuils en enrochement peut localement bloquer le transport solide ou en tout cas le réduire considérablement ;
- **l'accélération des écoulements vers l'aval**, par le recalibrage et le rescindement de méandres. D'un point de vue hydraulique, ces travaux permettent localement d'abaisser la ligne d'eau en crue mais au détriment des secteurs aval dans lesquels les arrivées d'eau sont plus brutales ;
- **le risque de développement d'érosions régressives du lit et/ou des berges** à proximité des sites ayant fait l'objet d'extractions en lit mineur. Il est à noter ici deux cas de figure :
 - l'entretien courant du chenal d'écoulement, par remobilisation des matériaux (scarification), qui permet de ne pas entraîner de surcreusement du lit et donc de réduire les risques d'érosions régressives. Ces opérations sont nécessaires dans les secteurs urbanisés ou des difficultés d'écoulement résultent de l'accumulation de matériaux ;
 - les curages hors vieux fonds - vieux bords et les extractions anciennes de matériaux alluvionnaires en lit mineur (gravières) qui provoquent des déstabilisations importantes des berges et du lit des cours d'eau.

Ces interventions lourdes ont donc largement contribué à l'évolution récente du tracé des cours d'eau et des phénomènes d'érosion et de transport solide. **Tous les cours d'eau de la zone d'étude ont été touchés par ces aménagements.** Ceux-ci ont donc impacté et impactent la morphologie fluviale.

3.2 L'implantation d'ouvrages

Les cours d'eau du bassin de la Lanterne ont été aménagés avec différents types d'ouvrages :

- les ouvrages de franchissement, chaque fois qu'une infrastructure de transport traverse une rivière ;
- les ouvrages hydrauliques, tels que les seuils et ouvrages de régulation (vannages) situés à même les cours d'eau et dont l'origine remonte souvent à un usage ancien aujourd'hui disparu (anciens moulins) ;

- les ouvrages de stabilisation du fond du lit.

L'étude Sciences Environnement / IPSEAU : *Etude diagnostic et définition des orientations en vue de la mise en place d'un schéma cohérent d'aménagement et de gestion des milieux sur le bassin versant de la Semouse et de la Lanterne*, nov. 2000, dresse un bilan des ouvrages en présence sur le bassin. Elle ne comprend pas l'ensemble du Breuchin pour lequel nous avons effectué un complément dans le cadre de notre étude.

3.2.1 Ouvrages de franchissement

Les ouvrages de franchissement **les plus importants**³ sont au nombre de 62 sur la zone d'étude. Leur répartition par cours d'eau et communes est donnée au tableau suivant.

Tableau 14 : Répartition des ouvrages de franchissement par cours d'eau et communes

Cours d'eau	Commune	Nombre d'ouvrages
Lanterne	Ailloncourt	6
	la Chapelle-les-Luxeuil	1
	Baudoncourt	3
	Ehuns	1
	Sainte-Marie-en-Chaux	1
	Ormoiche	1
	Francalmont	1
	Briaucourt	1
	Conflans-sur-Lanterne	3
	Bassigney	1
	Bourguignon-les-Conflans	2
Mersuay	1	
Breuchin	la Voivre	1
	Fessey	1
	Sainte-Marie-en-Chanois	2
	Proiselière-et-Langle	1
	Breuchotte	1
	Froideconche	1
	Luxeuil/Froideconche	1
	Saint-Sauveur	2
	Lxeuil-les-Bains	1
Breuches	2	
Semouse	Magnoncourt	3
	Saint-Loup-sur-Semouse	2
	Dampierre-les-Conflans	2
	Conflans-sur-Lanterne	1
Combeauté	Corbenay	6
	Fontaine-les-Luxeuil	1
	Saint-Loup-sur-Semouse	2
	Ainvelle	1
Augronne	la Vaivre	3
	Aillevillers-et-Lyaumont	2
	Corbenay	2
	Magnoncourt	2
TOTAL		62

³ Cet inventaire ne prend pas en compte les ouvrages ponctuels de franchissement tels que les passerelles agricoles, piétonnes etc.

3.2.2 Ouvrages hydrauliques

On entend par ouvrages hydrauliques tous les ouvrages majeurs ayant une fonction de répartition des eaux (entre plusieurs bras par exemple) ou de régulation des débits/niveaux par l'intermédiaire de vannes.

Les principaux ouvrages de moulin figurent au Tableau 15. Les ouvrages en ruine ne figurent pas dans ce tableau, de même que les ouvrages de stabilisation du lit (seuils en blocs d'enrochement).

Tableau 15 : Inventaire des ouvrages hydrauliques majeurs

Cours d'eau	Commune	Ouvrage	Nature de l'ouvrage
Lanterne	Ailloncourt	Ancien moulin Haut	
		Ancien moulin bas	Seuil de prise d'eau
	Baudoncourt	Ancienne usine	Ouvrages de prise d'eau
	Villers-les-Luxeuil	Moulin du Teux	Seuil de prise d'eau
	Sainte-Marie-en-Chaux	Moulin du haut	Ouvrages de prise d'eau
	Conflans-sur-Lanterne	Ancien moulin	Seuil de prise d'eau
	Bassigney	Moulin	Seuil de prise d'eau
	Mersuay	Moulin	Seuil de prise d'eau
Breuchin	la Voivre	Ancienne scierie	Seuil de prise d'eau
	Sainte-Marie-en-Chanois	Ancien moulin	Seuil de prise d'eau
	la Proiselière-et-Langle	Ancien moulin	Seuil de prise d'eau
	Amage	Ancien moulin des Planches	Ouvrages de prise d'eau
	Breuchotte	Ancienne usine	Ouvrages de prise d'eau
	Froideconche	Ancienne usine	Seuil de prise d'eau
	Froideconche	Ancienne usine village	Seuil de prise d'eau
	Breuches	Moulin du Château	Ouvrages de prise d'eau
Semouse	Magnoncourt	Ancienne usine	Seuil de prise d'eau
	Ainvelle	Ferme de Prevelle	Ouvrages de prise d'eau
	Dampierre-les-Conflans	Ouvrage de Varigney	
	Conflans-sur-Lanterne	Barrage de Conflans	Barrage seulement
Combeauté	Corbenay	Moulin Zolin	Déversoir
Augronne		Aucun ouvrage de moulin	

La plupart des ouvrages sont d'anciens moulin dont l'usage est aujourd'hui perdu. Il s'agit souvent de seuils en maçonnerie permettant la prise d'eau du bief d'alimentation de l'ancien moulin, auxquels peuvent être associés des ouvrages de régulation (vannages) et des déversoirs.

Ces ouvrages présentent un état variable. Les ouvrages encore en activité sont rares et servent à la production d'électricité :

- moulin Saire, ancienne Filature Antoine sur le Combeauté ;
- moulin du Château sur le Breuchin.

3.2.3 Ouvrages complémentaires sur la Semouse

A ces ouvrages doivent être ajoutés les trois ouvrages suivants, visités sur la Semouse dans le cadre de l'avenant au marché initial :

- les forges de la Semouse
- la Tréfilerie du Blanc Murger
- le Pont Poirot.

Le diagnostic de ces ouvrages est présenté dans le volet sectorisation.

3.2.4 Ouvrages de stabilisation

Les ouvrages de stabilisation ont été aménagés dans un but unique : assurer une stabilisation longitudinale et transversale des cours d'eau. En d'autres termes, ils ont pour vocation de « casser » la dynamique naturelle qui se matérialisait par des processus de divagation latérale et d'incision du lit mineur ou plus généralement de prévenir l'apparition de ces phénomènes. Ils ont été mis en place généralement dans des secteurs sensibles où ces mécanismes pouvaient engendrer une menace envers un enjeu particulier (secteur de gravière par exemple). On en trouve également parfois dans des secteurs dépourvus d'enjeux, lorsque les écoulements sont très dynamiques (Augronne).

Ces ouvrages de stabilisation sont de simples seuils en blocs de pierre aménagés en travers du lit mineur (Figure 22). Ils ont généralement été aménagés sur des tronçons de plusieurs centaines de mètres avec un écartement régulier (Figure 23).



Figure 22 : Seuil de stabilisation sur la Lanterne à Briaucourt

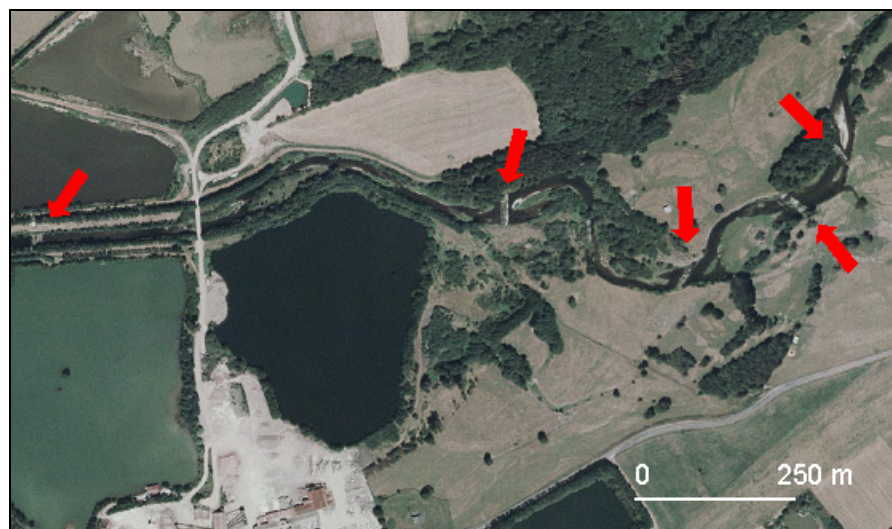


Figure 23 : Série de seuils sur le Breuchin à Saint-Sauveur/Luxeuil

Les principaux ouvrages de stabilisation se situent :

- sur la Lanterne à la Chapelle-les-Luxeuil : série de seuils ;

- sur la Lanterne à Francalmont, Briaucourt, Francalmont, Conflans : 5 seuils en pierre ;
- sur le Breuchin ,en amont et dans la traversée des gravières FERRAT-CHOLLEY (cinq seuils successifs sur 1300 mètres (communes de Saint-Sauveur/Luxeuil-les-Bains) ;
- sur le Breuchin sur les communes d'Ormoiche/Breuche : 1 seuil en pierre ainsi que deux épis ;
- sur le Breuchin à Breuchotte en aval du village ;
- sur la Semouse à Magnoncourt : trois seuils en pierre ;
- sur la Semouse en aval de Saint-Loup-sur-Semouse : création de plusieurs seuils en pierre de stabilisation du lit ;
- sur la Combeauté : aménagement de plusieurs seuils en enrochement en aval de Saint-Loup-sur-Semouse et amont du lieu-dit « les Barraques Chardin » ;
- sur l'Augronne : création d'une quinzaine de seuils en enrochement de Corbenay à la confluence.

3.2.5 Incidences des ouvrages sur le transport solide

Les différents ouvrages, quelle que soit leur nature, ont un impact plus ou moins fort sur le transport solide.

En format un obstacle à l'écoulement en du lit mineur ils créent des pertes de charge plus ou moins importantes (seuils, radiers des ponts les plus importants) et ils diminuent localement l'énergie hydraulique du cours d'eau favorisant ainsi les dépôts :

- **les dépôts amont** : ils résultent d'une diminution significative de l'énergie hydraulique du cours d'eau. Ils sont de deux ordres :
 - les dépôts dans les retenues d'ouvrages hydrauliques : les ouvrages importants d'alimentation d'anciens biefs de moulin (seuils) agissent comme de véritables pièges à sédiments. Le charriage s'interrompt jusqu'à plusieurs centaines de mètres en amont de ces ouvrages ; la charge de fond alimente le lit mineur (formation d'un atterrissement) ou la retenue (qui se comble dans certains cas de figure).
 - De la même manière, les ouvrages de franchissement ayant un contact important avec le lit mineur (présence de plusieurs piles dans le lit mineur) engendrent des dépôts de matériaux en amont. Dans certains cas, ces dépôts entraînent un comblement des arches et nécessitent alors des interventions pour permettre un écoulement optimal sous l'ouvrage.

Les matériaux se déposant en amont des ouvrages sont généralement les plus grossiers.

- **les dépôts aval** : fréquemment, des dépôts s'opèrent également en aval des ouvrages hydrauliques et des ponts, compte tenu des pertes de charge associées aux ouvrages.

Les matériaux qui se déposent en aval des ouvrages sont souvent de dimension inférieure à ceux qui se déposent en amont.

Ces dépôts sont plus ou moins problématiques :

- en l'absence d'enjeux (secteur naturel par exemple), ils permettent un ajustement du transport solide des cours d'eau et un équilibre sédimentaire : il convient de conserver ce fonctionnement ;
- en présence d'enjeux (zones habitées, ouvrages d'art), il convient d'éviter et de prévenir la formation de dépôts dans la mesure du possible dans ces secteurs.

Les illustrations suivantes donnent des exemples de ces différents cas de figure.

La Figure 24 illustre le cas de l'influence amont et aval d'un seuil de stabilisation dans un secteur naturel. Le ralentissement des écoulements a engendré la formation d'un atterrissement en amont du seuil et d'un petit dépôt en aval. Ces dépôts n'entraînent pas de menaces directes pour quelque enjeu que ce soit.

La Figure 25 souligne l'impact d'un ouvrage d'art sur le transport solide : Le radier associé au pont entraîne une perte de charge et d'importants dépôts se forment en aval. Compte tenu de son contexte urbain, cet atterrissement est susceptible de générer des débordements en zones habitées.



Figure 24 : Impact d'un seuil de stabilisation sur le transport solide sur le Breuchin à Saint-Sauveur

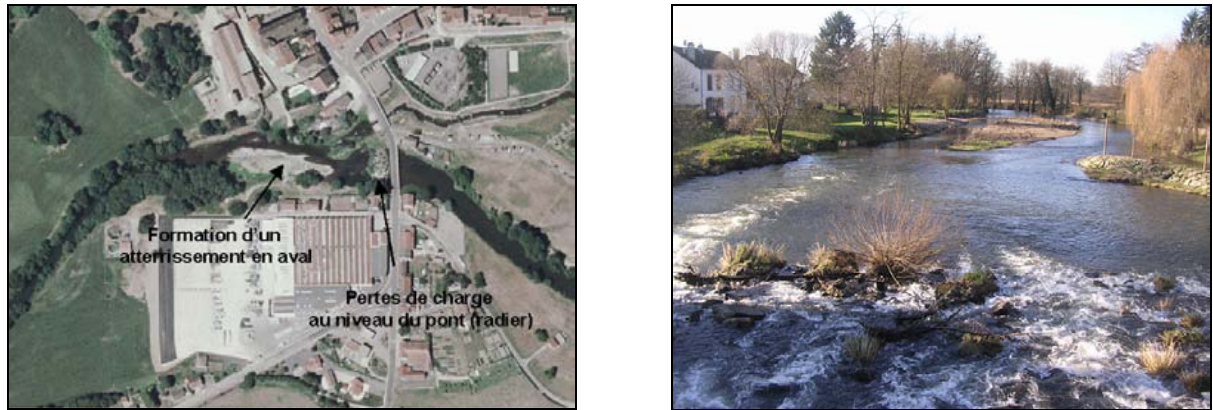


Figure 25 : Impact du pont de Conflans-sur-Lanterne sur le transport solide

3.3 Les extractions de matériaux

Les extractions de matériaux alluvionnaires constituent un usage ancien, qui a profondément marqué les vallées de certains cours d'eau étudiés et qui perdure sous certaines formes aujourd'hui.

3.3.1 Les sites d'extraction

A ce jour, les extractions directes en lit mineur sont interdites par la réglementation sur l'exploitation des carrières⁴. Seules subsistent les carrières autorisées en lit majeur par la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE).

Le tableau suivant en dresse la liste.

Tableau 16 : Sites d'extraction de granulats en activité

Rivière	Commune	Société	Volumes annuels (t/an)	Date d'autorisation	Date d'échéance
Lanterne	Mersuay	LAURENT	50 000	1995	2010
Lanterne	Mersuay / Breurey-les-Faverney	ORSA granulats	200 000	1994	2015
Lanterne/Breuchin	Baudoncourt/Breuches	A.C.L.	100 000	1997	2012
Breuchin	Saint-Sauveur	FERRAT-CHOLLEY	120 000	1984	2007
Semouse/Combeauté	Saint-Loup-sur-Semouse	ORSA granulats	200 000	1995	2008

Les volumes extraits ont été importants, surtout dans le secteur de Mersuay dans la vallée de la Lanterne et de Saint-Loup-sur-Semouse dans la vallée commune de la Semouse et de la combeauté.

⁴ Arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières - article 11.2 : extraction en nappe alluviale.

La DRIRE estime que les nouveaux sites d'extraction ne devraient pas être nombreux dans les années à venir, malgré la présence de réserves de gisement. Seuls les sites en exploitation devraient donc poursuivre les extractions.

Comme le Schéma départemental des Carrières le stipule (chapitre 5.4.1), « *les demandes de renouvellement d'autorisation d'exploiter ou d'autorisation d'extension prévaudront sur les demandes d'ouverture de nouvelles carrières.* ». Ainsi, les gravières Ferrat-Cholley à Saint-Sauveur devraient s'étendre au nord du site actuellement exploité, sur une surface de 40 hectares environ (fin d'autorisation actuelle en 2007).

A ce jour, les stigmates de l'exploitation passées mais aussi actuelles sont très importants dans certains secteurs comme c'est le cas sur la Lanterne à Mersuay et Breurey-les-Faverney (Figure 26).

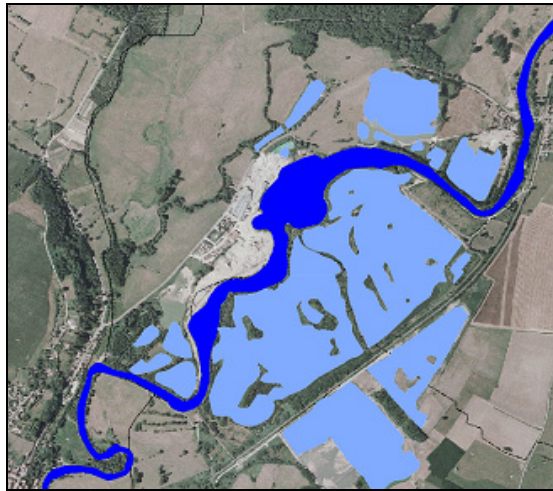


Figure 26 : Sites d'extraction en lits mineur et majeur dans le secteur de Mersuay sur la Lanterne

3.3.2 Incidences des exploitations

Les incidences des sites d'extraction sur la morphodynamique fluviale sont de deux ordres :

- Les incidences en lit mineur ;
- les incidences en lit majeur.

3.3.2.1 Incidences des extractions en lit mineur

Les extractions en lit mineur ont été nombreuses dans le secteur de Mersuay et Breurey-les-Faverney. Ce secteur est par ailleurs jouté de nombreux plans d'eau en lit majeur.

De par le passé, les plans d'eau en lit majeur ont été en partie en communication avec la Lanterne, ce qui a conduit à de nombreux désordres hydrauliques (érosions et dépôts de matériaux) ayant conduit le syndicat de la Lanterne à réaliser des travaux d'aménagement d'un nouveau chenal d'écoulement.

Les extractions en lit mineur ont entraîné une forte augmentation de la section du lit (jusqu'à 240 mètres à Mersuay). Ces travaux ont perturbé de manière durable le

fonctionnement dynamique de la Lanterne sur ce secteur et ont engendré des répercussions importantes sur la stabilité des berges environnantes (érosions régressives), résultant d'un déficit local en matériaux. La banalisation des écoulements y est de surcroît importante.

3.3.2.2 Incidences des extractions en lit majeur

Bien que n'étant pas en contact direct avec les cours d'eau, les sites d'extraction en lit majeur peuvent s'avérer problématiques. L'un des secteurs les plus illustratif en la matière se situe dans la vallée du Breuchin sur la commune de Saint-Sauveur (Figure 27). Le lit majeur est morcelé en de nombreux endroits par les plans d'eau résultant de l'exploitations des alluvions (société FERRAT-CHOLLEY). La surface en eau est supérieure à 40 hectares.

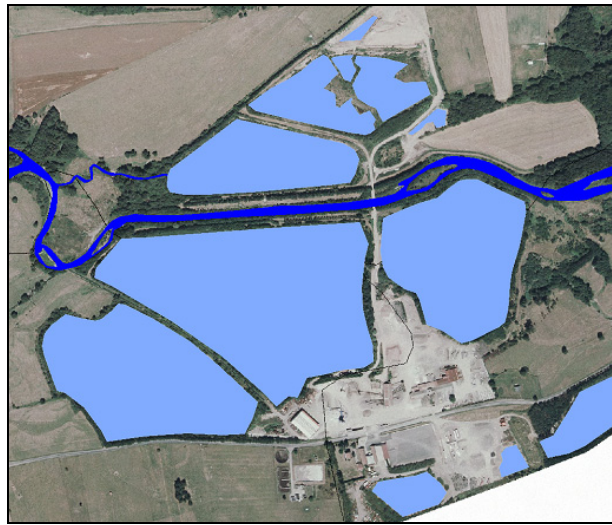


Figure 27 : Localisation des sites d'extraction dans le lit majeur du Breuchin à Saint-Sauveur

Les principaux problèmes de ce site d'extraction sont les suivants :

- la proximité des anciennes zones de prélèvements de la rivière soulève deux problèmes :
 - l'impossibilité pour la rivière de divaguer librement (les gravières vont conditionner l'enveloppe du fuseau de mobilité). Le cours d'eau a d'ailleurs fréquemment été recalibré et stabilisé dans ce secteur afin d'éviter tout phénomène de divagation ;
 - les risques de capture de gravière, c'est à dire la mise en communication du lit mineur du cours d'eau avec les plans d'eau, qui résulterait d'une érosion des rives qui les séparent lors d'une crue débordante par exemple. Dans ce cas de figure, de gros désordres hydrauliques sont à craindre, notamment par le piège à sédiment que cela constituerait. Avec des sédiments piégés sur ce site, la rivière tendrait alors à dissiper son énergie en érodant les berges et/ou le lit en aval, du fait d'un important déficit en matériaux.
- l'endiguement du lit mineur (seuils de fond, enrochements de berges) qui a accompagné l'extraction engendre de profonds désordres hydrauliques en aval, dès lors que la rivière « corsetée » dispose de possibilités de divagation. Les érosions de

berges sont intenses, les dépôts importants. La rivière exprime de nouveau une forte dynamique compte tenu du point dur constitué par l'endiguement amont.

3.3.3 Conclusions

Les extractions de granulats, d'abord en lit mineur, puis aujourd'hui en lit majeur, soulèvent plusieurs problèmes intéressant directement la thématique du fonctionnement géomorphologique des cours d'eau.

Leur prise en compte dans la détermination des fuseaux de mobilité et dans les mécanismes naturels liés à la dynamique alluviale est donc indispensable.

4

Observations morphologiques de terrain

Un parcours de terrain a été réalisé en période des basses eaux (fin 2006 et début 2007). Cette campagne a eu pour but :

- De recenser avec les acteurs locaux les zones problématiques ;
- De prendre connaissance des aménagements structurant ;
- De relever les principaux points d'expression de la dynamique alluviale des rivières :
 - Les érosions de berges ;
 - Les incisions du lit ;
 - Les dépôts alluvionnaires.

Les paragraphes présentent de manière très synthétique les principales observations par cours d'eau de l'expression de la dynamique alluviale sur la zone d'étude. Ces informations sont reprises dans la définition des tronçons à dynamique homogènes.

4.1 Les érosions des berges et l'incision du lit mineur

L'importance des érosions des berges est variable sur le bassin. Elle est étroitement conditionnée par la dynamique naturelle, qui résulte notamment de la pente du lit mineur et des débits liquides.

D'une manière globale, les lits mineurs ne présentent pas de **signes actuels** d'incision marquée.

Ces constats indiquent que les rivières du bassin de la Lanterne réalisent leur ajustement sédimentaire, à une échelle de temps humaine, par une mobilisation préférentielle des matériaux au niveau des berges, souvent plus mobilisables que ceux du lit (granulométrie plus fine, absence de végétation, etc.). Ce constat est d'autant plus vrai dans les secteurs où les cours d'eau comprennent de nombreux aménagements de seuils qui réduisent les possibilités de charriage des galets du substrat de fond.

Les paragraphes suivants résument cette dynamique globale cours d'eau par cours d'eau. Plus d'informations sont données dans le volet sectorisation, par tronçons homogènes.

4.1.1 La Lanterne

L'état des berges de la Lanterne varie sensiblement d'amont en aval. On distingue globalement deux grands secteurs :

1. **secteur amont de l'aval de Cifers à Sainte-Marie-en-Chaux** : ce secteur est marqué par une forte dynamique latérale de la Lanterne qui érode massivement ses berges (Figure 28). Celles-ci sont de faible hauteur (moins de 1 mètre) et de granulométrie relativement fine (des sables fins aux cailloux grossiers). Les érosions latérales sont favorisées par une pente relativement faible et à l'absence de végétation de berge favorables à la formation de méandres où se positionnent les érosions. Les processus sont également favorisés par une ripisylve discontinue, voire localement absente. Les érosions de berges sont fréquemment accentuées par la fréquentation des berges par les bovins. Les instabilités sont particulièrement nombreuses en aval de la Chapelle-les-Luxeuil et en aval de Baudoncourt.



Figure 28 : Erosions de berges caractéristiques dans le secteur de Baudoncourt

2. Sur le reste du linéaire de la Lanterne (**aval de la confluence avec le Breuchin**), les berges sont assez bien préservées, hormis quelques érosions localisées principalement dans les extradors de méandres. Malgré la faible présence d'érosions et les faibles enjeux associés, les rives sont munies de protections, souvent à base d'enrochements.

Le lit mineur de la Lanterne ne présente pas de phénomènes d'incision apparents. Dans le secteur aval, le lit mineur est toutefois stabilisé par l'aménagement de plusieurs seuils préventifs, destinés à éviter l'apparition de désordres à proximité de secteurs exploités pour les granulats. Ces ouvrages figent la dynamique qui se reporte sur les berges amont et aval (érosions et dépôts de matériaux).



Figure 29 : Seuil de stabilisation du lit mineur sur la commune de Briaucourt

4.1.2 Le Breuchin

L'état des berges et du lit mineur du Breuchin varie d'amont en aval du cours d'eau.

- en amont de la commune de Breuchotte, la dynamique naturelle de la rivière est fortement contrariée par la présence de nombreux ouvrages hydrauliques (anciens moulins - Figure 30). Les écoulements sont lenticques et les érosions de berges absentes ou très rares. Il n'y a pas de phénomènes d'incision du lit mineur. Ce secteur correspond à de faibles pentes du lit mineur.
- A partir de Breuchotte, on assiste à plusieurs ruptures de pentes marquées jusqu'à Luxeuil-les-Bains et qui favorisent des changements de directions de la rivière. Les érosions de berges sont de plus en plus fréquentes et localement très influencées par les aménagements humains qui forment des points durs. La granulométrie des matériaux constituant les rives est en forte hausse et se rapproche progressivement des galets.



Figure 30 : Berges naturelles à Sainte-Marie-en-Chanois



Figure 31 : Berges érodées à Froideconche

4.1.3 La Semouse

De manière générale la rivière présente peu d'érosions de berges.

- En amont de Saint-Loup-sur-Semouse, les érosions de berges sont ponctuelles et de faible ampleur. Elles sont essentiellement localisées sur les différents bras composant le tracé de la rivière. Les berges sont de faible hauteur (moins de 1 mètre) et la ripisylve bien implanté contribue à leur stabilité. Quelques enrochements de berges, ponctuels, limitent les faibles érosions naturelles. Des seuils en pierre sont implantés sur une partie du lit mineur de la rivière. Il n'y a pas d'incision visible du lit mineur et ses ouvrages ont visiblement été installés de manière préventive.
- En aval de Saint-Loup-sur-Semouse, les processus érosifs sont encore moins marqués. Les rives sont stables avec une ripisylve, généralement dense et continue qui favorise la protection des rives.



Figure 32 : Enrochement de berge en amont de Saint-Loup-sur-Semouse



Figure 33 : Berges naturelle et végétalisées en aval de Saint-Loup-sur-Semouse

4.1.4 La Combeauté

La rivière présente quelques secteurs marqués par des érosions importantes mais celles-ci demeurent ponctuelles et ne sont pas généralisées à l'ensemble du linéaire. La rivière érode régulièrement les extrados de méandres mais les érosions sont de faible intensité et sans enjeu.

Le principal secteur à forte dynamique latérale se situe au lieu-dit « Chanois » sur la commune de Saint-Loup-sur-Semouse.

Le lit mineur ne présente pas de signes d'incision.

4.1.5 L'Augronne

Les berges de l'Augronne sont fréquemment érodées par le piétinement des bovins en aval de la commune d'Aillevillers-et-Lyaumont. De nombreuses érosions sont contraintes par des aménagements de berges en secteurs naturels (enrochements).

Le lit mineur ne présente pas de signes d'incision.

4.2 Les dépôts alluvionnaires

La présence ou l'absence de dépôts alluvionnaires un autre mécanisme visible de la dynamique des cours d'eau et de la charge de fond en transit.

Seuls les dépôts sédimentaires émergés ont pu être observés lors des visites de terrain. Ces dépôts correspondent systématiquement à une charge de fond grossière, comme les analyses granulométriques l'ont démontré (voir 6.4). Les atterrissements formés d'alluvions fines sont absents des cours d'eau étudiés.

4.2.1 La Lanterne

La charge solide de la Lanterne n'est véritablement perceptible qu'à partir d'Ormoiche. En amont, on ne note pas d'atterrissements significatifs. Au regard de la situation radicalement différente en amont et aval de la confluence avec le Breuchin, il apparaît qu'une grande partie des matériaux en transit dans le lit de la Lanterne est en provenance de son affluent principal.

La charge de fond est très grossière et se matérialise sous la forme de nombreux bancs de galets, soit simplement disposés en plein lit, soit en alternance avec plusieurs chenaux d'écoulement (style fluvial en tresse). Les dépôts présents en zones naturelles permettent un ajustement de la rivière. Ils s'opèrent sous la forme de bancs alternant avec les chenaux d'écoulement ou à l'intérieur des méandres. En secteur naturel, ils ne sont pas problématiques.

Les figures suivantes illustrent ces dépôts.



Figure 34 : Atterrissements dans un secteur de tressage en aval de la confluence avec le Breuchin



Figure 35 : Atterrissement dans une convexité de méandre (Conflans-sur-Lanterne)

Par contre, certains dépôts peuvent devenir problématiques dès lors qu'ils se situent à proximité de zones urbaines. Parmi les points noirs ou singularités mentionnés par les deux syndicats de la Lanterne, nous retiendrons les secteurs suivants :

1. En amont de Conflans-sur-Lanterne : un atterrissement végétalisé par des herbacées s'est formé dans la convexité d'un méandre, en amont d'un seuil permettant l'alimentation en eau du bras utilisé pour la pratique du canoë-kayak à Conflans-sur-Lanterne. Ce vaste dépôt entraîne des érosions de la rive droite. Il nécessite des opérations régulières d'entretien de la végétation par le syndicat de la Lanterne.



Figure 36 : Atterrissement en amont du seuil de Conflans-sur-Lanterne

2. En aval du pont de Conflans-sur-Lanterne, d'importants dépôts de matériaux s'opèrent à même le lit mineur. En contexte urbain, ces dépôts génèrent une gêne importante à l'écoulement des eaux de la Lanterne et favorisent les débordements en amont. Des travaux importants de réouverture d'un chenal d'écoulement sont nécessaires chaque année.



Figure 37 : Atterrissement important en aval du pont de Conflans-sur-Lanterne

3. Sur la commune de Mersuay, un important seuil qui permet l'alimentation du moulin de Favorney, freine la dynamique naturelle du cours d'eau (perte de charge), ce qui provoque la formation d'un atterrissement en aval, en cours de végétalisation. Le développement d'espèces ligneuses risque de favoriser de nombreux autres dépôts et à terme un comblement du lit dans ce secteur. Fixés, les atterrissements impactent alors sur la stabilité des berges et sur les lignes d'eau.

4.2.2 Le Breuchin

Le Breuchin constitue un cours d'eau où les dépôts de matériaux sont très nombreux. Ils sont observés généralement dans les secteurs très actifs du cours d'eau, souvent sous la forme d'ensembles de bancs. La rivière présente alors un profil en tresses dans ces secteurs marqués par une forte translation latérale (bancs de galets « abandonnés » par la rivière).

La charge alluviale n'est réellement perceptible qu'à partir de Breuchotte, dès lors que la rivière adopte une dynamique naturelle marquée. Plus en amont, la dynamique et le transport solide sont bloqués par les nombreux ouvrages en travers du lit mineur. Seuls quelques secteurs présentent les signes d'un transport solide avéré.

Parmi les nombreux dépôts, la plupart sont situés dans le secteur de Froideconche où la rivière fait preuve d'une dynamique très active (pente forte). La Figure 38 illustre l'un de ces dépôts non problématique.



Figure 38 : Atterrissement en amont de la déviation à Froideconche

En revanche, plusieurs secteurs sensibles sont à signaler sur le Breuchin :

- sur la commune de Breuche-les-Faucogney (Figure 39), de nombreux dépôts ont lieu au droit d'un ancien moulin. Les atterrissements en cours de végétalisation entraînent des débordements dans l'habitation.



Figure 39 : Atterrissement générant des inondations à proximité du moulin de la Voivre (Breuche)

- En amont immédiat du bourg de Froideconche (Figure 40), de volumineux atterrissements sont végétalisés par la Renouée du Japon. Ces dépôts bloquent de nombreux embâcles et favorisent les érosions des parcelles agricoles en rive gauche en amont.



Figure 40 : Atterrissement fortement végétalisé à Froideconche

- sur la commune de Breuches : importante reprise de la dynamique naturelle en aval des sablières Ferrat-Cholley : nombreux dépôts sédimentaires, érosions massives des berges, translation latérale du Breuchin et formation d'embâcles ;
- à Saint-Sauveur, en aval du pont de la déviation, de nouveaux dépôts s'effectuent au sein du nouveau lit que la rivière a créé de lors de la crue de 2000. Ce secteur est d'une très grande dynamique avec une translation importante de la rivière et des dépôts qui traduisent un ajustement du Breuchin à la recherche d'un profil d'équilibre. Ce secteur témoigne d'une profonde dynamique alluviale du cours d'eau, en grande partie amplifiée par la nature des aménagements réalisés dans le secteur.



Figure 41 : Atterrissement dans le nouveau bras créé par le Breuchin à Saint-Sauveur

4.2.3 La Semouse et l'Augronne

Ces deux cours d'eau sont traités ensemble car ils ont de nombreuses interrelations. Ils confluent en effet à plusieurs reprises et la charge de fond en transit dans la Semouse est en partie le fruit des matériaux transportés par l'Augronne.

La Semouse transporte de grandes quantités de matériaux dans son lit comme en témoignent les nombreux atterrissements ponctuant régulièrement son cours. L'Augronne charrie également de nombreux galets. Le principal secteur problématique sur ces cours d'eau se situe précisément à leur confluence principale, où on observe la formation d'un vaste cône alluvial. Ces dépôts massifs favorisent l'érosion de la rive droite et augmentent les inondations de la ville d'Aillevillers-et-Lyaumont. Des travaux de réouverture d'un chenal d'écoulement ont rendu difficile la remobilisation et le charriage des matériaux déposés.



Figure 42 : Important dépôt de matériaux à la confluence Augronne/Semouse (Aillevillers)

4.2.4 La Combeauté

La Combeauté est également un cours d'eau qui charrie de nombreux matériaux. Les atterrissements y sont localement problématiques. Les points noirs suivants ont été signalés par la communauté de communes du Val de Semouse :

- Dans le secteur des baraques Chardin (Fontaine-les-Luxeuil), des dépôts notoires sont présents sous le pont de la D64, gênant les écoulements. Des travaux y sont entrepris chaque année pour ouvrir un chenal d'écoulement (Figure 43) ;
- Dans ce même secteur, des matériaux obstruent en partie le dalot sous la D64 permettant l'évacuation des eaux d'un fossé en provenance de la Combeauté (Figure 44).



Figure 43 : Atterrissement sous le pont de la D64 à Fontaine-les-Luxeuil



Figure 44 : Passage en partie comblé sous la D64 à Corbenay

Détermination du fuseau de mobilité

La détermination du fuseau de mobilité des différents cours d'eau est l'un des objectifs premiers de l'étude. Le fuseau de mobilité est un outil indispensable à la détermination, dans les années à venir, d'orientations de gestion et d'actions relatives à la gestion de la dynamique géomorphologique des cours d'eau. De cet outil dépendront les futures actions engagées : préservation de la libre divagation, aménagement de protection des berges et du lit mineur, etc.

5.1 Définitions préalables et contexte réglementaire

Les notions de *fuseau de mobilité*, *d'espace de liberté*, *d'espace de divagation*, sont reprises dans plusieurs textes de portée réglementaire.

Parmi ces derniers, nous retiendrons :

- le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse ;
- l'Arrêté interministériel du 24 janvier 2001, restreignant l'implantation des gravières dans les espaces de mobilité des cours d'eau ;
- la Loi Risques du 30 juillet 2003.

5.1.1 Le SDAGE

Le fuseau de mobilité ou « Espace de liberté » est défini par le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse comme l'« *espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales permettant la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres.* » (Vol.1, Mesures opérationnelles générales, 3.1.3.1., page 53).

A l'intérieur de cet espace, « *l'objectif prioritaire est la préservation, voire la restructuration de l'espace de liberté des rivières et de sa dynamique. La définition de cet espace de liberté passera le plus souvent par une étude au cas par cas tenant compte des enjeux socio-économiques. Le SDAGE recommande une politique très restrictive d'occupation de cet espace, en demandant notamment que les études d'impact relatives aux demandes d'autorisations d'extractions et d'aménagements de toutes natures démontrent que cet espace de liberté est préservé. Plus largement, les schémas départementaux de carrières devront reprendre cette préconisation.* » (Vol.1, Mesures opérationnelles générales, 3.1.3.1., page 53).

Le SDAGE stipule que « *la reconnaissance et la cartographie⁵ doivent devenir un impératif sur toutes les rivières à fond mobile du bassin* ».

5.1.2 L'Arrêté interministériel du 24 janvier 2001

Cet Arrêté fixe les prescriptions minimales auxquelles doivent répondre les exploitations de granulats (gravières). Il modifie en particulier le chapitre 11.2 de l'article 11 de l'arrêté du 22 septembre 1994 :

« [...] »

Les exploitations de carrières de granulats sont interdites dans l'espace de mobilité du cours d'eau.

L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer. L'espace de mobilité est évalué par l'étude d'impact en tenant compte de la connaissance de l'évolution historique du cours d'eau et de la présence des ouvrages et aménagements significatifs, à l'exception des ouvrages et aménagements à caractère provisoire, faisant obstacle à la mobilité du lit mineur. Cette évaluation de l'espace de mobilité est conduite sur un secteur représentatif du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau en amont et en aval du site de la carrière, sur une longueur minimale totale de 5 kilomètres.

[...] »

5.1.3 La Loi Risques du 30 juillet 2003

L'Article 48 de la loi du 30 juillet 2003 précise :

Art. L. 211-12. - I. - « *Des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées à la demande de l'Etat, des collectivités territoriales ou de leurs groupements sur des terrains riverains d'un cours d'eau ou de la dérivation d'un cours d'eau, ou situés dans leur bassin versant, ou dans une zone estuarienne.*

" II. - *Ces servitudes peuvent avoir un ou plusieurs des objets suivants :*

1° *Créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval ;*

2° *Créer ou restaurer des zones de mobilité du lit mineur d'un cours d'eau en amont des zones urbanisées dans des zones dites "zones de mobilité d'un cours d'eau", afin de préserver ou de restaurer ses caractères hydrologiques et géomorphologiques essentiels. ».*

L'Article 48 précise par ailleurs :

V. - « *Dans les zones de mobilité d'un cours d'eau [...], ne peuvent être réalisés les travaux de protection des berges, remblais, endiguements et affouillements, les constructions ou installations et, d'une manière générale, tous les travaux ou ouvrages susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau. A cet effet, l'arrêté préfectoral peut soumettre à déclaration préalable, auprès des autorités compétentes en matière d'urbanisme, les travaux qui,*

⁵ de l'espace de liberté

en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme.

" L'arrêté préfectoral peut également soumettre à déclaration préalable les ouvrages qui, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme. Le préfet peut, par décision motivée, dans un délai de deux mois à compter de la réception de la déclaration, s'opposer à la réalisation de ces ouvrages ou prescrire les travaux nécessaires. Les travaux de réalisation de ces ouvrages ne peuvent commencer avant l'expiration de ce délai. ».

5.1.4 La Directive cadre européenne sur l'Eau

La directive cadre européenne pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, adoptée le 22 septembre 2000 par l'Union européenne, vise à restaurer la qualité chimique et écologique des eaux souterraines et superficielles d'ici 2015.

Dans ce cadre, la reconquête d'un espace de liberté sur les cours d'eau mobiles est un levier important permettant l'atteinte de ces objectifs (bon état morphologique).

5.1.5 Conclusion sur la portée réglementaire des différents textes

Les différents textes réglementaires imposent donc la préservation et la reconquête des espaces de mobilité des cours d'eau, qui débouchent de plus en plus fréquemment sur des études morphologiques spécifiques.

Les orientations de ces textes permettent de réduire les aménagements et installations en lit majeur susceptibles d'aller à l'encontre de la divagation naturelle des cours d'eau.

5.2 Méthodologie

La détermination des fuseaux de mobilité des cours d'eau s'appuie en grande partie sur le guide technique de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse : « Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau ». Il en reprend la méthodologie principale.

L'un des objectifs principaux de l'étude vise à définir une enveloppe au sein de laquelle il sera nécessaire de laisser les différentes rivières divaguer librement, sans remettre en cause les enjeux en présence en lit majeur (urbanisation, ouvrages, zones d'activités, etc.). **Cette enveloppe est appelée le fuseau de mobilité ou l'espace de liberté des cours d'eau.** Sa définition repose sur la superposition de plusieurs enveloppes qui doivent être déterminées successivement :

- **l'espace de mobilité maximal (EMAX)**, déterminé sur la base de l'enveloppe des alluvions de la carte géologique ;
- **l'espace de mobilité fonctionnel (EFONC)**, qui intériorise plusieurs notions telles que l'amplitude d'équilibre et l'espace de divagation historique ;

- **l'espace de mobilité minimal (EMIN)** qui prend *in fine* en compte l'ensemble des usages et enjeux en présence en bordure de cours d'eau. Très proche de l'EFONC et nécessitant une concertation sur les enjeux, il n'est pas présenté ici.

5.2.1 Documents sources

Le fuseau de mobilité de la Lanterne et de ses affluents s'appuie en grande partie sur l'analyse historique des tracés des cours d'eau. Cette analyse a été réalisée à partir :

- de différents documents historiques collectés auprès de la cartothèque de l'Institut Géographique National à Saint-Mandé ;
- de documents informatisés plus récents, fournis par le Syndicat Mixte Saône et Doubs et ses partenaires (DIREN, etc.) : orthophotoplans, scan25.

5.2.1.1 Cartographies anciennes

Parmi les cartographies anciennes utilisées figurent :

- la carte de Cassini, planche Luxeuil, échelle 1/86400, année 1758 ;
- les cartes d'Etat Major, planches Langres NE et SE, Lure NO et SO, échelle 1/40000, années 1833-1837 ;
- les cartes d'Etat Major, planches Plombières, Lure, Vauvillers, Faverney, année 1883 ;
- les cartes 1/50000, planches Plombières-les-Bains, Luxeuil, Jussey, Giromagny, année 1949.

5.2.1.2 Données récentes

Plusieurs données plus récentes ont été utilisées :

- SCAN25 IGN, année 1986 ;
- Orthophotoplans IGN, 1998 ;
- SCAN25 IGN, année 1999 ;
- Orthophotoplans IGN, année 2003.

5.3 Détermination de l'espace de mobilité maximal (EMAX)

L'espace de mobilité maximal est en quelque sorte l'espace de mobilité « optimal » des cours d'eau, formé de l'enveloppe la plus large. Sa définition permet de resituer les processus d'érosion récents et actuels dans un contexte plus vaste ; il repose en effet sur le fonctionnement morphodynamique des cours d'eau sur une échelle de temps de l'ordre de plusieurs milliers d'années. Cet espace de mobilité maximal correspond,

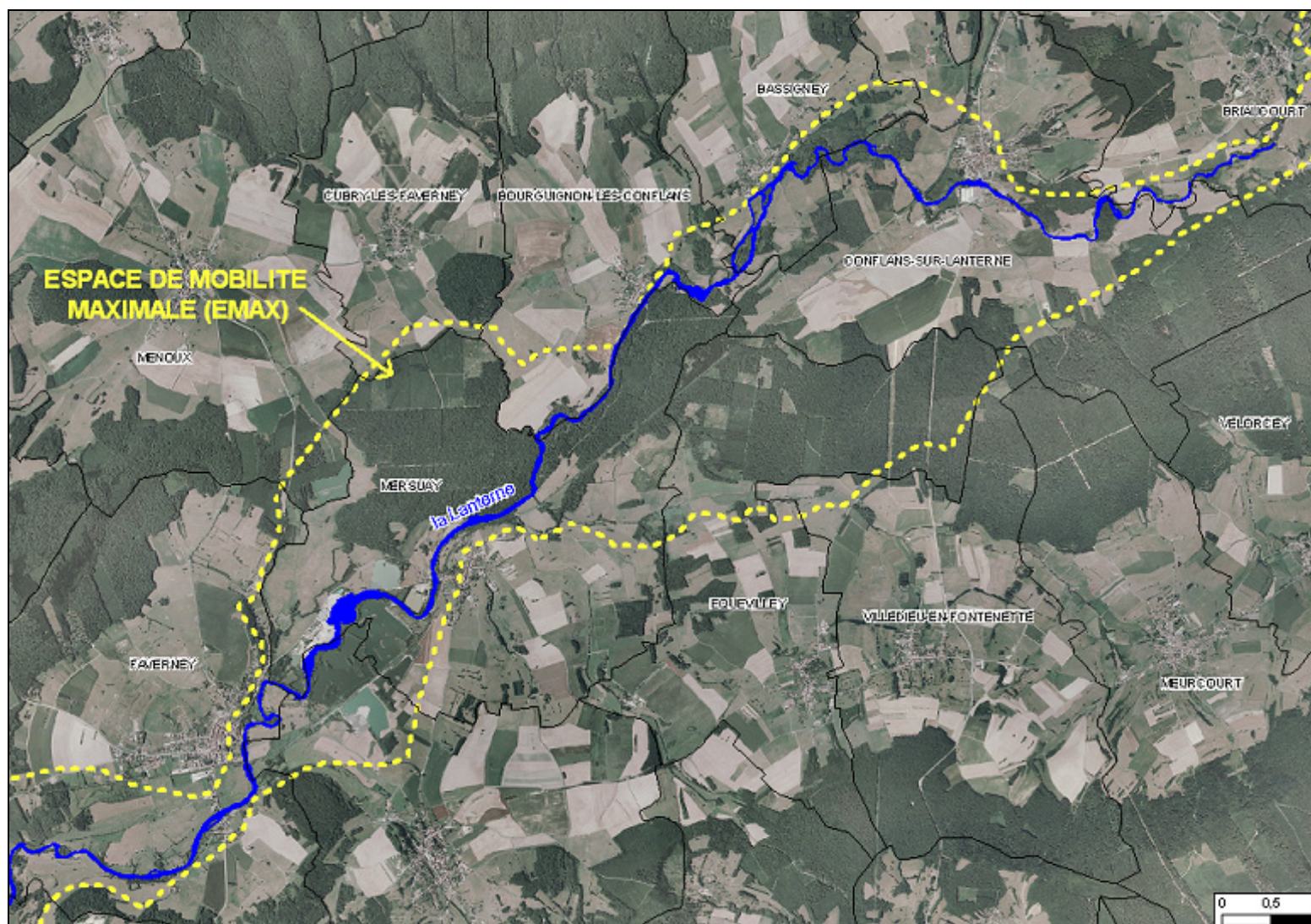


Figure 46 : Illustration de l'espace de mobilité maximale de la Lanterne

5.4 Détermination de l'espace de mobilité fonctionnel (EFONC)

L'Espace de mobilité fonctionnel (EFONC) est l'espace le plus délicat à déterminer. Il formera l'espace de liberté au sens du SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse. Il peut donc être considéré comme une enveloppe directement exploitable et définissant le fuseau de mobilité de la rivière.

L'Espace de mobilité minimal (EMIN) n'est autre qu'une « retouche » de l'EFONC selon un certain nombre de critères intégrant encore davantage les enjeux et les contraintes socio-économiques. Il s'agit alors d'un espace légèrement plus restrictif.

5.4.1 Etapes nécessaires à la détermination de l'EFONC

L'EFONC nécessite plusieurs étapes successives, destinées à déterminer différentes enveloppes qui seront superposées :

- Approche par le concept d'amplitude d'équilibre : cette approche s'appuie sur des considérations mécaniques qui consistent à aborder la géométrie en plan des cours d'eau ;
- Approche géomorphologique historique, qui fait intervenir les différents tracés historiques des cours d'eau ;
- Et enfin, la détermination de l'espace de divagation résiduel qui prend en compte l'ensemble des contraintes (protections de berges, digues, ponts, routes) qui restreignent l'espace de divagation.

5.4.2 Approche par le concept d'amplitude d'équilibre : étape 1

Ce concept repose sur diverses relations alliant différents paramètres géométriques d'un cours d'eau. En particulier, l'approche consiste à considérer l'amplitude des sinuosités d'un cours d'eau (distance latérale par rapport à l'axe d'origine du cours d'eau - Figure 47) comme étant équivalente à l'espace de mobilité d'équilibre de ce cours d'eau.

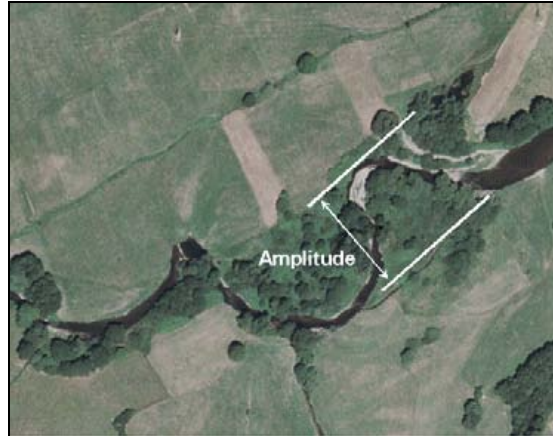


Figure 47 : Définition de l'amplitude d'un méandre : exemple du Breuchin

Concrètement, il a été retenu, pour les cours d'eau à méandres, que l'amplitude d'équilibre pouvait être définie très simplement de la manière suivante :

Amplitude d'équilibre (A) = 10 x largeur du lit à pleins bords

Sur ce fondement, la première étape de définition de l'EFONC a donc consisté à déterminer une enveloppe de base qui servira, en l'absence d'enjeux et de contraintes particulière, **de minimum de largeur à l'enveloppe finale** (Figure 48).

Cette enveloppe correspondant à l'amplitude d'équilibre est modifiée par la suite :

- Selon l'évolution géomorphologique des tracés historiques (étape 2) :
 - Maintien de l'enveloppe de l'amplitude d'équilibre si l'enveloppe de l'évolution géomorphologique des tracés historiques est moins large ;
 - Elargissement de l'enveloppe de l'amplitude d'équilibre lorsque l'enveloppe de l'évolution géomorphologique des tracés historiques est plus large.
- dans les secteurs à enjeux (réduction de la largeur : étape 3).



Figure 48 : Illustration de l'amplitude d'équilibre

5.4.3 Approche géomorphologique historique : étape 2

Cette approche vise à aboutir à une cartographie de l'espace de divagation historique des cours d'eau, sur une échelle de temps de l'ordre de deux siècles.

Deux sous étapes sont menées :

- la superposition des différents tracés historiques permet de définir **l'emprise spatiale historique des déplacements du lit** ;
- l'analyse de l'évolution du style fluvial (tracé méandrique, en tresses, anastomosé, à chenal unique...). Cette étape permet de dégager de premiers enseignements sur l'augmentation ou la diminution de l'activité fluviale en plan.

Les fonds de plans utilisés pour les tracés historiques sont illustrés par les figures suivantes.



Figure 49 : Carte de Cassini

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

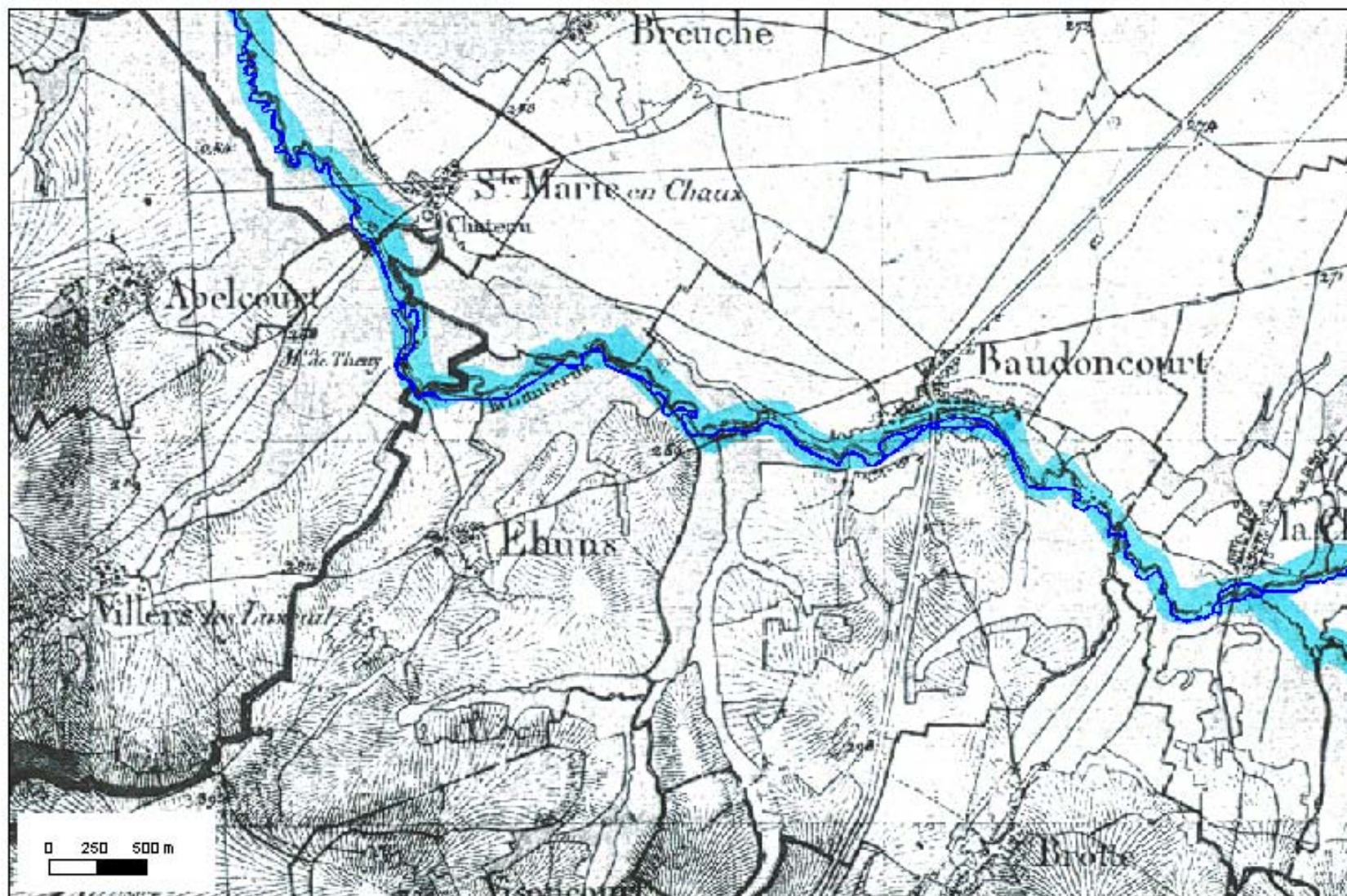


Figure 50 : Carte d'Etat major de 1833 - 1834

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

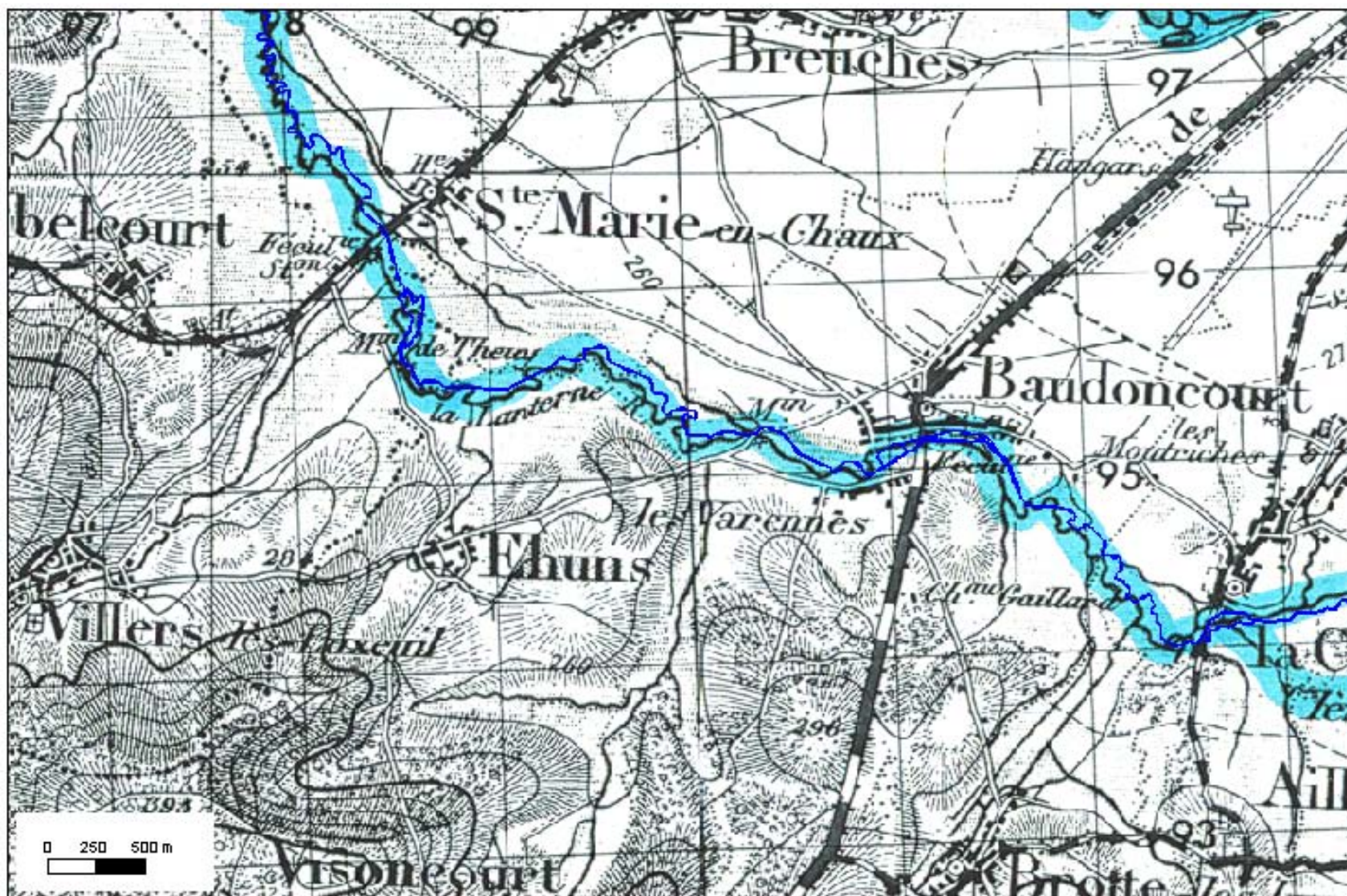


Figure 51 : Carte d'Etat major de 1949
SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

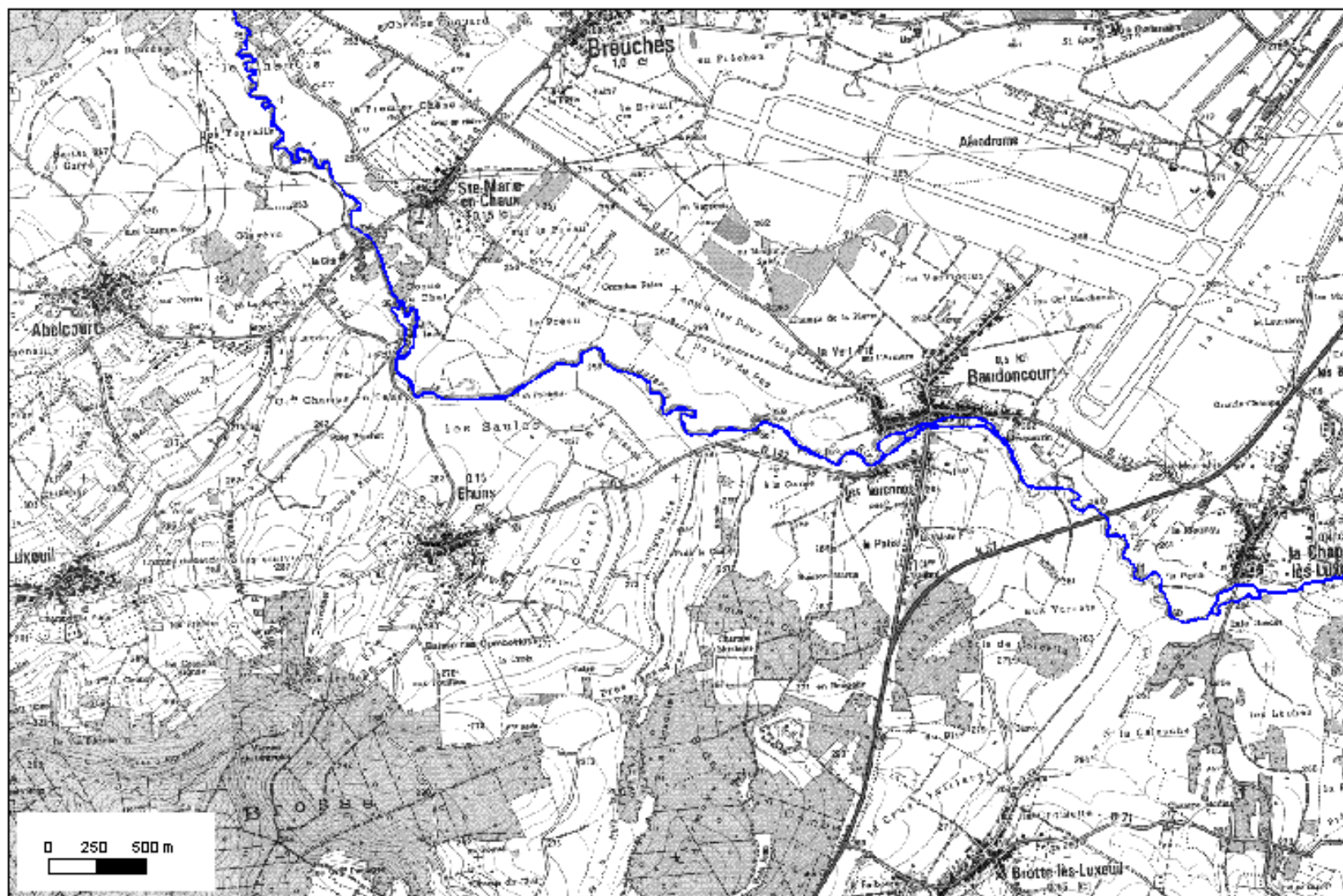


Figure 52 : Scan25 IGN de 1986

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE



Figure 53 : Orthophotoplans IGN de 2003

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

La superposition des tracés historiques a permis de définir l'emprise spatiale historique. Elle couvre la superficie des terrains au sein desquels le cours d'eau a divagué au fil des années depuis 1833. Le tracé le plus ancien (Cassini) n'a pas été pris en compte pour le tracé de cette enveloppe compte tenu des incertitudes du tracé de l'époque et du peu de points de repère fiables nécessaires au calage.

La figure ci-dessous illustre le principe de définition de l'emprise spatiale historique.

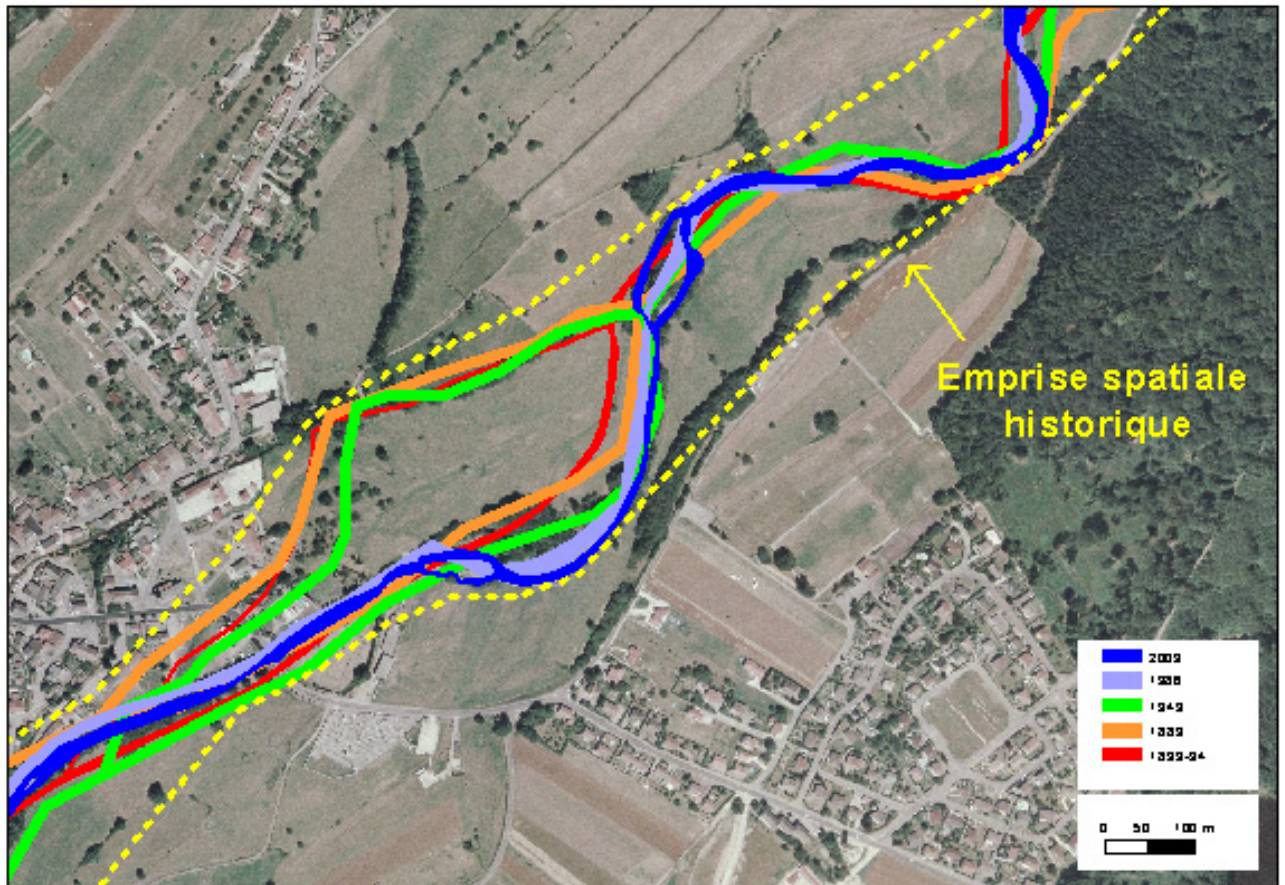


Figure 54 : Principe de définition de l'emprise spatiale historique

5.4.4 Prise en compte des contraintes en lit majeur : étape 3

Plusieurs constructions ou équipements présents en lit majeur constituent des contraintes à la libre mobilité du lit mineur au sein de l'espace de mobilité fonctionnel.

Il s'agit en particulier :

- des zones de bâtis : habitat dense, diffus, habitation/ferme/entrepôt isolé, zones industrielles, zones artisanales ;
- des infrastructures de communication : axes majeurs de circulation (autoroutes, routes nationales, départementales et communales ; voies de chemin de fer ; canaux) ;
- des ouvrages d'art : ouvrages de franchissement (ponts), ouvrages hydrauliques (barrages, seuils), ouvrages de protection de berge ;

- des sites d'extraction de granulats (gravières, carrières) ;
- des installations ponctuelles en lit majeur (station d'épuration, pompage d'alimentation en eau potable, puits) ;
- des zones agricoles.

Tableau 17 : Incidences des principaux enjeux en lit majeur sur l'espace de mobilité

Type d'enjeu	Conséquences sur l'espace de mobilité
Zones urbanisées	Forte restriction de l'espace de mobilité.
Zones industrielles	
Axes de communication majeures (RN, RD, autoroutes, voies SNCF, canaux)	
Ouvrages d'art majeurs (ponts)	
Gravières de grande dimension	
Habitation isolée	Restriction au cas par cas de l'espace de mobilité.
Captage d'eau potable	
Zones naturelles (prairies, cultures, zones boisées)	Aucune restriction de l'espace de mobilité.
Gravières de faible dimension	
Annexes hydrauliques	Aucune restriction de l'espace de mobilité, voire élargissement localement.

5.4.5 Restitution cartographique

Le fuseau de mobilité ainsi défini est présenté dans un atlas cartographique à l'échelle 1/10 000. Les cours d'eau se répartissent au sein de 21 planches au format A3. Ils se répartissent comme suit :

- Lanterne : planches 1 à 10
- Breuchin : planches 11 à 16 + planche 4
- Combeauté : planches 17 à 20 + planches 24 et 25
- Augronne : planches 21 à 23
- Semouse : planches 21 à 26

Sur ces cartographies sont indiqués l'ensemble des éléments majeurs intervenant directement dans la détermination du fuseau de mobilité et susceptibles de la réduire localement : zones urbaines proches de la rivière, axes de communication, ouvrages d'art, protections de berges, captages d'eau potable, stations d'épuration...

6

Approche géomorphologique par le transport solide

6.1 Objectif de l'approche par le transport solide

L'analyse des processus de transport solide de la Lanterne et de ses affluents a pour finalité de :

- Quantifier les processus de transport solide ;
- Préciser sa nature ;
- Définir le stock disponible.

6.2 Concepts généraux

6.2.1 Equilibre sédimentaire

Les cours d'eau constituent des systèmes naturels à la recherche permanente d'un équilibre sédimentaire.

Sur un cours d'eau non perturbé, un équilibre moyen s'instaure entre divers variables :

- le débit liquide ;
- le débit solide ;
- la taille des matériaux ;
- la pente du lit mineur.

La dynamique du transport est fonction de la puissance du cours d'eau, dont la pente est le principal paramètre d'ajustement, et du diamètre des matériaux disponibles au transport (Figure 55). Plus concrètement, la capacité de transport augmente lorsque le

débit liquide et la pente du lit croissent et quand la taille moyenne des matériaux diminue.

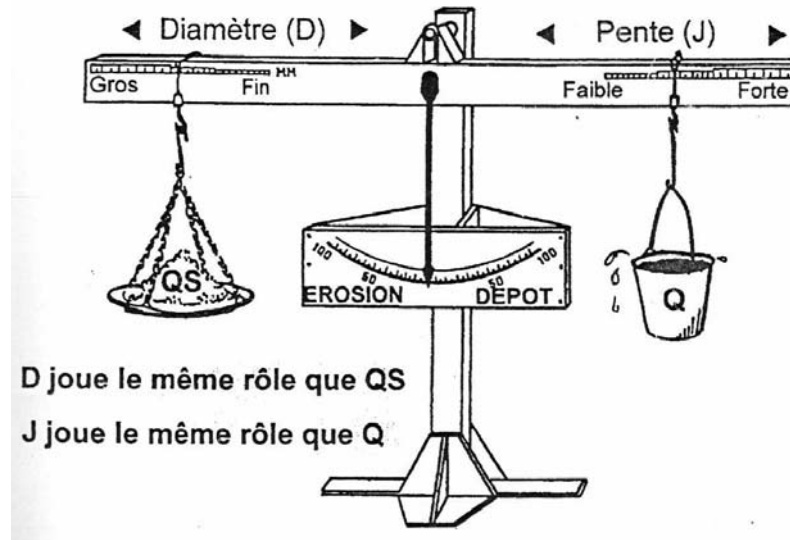


Figure 55 : Illustration de l'équilibre sédimentaire d'un cours d'eau

Les autres caractéristiques géométriques du lit mineur peuvent également intervenir mais dans des proportions moindres.

6.2.2 Charriage, suspension et origine des matériaux

Deux phénomènes parallèles surviennent dans le transport solide : le charriage et la suspension.

- Le charriage correspond au transport de la charge alluviale de fond, constituée des éléments les plus grossiers. Le transport se matérialise par un roulage des matériaux sur le fond du lit. Les matériaux proviennent de deux grandes origines :
 - **Origine externe :**
 - la production primaire provient du bassin versant. Elle résulte d'apports directs (moraines, glissements de terrains, érosions des versants).
 - la production secondaire est fournie par les affluents et comprend des apports internes et externes.
 - **Origine interne :**
 - les stocks en lit mineur correspondent aux matériaux fournis directement par les cours d'eau (masses sédimentaires en transit, fond du lit) ;
 - les stocks en lit majeur correspondent à la plus grosse part des apports en matériaux. Ils sont formés des terrasses alluviales des fonds de vallées à l'intérieur desquelles les cours d'eau puissent les

matériaux par érosion latérale progressive et divagation transversale.

- la suspension correspond au transport, entre deux eaux (donc sans véritable contact avec le lit mineur), d'une charge alluviale constituée de matériaux fins (argiles, limons, voire sables fins).

6.3 Origine des matériaux sur le bassin de la Lanterne

6.3.1 Apports externes

6.3.1.1 Production primaire

Sur notre zone d'étude, les matériaux externes proviendraient potentiellement des têtes de bassin (massif cristallin des Vosges) et alimenterait les lits mineurs (glissements de terrain, érosion des versants). Dans les faits, la végétalisation importante des versants réduit de manière importante ces apports, qui sont aujourd'hui minimales.

6.3.1.2 Production secondaire (apports des affluents)

La plupart des affluents de la Lanterne sont productifs, c'est-à-dire qu'ils fournissent des matériaux à cette dernière :

- Le Breuchin est également un affluent direct de la Lanterne particulièrement productif, comme en témoignent les nombreuses érosions de berges et les dépôts en lit mineur observés lors des visites de terrain.
- La Semouse semble également constituer un affluent productif, d'une part grâce à son affluent l'Augronne, très productif comme en témoigne le cône d'alluvion observable à sa confluence avec la Semouse et d'autre part par sa propre masse alluviale en transit dans son lit mineur.
- La Combeauté constitue également un cours d'eau productif comme en témoignent les importants dépôts en lit mineur observés en lit mineur.

6.3.2 Apports internes

6.3.2.1 Alluvions en transit

Les alluvions en transit correspondent aux matériaux présents dans le lit mineur des cours d'eau étudiés. Ils s'agit des matériaux immergés et des bancs de sables (atterrissements) généralement non végétalisés susceptibles d'être mobilisés lors des crues. Une première approche a permis de cartographier les dépôts sur la base des ortho-photographies de 2003. Cette approche, bien que très sommaire, permet d'estimer les surfaces mobilisables, principalement dans les parties aval de cours d'eau où les dépôts sont les plus fréquents et de les comparer entre les différents

cours d'eau. Pour l'amont, les observations sur photographies aériennes sont délicates.

Les résultats sont fournis dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Estimation des surfaces de matériaux mobilisables par cours d'eau

Cours d'eau	Surface (m ²)	% atterrissement / lit mineur
Lanterne	60870	7,2
Breuchin	19780	6,0
Semouse	14140	6,0
Augronne	1520	8,7
Combeauté	3810	6,2

En rapportant la surface des formations sédimentaires **apparentes** à la superficie estimée du lit mineur, on s'aperçoit que les proportions sont globalement similaires entre les différents cours d'eau (entre 6 et 8,7 % du lit mineur).

Ces chiffres illustrent donc le caractère productif des différents cours d'eau étudiés, sans exception.

6.3.2.2 Apports des berges

Les berges des différents cours d'eau fournissent des quantités importantes de matériaux dans les secteurs naturels érodés. Certains d'entre eux, comme l'Augronne, fournissent moins de matériaux au niveau des berges car elles sont régulièrement enrochées.

6.3.2.3 Bilan des apports internes

Comme les observations sur orthophotographies le montrent, et comme nos observations de terrain l'ont confirmé, les différents cours d'eau sont tous productifs et comprennent d'importantes masses alluviales en transit au sein de leur lit mineur.

Les caractéristiques des matériaux disponibles au transport solide ont été appréhendées grâce à la réalisation d'analyses granulométriques (chapitre 6.4).

6.4 Caractéristiques granulométriques des alluvions

L'analyse granulométrique des alluvions doit permettre de connaître, en certain nombre de sections du lit mineur, la répartition de la taille des matériaux alluvionnaires, dans le but de :

- caractériser les alluvions en transit dans les cours d'eau ;
- déterminer par le calcul le transport solide des cours d'eau, sur la base des formules classiquement utilisées dans ce domaine.

6.4.1 Sites d'échantillonnage

Plusieurs sites ont été retenus pour la réalisation d'analyses granulométriques. Ces sites sont répartis sur différents cours d'eau, comme suit (**quinze stations**) :

- Lanterne : six stations ;
- Breuchin : cinq stations ;
- Semouse : trois stations ;
- Combeauté : une station.

Sur certaines stations, deux points d'échantillonnage ont été effectués sur les formations alluviales de très grande dimension.

La localisation des stations de prélèvement est présentée en annexes.

6.4.2 Protocole d'échantillonnage

Les dépôts alluviaux échantillonnés ont fait l'objet de mesures précises selon un protocole bien déterminé, dans le cadre de la technique de l'analyse granulométrique dimensionnelle.



Figure 56 : Principe d'analyse de la sous-couche

Les relevés ont été effectués par la mise en place d'un décimètre sur la zone à échantillonner. Les éléments sont prélevés à la verticale du décimètre, **tous les 10 centimètres**, et sont mesurés selon leur plus grand axe. Sur chaque station, une centaine de galets a ainsi été prélevée et leur plus grande largeur a été mesurée.

Les diamètres relevés doivent être interprétés selon la classification de Wentworth (1922), modifié dans MALAVOI et SOUCHON (1989). Cette échelle comprend 12 classes granulométriques, allant des argiles aux rochers (voir Tableau 19).

Tableau 19 : Echelle granulométrique de Wentworth (1922) modifiée dans Malavoi et Souchon (1989)

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (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

Rem. Les incertitudes liées aux techniques mises en œuvre lors des prélèvements, de même que la forte variabilité granulométrique amont - aval, nous incitent à relativiser les résultats obtenus et leur interprétation. Il faut considérer ces résultats comme une gamme de granulométrie des matériaux transportés par le cours d'eau et non comme une granulométrie de référence.

6.4.3 Restitution et interprétation

6.4.3.1 Courbes granulométriques

Les analyses sont restituées sous la forme de courbes granulométriques. Ces courbes classent les diamètres mesurés par ordre croissant et les reportent sur un graphique comprenant :

- en abscisse la taille des matériaux en millimètres ;
- en ordonnée la fréquence de non dépassement.

Les courbes granulométriques sont présentées en annexes.

Les analyses granulométriques permettent par ailleurs de calculer pour chaque station les diamètres caractéristiques d_{10} , d_{30} , d_{50} et d_{90} .

Ces diamètres doivent être interprétés de la manière suivante :

- **d_{10}** : diamètre en dessous duquel se situent 10 % des échantillons ;
- **d_{30}** : diamètre en dessous duquel se situent 30 % des échantillons ;
- **d_{50}** : diamètre moyen : diamètre en dessous duquel se situent 50 % des échantillons ; il s'agit de la moyenne des diamètres de l'échantillon ;
- **d_{90}** : diamètre en dessous duquel se situent 90 % des échantillons.

Le Tableau 20 dresse le bilan des diamètres caractéristiques des matériaux aux différentes stations échantillonnées.

Tableau 20 : Diamètres caractéristiques des matériaux aux stations échantillonnées

Station	Cours d'eau	Mesure	Diamètres caractéristiques (mm)			
			d10	d30	d50	d90
N°1	Lanterne	Unique	18	26	37	55
N°2	Lanterne	Unique	17	23	29	51
N°3	Lanterne	Unique	22	30	34	48
N°4	Lanterne	Amont	19	26	31	48
		Aval	15	20	26	41
N°5	Lanterne	Unique	12	19	25	42
N°6	Lanterne	Unique	22	29	33	45
N°7	Semouse	Amont	29	36	42	63
		Aval	30	43	51	86
N°8	Semouse	Unique	34	42	49	77
N°9	Semouse	Unique	9	22	27	42
N°10	Combeauté	Unique	35	46	54	72
N°11	Breuchin	Amont	13	35	55	115
		Aval	10	26	53	97
N°12	Breuchin	Amont	12	34	43	79
		Aval	4	14	27	71
N°13	Breuchin	Amont	2	3	9	35
		Aval	1	1	3	39
N°14	Breuchin	Unique	1	18	30	77
N°15	Breuchin	Amont	19	27	33	51
		Aval	19	27	36	51

6.4.3.2 Interprétation des courbes granulométriques

Les différentes courbes granulométriques nous permettent d'appréhender différentes caractéristiques du transport solide des différents cours d'eau et plus particulièrement :

- la taille des matériaux charriés par la rivière et son évolution linéaire amont - aval ;
- les diamètres caractéristiques des masses alluviales en transit en lit mineur.

Les données récoltées et traitées illustrent des comportements différents selon les cours d'eau. Généralement, les caractéristiques granulométriques des cours d'eau sont relativement bien homogènes d'amont en aval, sur la Lanterne et la Semouse en particulier.

En revanche, sur le Breuchin, les caractéristiques granulométriques sont très hétérogènes et reflètent la forte dynamique naturelle de ce cours d'eau et sa forte variabilité longitudinale.

- **La Lanterne**

Les figures suivantes illustrent la variation amont - aval des caractéristiques granulométriques de la rivière.

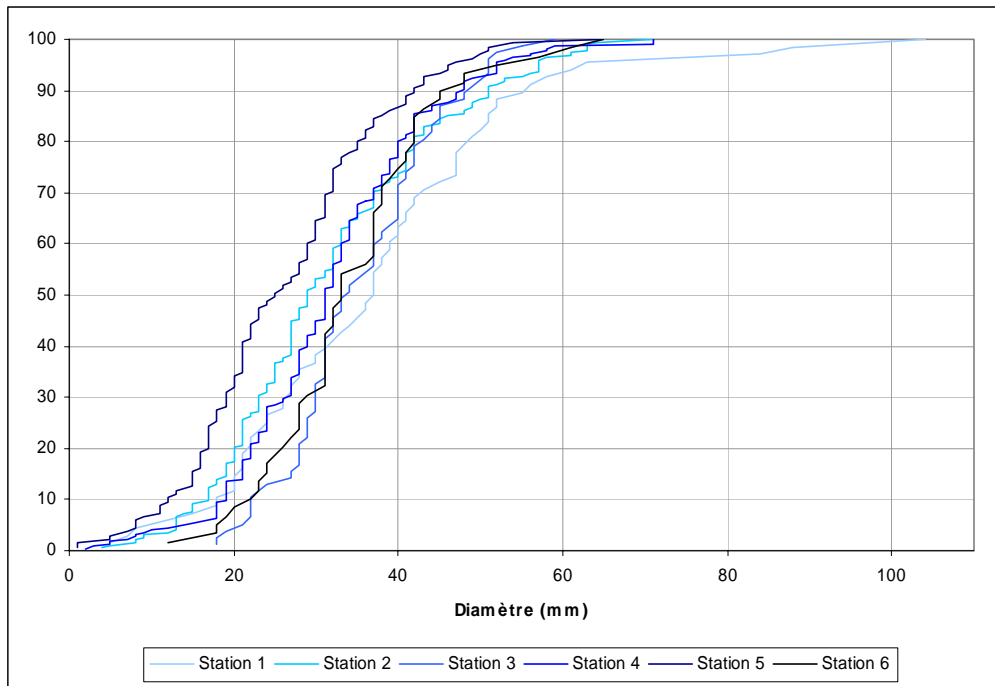


Figure 57 : Comparaison des courbes granulométriques des alluvions de la Lanterne

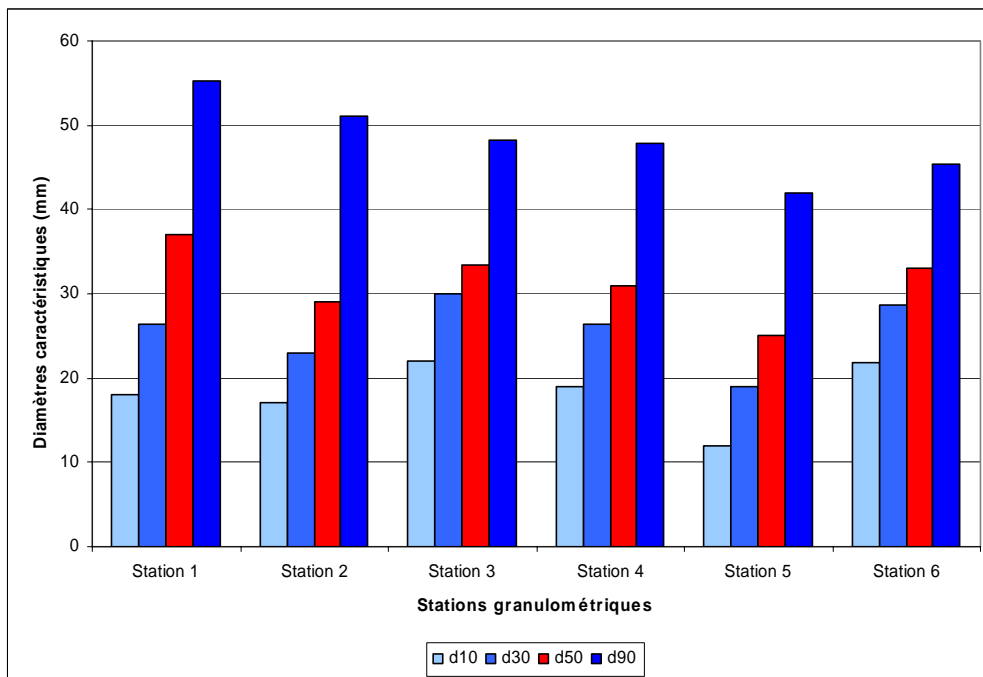


Figure 58 : Diamètres caractéristiques des alluvions de la Lanterne

Comme les graphiques l'illustrent très bien, les matériaux transportés et déposés par la Lanterne présentent de grandes similitudes d'amont en aval. Le diamètre moyen (d50) est relativement constant. Le d90 tend à légèrement diminuer d'amont en aval tandis que le d10 tend à augmenter dans les mêmes proportions.

Ce constat témoigne d'une logique d'évolution entre l'amont et l'aval de la Lanterne, qui se traduit par une diminution **légère** de la taille des éléments charriés par le cours d'eau. Ce phénomène est caractéristique de l'évolution longitudinale du transport solide d'un cours d'eau et s'explique en grande partie par l'atténuation de la pente du lit, que l'augmentation de débit ne permet pas de compenser. Cette faible évolution s'explique également du fait de la concentration assez importante des stations d'échantillonnage qui ne s'étendent que sur une quinzaine de kilomètres.

- **La Semouse**

L'évolution longitudinale des caractéristiques granulométriques des alluvions de la rivière est illustrée par les figures suivantes.

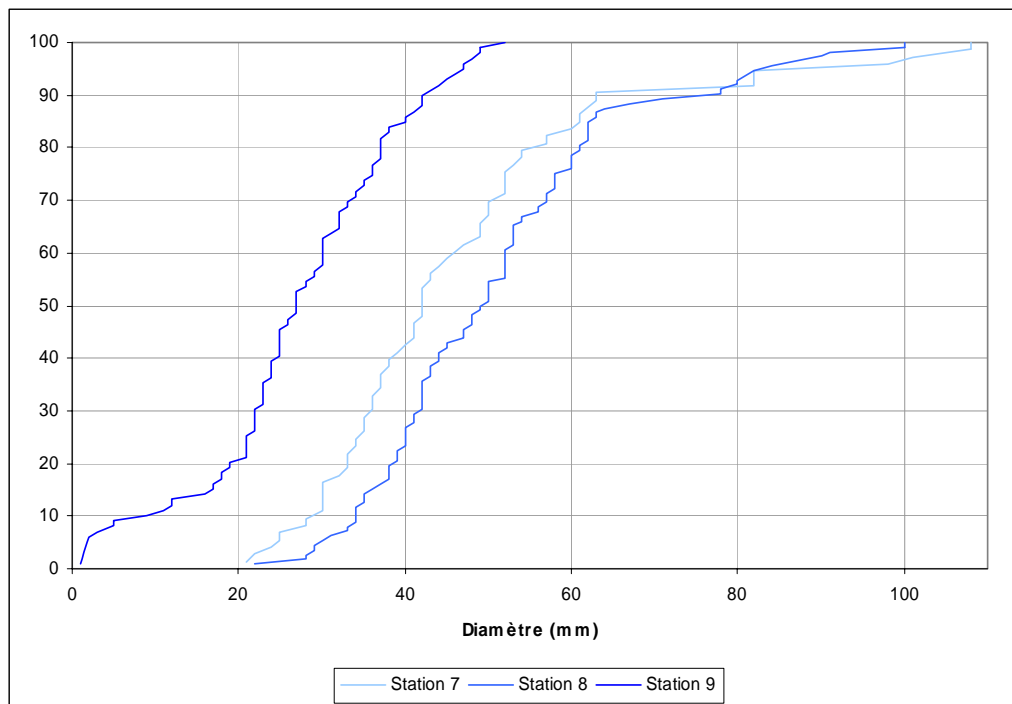


Figure 59 : Comparaison des courbes granulométriques des alluvions de la Semouse

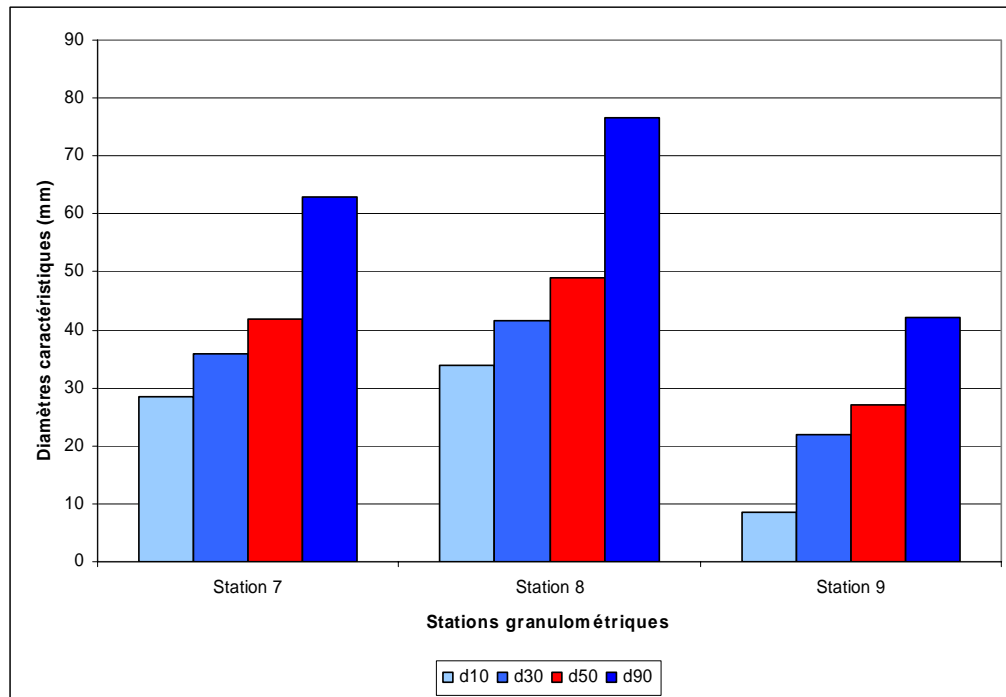


Figure 60 : Diamètres caractéristiques des alluvions de la Semouse

De la même manière, l'évolution géomorphologique de la Semouse est assez homogène d'amont en aval. Ce constat doit demeurer mesuré car seuls deux points de prélèvement ont été effectués.

On observe un phénomène intéressant au niveau de la station 9 (aval du seuil au lieu-dit Varigney à Conflans-sur-Lanterne) qui est caractérisé par la présence d'alluvions plus petites que sur les autres stations amont. Ce phénomène illustre parfaitement le rôle de piège à matériaux que constituent les ouvrages hydrauliques tels que les seuils en travers ponctuant régulièrement le cours d'eau. Dans ce cas de figure précis, la rivière charrie des matériaux pouvant atteindre 100 mm sur les stations amont tandis qu'ils ne dépassent que rarement 50 mm en aval du seuil.

- **Le Breuchin**

L'évolution des caractéristiques granulométriques des matériaux en transit dans le Breuchin est présentée dans les figures suivantes.

A la différence de la Lanterne et de la Semouse, l'évolution granulométrique des matériaux charriés par le Breuchin est très importante et reflète la forte dynamique naturelle de la rivière et sa variabilité longitudinale en terme de pente et de largeur du lit mineur. Les stations caractérisées par le diamètre moyen (d50) le plus élevé (stations 11 et 12) se situent dans le secteur où la pente du lit mineur est la plus forte (région de Froideconche). Ce parallèle illustre bien la relation étroite qu'il existe entre pente du lit mineur et granulométrie des matériaux charriés par le cours d'eau.

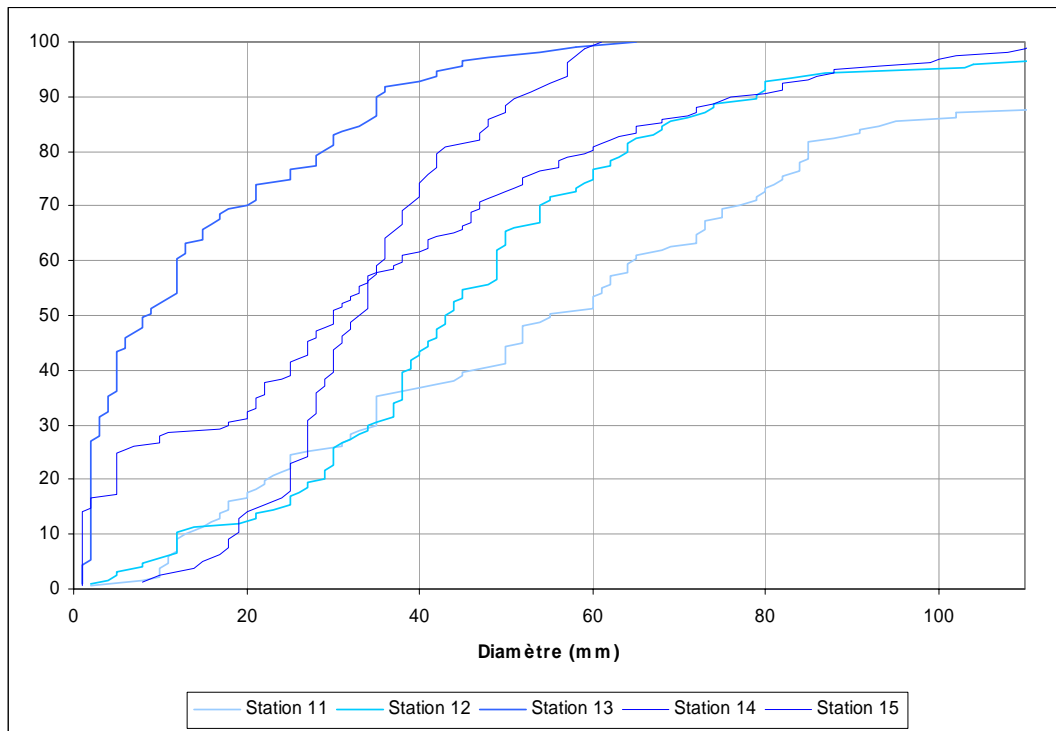


Figure 61 : Comparaison des courbes granulométriques des alluvions du Breuchin

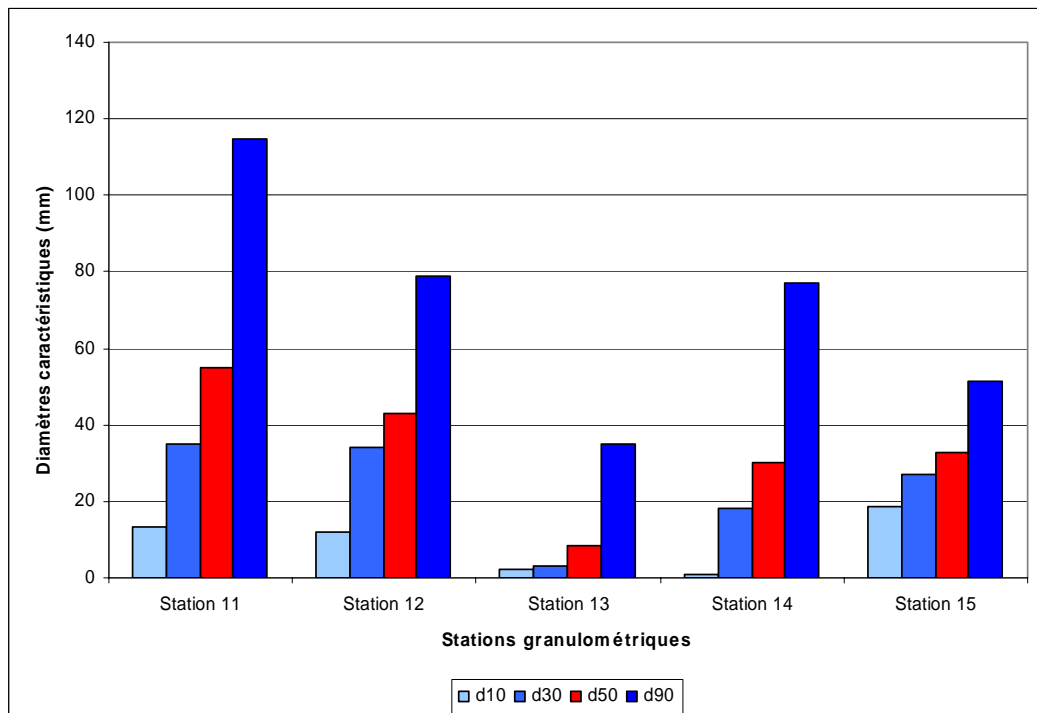


Figure 62 : Diamètres caractéristiques des alluvions du Breuchin

6.5 Quantification et caractérisation du transport solide

L'objectif des calculs de transport solide est de déterminer, dans la situation actuelle, les flux de matériaux charriés sur le fond des cours d'eau en différents points du réseau hydrographique. Les calculs portent sur 7 stations choisies parmi les points de prélèvements et qui semblent représentatives des différents tronçons.

Les mesures granulométriques permettent de calculer la capacité de transport des différents cours d'eau, sur la base du diamètre caractéristique moyen (d_{50}) des matériaux.

6.5.1 Hydrologie de référence

Les bassins versants de l'Augronne, du Breuchin, de la Semouse et de la Lanterne disposent chacun d'une station hydrométrique. Le tableau ci-dessous récapitule les débits de référence aux différentes stations de la zone d'étude. Il s'agit des débits de pointe instantanée (Q_{ix}).

Tableau 21 : Débits instantanés aux stations hydrométriques (source Banque HYDRO)

cours d'eau	code de la station	surface du BV	Débits instantanés en m ³ /s			
			Q2	Q5	Q10	Q50
Semouse	U0444310	222	65	81	91	110
Lanterne	U0474010	1 020	130	180	220	290
Breuchin	U0415010	123	57	82	98	130
Augronne	U0445010	30	16	18	20	-

Le débit cinquantennal de l'Augronne n'a pas été calculé car la chronique de mesures disponibles n'est pas suffisamment longue pour extrapoler les débits au delà du débit décennal.

A partir de ces débits caractéristiques, nous avons calculé à chaque station de prélèvement les débits de références. Pour transposer les débits nous avons utilisé la méthode du CEMAGREF. Cette méthode consiste à calculer le débit en un point du bassin versant par un prorata des surfaces affecté par un coefficient :

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

Le coefficient α est souvent pris égal à 0,8 lorsqu'il n'est pas possible de le déterminer.

Pour les stations granulométriques de la Lanterne amont, les débits sont déterminés à partir de la station de la Semouse. En effet, les régimes hydrologiques de la Lanterne amont sont plus proches de ceux de la Semouse (bassin versant assez pentu). La station située sur la Lanterne aval est elle plus représentative d'un cours d'eau de plaine, elle a été utilisée pour la station granulométrique la plus en aval.

Pour les stations granulométriques de la Semouse, les débits ont été déterminés à partir de la station hydrométrique du cours d'eau. Nous avons procédé de la même manière

pour l'Augronne, cependant le débit cinquantennal de l'Augronne a été calculé à partir de la station de la Semouse. Le tableau ci-dessous présente les débits de référence pour chacune des stations granulométriques.

Tableau 22 : Débits instantanés aux stations granulométriques

Cours d'eau	N° station granulométrique	Surface du BV (km ²)	Débits instantanés en m ³ /s			
			Q2	Q5	Q10	Q50
Lanterne	1	379	100	124	139	169
	4	449	114	142	160	193
	6	982	126	175	213	281
Breuchin	11	171	74	106	127	169
	13	186	79	114	136	181
	14	214	89	128	153	203
Augronne	7	73	30	37	42	50
Semouse	8	188	57	71	80	96

6.6 Débits de début d'entraînement

Une première variable, indiquant à partir de quel débit la rivière est en mesure de charrier des matériaux en un point donné, peut être calculée : il s'agit du **débit de début d'entraînement** (noté Q_0).

Pour déterminer le débit de début d'entraînement d'un cours d'eau, il convient d'utiliser l'une des méthodes de calcul du transport solide par charriage disponibles pour notre typologie de cours d'eau. Nous avons retenu pour cela la formule de Meyer-Peter.

Selon cette dernière, le débit de début d'entraînement est donné par l'équation suivante :

$$Q_0 = 0.42 B i^{1.17} d_{50}^{1.5}$$

avec Q_0 = débit de début d'entraînement (m³/s)

B = largeur du lit mineur (m)

i = pente du lit

Le Tableau 23 présente les débits de début d'entraînement ainsi calculés.

Tableau 23 : Détermination du débit de début d'entraînement

Cours d'eau	station	D50 (mm)	Largeur du cours d'eau (m)	Pente	Qo Meyer Petter (m3/s)	Temps de retour du Qo	Fréquence (j/an)
Lanterne	1	37	9	0,20%	37	< Q2	7
	4	31	8	0,24%	21	< Q2	25
	6	33	30	0,09%	267	Q20	
Breuchin	11	55	7	0,48%	19	< Q2	18
	13	40	8	0,65%	9	< Q2	1
	14	30	10	0,09%	77	< Q2	73
Augronne	7	42	9	1,05%	7	< Q2	25
Semouse	8	49	14	0,43%	36	< Q2	5

Les débits de début d'entraînement sont très variables d'une station à l'autre et correspondent, selon les cours d'eau, à des débits de temps de retour variant de la crue inférieure à la crue biennale à la crue vicennale.

Les débits nécessaires au déplacement des matériaux sont donc globalement observés dès la crue biennale, ce qui signifie une mise en mouvement des matériaux pour des crues courantes sur la quasi totalité des stations analysées.

Un seul cas de figure, marqué par un débit de début d'entraînement correspondant à une crue de période de retour 20 ans, se détache de cette analyse. Il s'agit de la lanterne à Mersuay (station 6) : l'importance du débit de début d'entraînement s'explique par la présence d'un ouvrage hydraulique qui agit sur le transport solide en le bloquant. Un débit plus élevé est donc nécessaire au transport des matériaux.

6.7 Calcul du débit solide et des volumes d'apports en moyenne annuel

Sur la base du débit d'entraînement, il est alors possible d'estimer le débit solide en volume apparent (noté Q_s), qui représente le volume de matériaux potentiellement charrié par seconde par un cours d'eau pour un débit donné. Pour que le débit solide existe, il faut que le débit liquide (Q) soit supérieur au débit de début d'entraînement (Q_0). Le débit solide se détermine alors par la formule de Meyer-Peter :

$$\frac{Q_s}{Q} = 0.91i^{7/6} \left[1 - \left(\frac{Q_0}{Q} \right)^{3/8} \right]$$

Avec Q_s : débit solide en m^3/s

i : pente de la rivière

Q_0 : débit de début d'entraînement en m^3/s

Pour déterminer les volumes d'apports en moyenne annuel on utilise cette formule sur la courbe des débits classés disponibles dans la Banque HYDRO ainsi que sur les débits biennaux, quinquennaux, décennaux, cinquantennaux déterminés au paragraphe 6.5.1.

Le Tableau 24 présente les débits classés calculés par la formule du CEMAGREF aux différentes stations granulométriques.

Tableau 24 : Débits classés aux stations granulométriques

Fréquence (j/an)	Fréquence de non dépassement	Débits (m ³ /s)							
		Lanterne			Breuchin			Augronne	Semouse
		Station N°1	Station N°4	Station N°6	Station N°11	Station N°13	Station N°14	Station N°7	Station N°8
0,02	0,9999	168,6	193,3	281,3	168,8	181,0	202,5	50,3	96,2
0,10	0,9997	139,5	159,9	213,4	127,3	136,4	152,7	41,6	79,6
0,20	0,9995	124,2	142,3	174,6	106,5	114,2	127,8	37,0	70,9
0,50	0,9986	99,6	114,2	126,1	74,0	79,4	88,8	29,7	56,9
3,65	0,99	52,7	43,1	100,9	31,8	34,1	38,2	15,7	39,3
7,30	0,98	41,7	33,2	82,4	24,5	26,3	29,4	12,4	31,1
18,25	0,95	29,1	23,4	67,1	17,3	18,5	20,7	8,7	21,7
36,50	0,9	21,2	17,1	53,2	12,6	13,5	15,1	6,3	15,8
73,00	0,8	13,6	11,4	34,1	8,4	9,0	10,1	4,1	10,2
109,50	0,7	9,2	8,5	23,6	6,3	6,7	7,5	2,7	6,8
146,00	0,6	6,5	6,4	17,7	4,7	5,1	5,7	1,9	4,8
182,50	0,5	5,0	5,0	13,4	3,7	4,0	4,4	1,5	3,7
219,00	0,4	3,9	3,9	10,1	2,9	3,1	3,5	1,2	2,9
255,50	0,3	3,0	3,0	7,5	2,2	2,3	2,6	0,9	2,2
292,00	0,2	2,2	2,1	5,3	1,6	1,7	1,9	0,6	1,6
328,50	0,1	1,5	1,4	3,5	1,0	1,1	1,2	0,5	1,1
346,75	0,05	1,3	1,1	2,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,9
357,70	0,02	1,0	0,7	2,0	0,5	0,6	0,7	0,3	0,8
361,35	0,01	0,9	0,6	1,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,7

On applique ensuite à chacun de ces débits la formule de Meyer-Peter pour déterminer le débit solide du cours d'eau et on le multiplie ensuite par la durée pendant laquelle ce débit est observée pour obtenir un volume. En additionnant l'ensemble des volumes ainsi calculé, on obtient le volume annuel potentiellement charrié par le cours d'eau.

Les résultats obtenus sont présentés au Tableau 25.

Tableau 25 : Volumes annuels charriés aux différentes stations granulométriques

Fréquence (j/an)	Fréquence de non dépassement	Volume (m3)							
		Lanterne			Breuchin			Augronne	Semouse
		Station N°1	Station N°4	Station N°6	Station N°11	Station N°13	Station N°14	Station N°7	Station N°8
0,02	0,9999	171	256	41	500	784	474	369	220
0,1	0,9997	554	839	-	1485	2 349	1314	1205	691
0,2	0,9995	606	927	-	1533	2 444	1265	1329	738
0,5	0,9986	1398	2196	-	3079	5 024	1745	3135	1587
3,65	0,99	5827	7332	-	11043	21 146	-	15629	6424
7,3	0,98	3607	5817	-	7945	18 122	-	13239	-
18,25	0,95	-	7910	-	-	34 873	-	21712	-
36,5	0,9	-	-	-	-	36 110	-	-	-
73	0,8	-	-	-	-	9 078	-	-	-
109,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
146	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
182,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
219	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
255,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
292	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
328,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
346,75	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
357,7	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
361,35	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Volume totaux (m3)		12 163	25 276	41	25 586	129 930	4 798	56 617	9 658

Les courbes de débits classés que nous avons utilisées sont basées sur des débits moyens journaliers et en sont donc qu'une approximation des débits réels observés variables au cours de la journée. L'erreur ainsi commise est cependant négligeable devant les autres sources d'incertitude.

Ce tableau permet d'appréhender, en divers points des cours d'eau, quels sont les volumes qui peuvent potentiellement transiter dans le lit mineur au cours d'une année. Par exemple, pour la station n°1 sur la Lanterne (Ormoiche), la valeur obtenue signifie que la rivière est susceptible de transporter, via la station et sur une année complète, un volume de 12 163 m³.

Les valeurs ainsi obtenues sont très variables :

- **Sur la Lanterne**

- les quelques dizaines de mètres cubes sur la Lanterne à Mersuay s'expliquent par la présence de l'ouvrage qui bloque le transport solide,
- le volume de la station 1 (Ormoiche) est moindre que sur la station 4 car il a été estimé pour un bras secondaire de la rivière,
- le volume à la station 4 est élevé et correspond à un secteur de fort transport solide en amont de Conflans-sur-Lanterne, matérialisé par de très nombreux dépôts sédimentaires.

- **Sur le Breuchin**

- sur les stations 11 et 13 (Froideconche et Saint-Sauveur), le transport solide est très élevé et témoigne de l'importance des phénomènes morphodynamiques dans ces deux secteurs,

- sur la station 14 (Ormoiche), le volume potentiellement charrié est réduit par rapport aux stations amont, compte tenu de l'influence de la confluence avec la Lanterne située quelques kilomètres en aval.
- **Sur l'Augronne**
 - Les volumes charriés sont importants à Aillevillers-et-Lyaumont (station 7) et correspondent à la présence d'importants dépôts dans le lit de la rivière.
- **Sur la Semouse**
 - Sur la station 8 (Magnoncourt), le transport solide demeure moindre et témoigne d'une activité morphodynamique moins importante que sur les autres cours d'eau étudiés.

Tous les chiffres présentés au Tableau 25 mettent en avant la forte production en matériaux des différents cours d'eau, en particulier du Breuchin, de l'Augronne mais également de la Lanterne. Ce constat corrobore les observations et les problèmes recensés sur le terrain en matière de formation d'atterrissements.

Ces chiffres doivent être pris avec précaution car ils ne sont qu'illustratifs et ne permettent de déterminer que des volumes potentiels de matériaux.

Les imprécisions relatives aux formules employées, mais également aux mesures granulométriques effectuées sur le terrain ne permettent pas une approche quantitative plus précise.

7

Sectorisation géomorphologique

Sur la base des caractéristiques géomorphologiques évoquées dans les paragraphes précédents et de l'analyse de l'évolution des tracés historiques des cours d'eau, il est possible de découper le réseau hydrographique en tronçons relativement homogènes de par leur fonctionnement et leurs grands traits. Les observations de terrain permettent de conforter et d'affiner ce premier découpage théorique.

L'intérêt de la sectorisation réside dans la définition d'unités spatiales permettant :

- l'étude : détermination des grandes caractéristiques géomorphologiques, des phénomènes en présence, quantification du transport solide, etc. ;
- la gestion : détermination de stratégies de gestion.
- Le niveau de sectorisation définit les variables à utiliser pour le découpage. Le découpage en tronçons homogènes de plusieurs kilomètres de longueur s'appuie sur trois variables principales :
 - la pente longitudinale des cours d'eau ;
 - la largeur de la plaine alluviale ;
 - la largeur du lit mineur.

A ces trois variables de base s'ajoutent d'autres variables telles que la structure géologique, les grandes zones de confluences, l'évolution du style fluvial. Ces variables sont en grande partie déjà intégrées dans les trois variables de base retenues pour le découpage. Enfin, le style fluvial intervient également dans ce découpage.

7.1 Sectorisation de la Lanterne

La figure suivante illustre la localisation des différents tronçons homogènes définis sur la Lanterne.

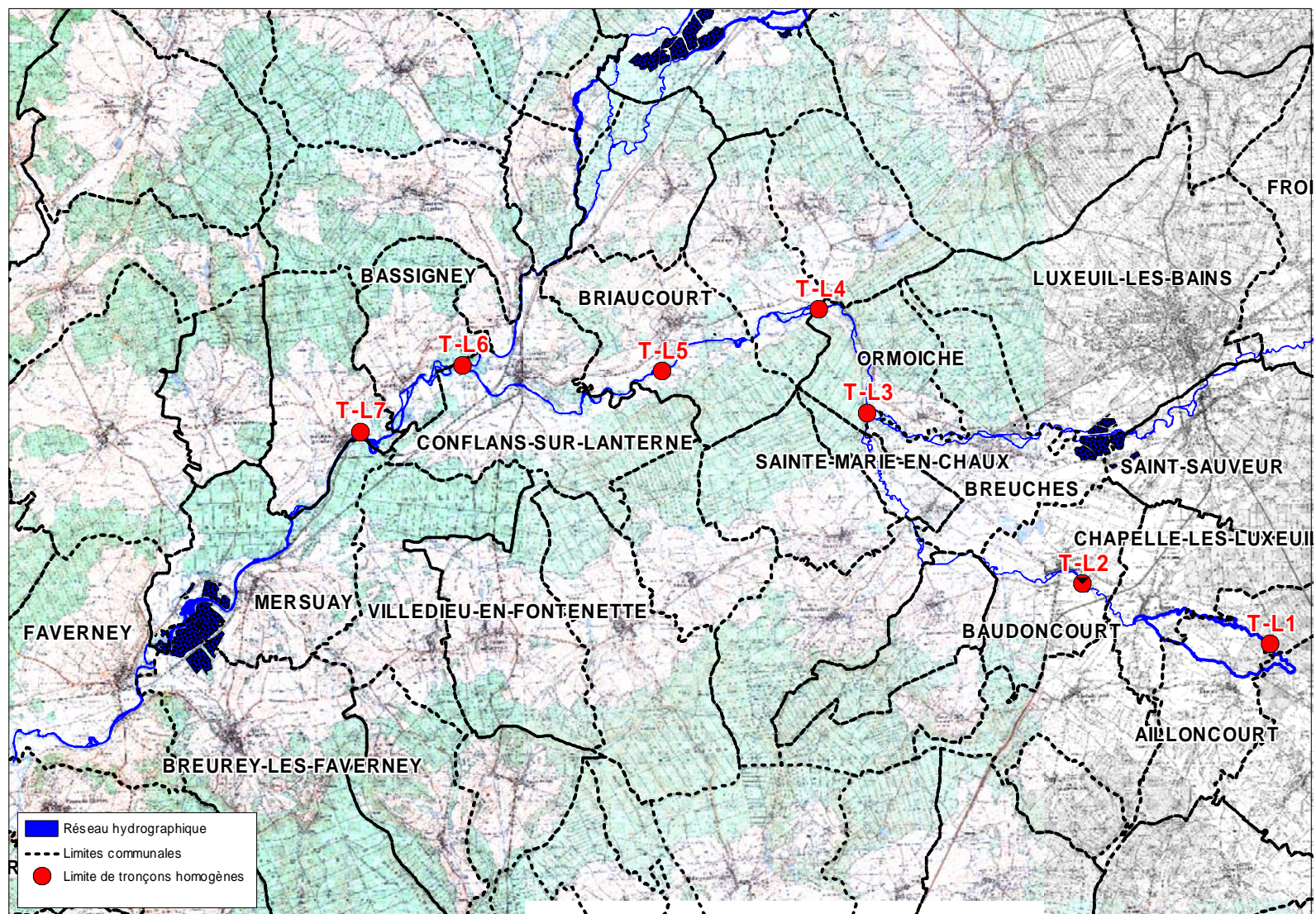


Figure 63 : Sectorisation de la Lanterne

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

La rivière peut être découpée en sept unités, notées T-L1 à T-L7 :

- **Tronçon T-L1** : de la limite amont à la commune de Baudoncourt (km 5,5) : ce tronçon correspond à la dépression marginale péri-vosgienne. La rivière décrit de petites sinuosités de faible amplitude et de courte longueur d'onde. Les pentes sont très variables et font l'objet de nombreuses ruptures rapprochées ;
- **Tronçon T-L2** : de Baudoncourt à Ormoiche / confluence Breuchin (km 13,7) : ce tronçon se situe encore dans la dépression marginale. La rivière décrit de nombreuses sinuosités de faible amplitude et de courte longueur d'onde. La pente demeure élevée mais la largeur de la plaine alluviale se réduit sensiblement à l'approche du horst de Luxeuil ;
- **Tronçon T-L3** : de Ormoiche / confluence Breuchin à la limite amont de Francalmont (km16,7) : ce court tronçon est fortement influencé par le Horst de Luxeuil qui engendre un fort rétrécissement de la vallée lors de sa traversée par la rivière. La Lanterne décrit d'amples sinuosités de forte amplitude et de grande longueur d'onde. Ce tronçon est marqué par une rupture de pente très importante ;
- **Tronçon T-L4** : de la limite amont de Francalmont à l'aval de Briaucourt (km 20,5) : ce tronçon se situe en aval du Horst de Luxeuil, au sein d'une poche alluviale qui s'élargit. La rivière décrit de vastes sinuosités, d'amplitude élevée et de grande longueur d'onde.
- **Tronçon T-L5** : de l'aval de Briaucourt à la confluence de la Semouse : ce tronçon fait l'objet d'un grandes sinuosités malgré un rétrécissement notoire de la plaine alluviale, largement contrainte par les formations liasiques et les grès du horst de Luxeuil ;
- **Tronçon T-L6** : de la confluence de la Semouse à l'amont du bourg de Bourguignon-les-Conflans : la rivière rejoint une vaste plaine alluviale lui permettant de divaguer librement au sein de vastes méandres. Ce tronçon correspond à un secteur très aménagé d'un point de vue hydraulique et faisant l'objet de nombreuses extractions de granulats ;
- **Tronçon T-L7** : de l'amont du bourg de Bourguignon-les-Conflans à l'amont de la commune de Faverney : la rivière fait preuve d'une faible dynamique et a été fortement aménagée de par le passé.

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Aval commune de Citers
Tronçon	T-L1	Limite aval	Amont bourg de Bondoncourt

Données générales

Ce tronçon d'une longueur d'environ 5500 mètres est marqué par une pente de 2,5 ‰. La plaine alluviale est très large et correspond au secteur de l'interfluve Lanterne/Breuchin. Sa largeur moyenne est estimée à 3 640 m.

A contrario, la largeur moyenne du lit mineur est faible compte tenu des débits en présence, la rivière n'ayant pas connu de confluences notables jusqu'alors (de l'ordre de 4 mètres en moyenne). Le lit est peu encaissé (moins de 1 mètre) et les écoulements sont lotiques compte tenu de la pente élevée.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Bonne dynamique naturelle du tronçon mais de faible intensité.
- Faible translation latérale du cours d'eau quelques dizaines de mètres tout au plus (liée aux fortes pentes du lit mineur).
- Caractéristiques morphologiques d'un cours d'eau à son stade moyen à inférieur : présence de méandres et de bras multiples ; lit de la rivière peu encaissé.
- Quelques méandres plus prononcés en aval du tronçon (érosions plus fréquentes) ; amplitude moyenne de l'ordre de 27 mètres ; longueur d'onde de 75 mètres.
- Transport solide peu important ; atterrissements très rares.
- Aval tronçon : plusieurs anciens bras délaissés par la rivière (processus naturels de translation du cours d'eau).

Enjeux et espace de mobilité

- Secteur rural et naturel majoritaire.
- Libre divagation souhaitable du cours d'eau sur la majorité du linéaire (fuseau de mobilité optimal).
- Restriction ponctuelle de l'espace de mobilité : route communale traversant la Lanterne au droit d'Ailloncourt ; route communale longeant la rivière en rive droite ; pont D32 à la Chapelle-les-Luxeuil ; pont N57 à Baudoncourt.
- Intégration des chemins ruraux dans l'espace de mobilité.
- Reconquête de l'espace de mobilité envisageable au niveau de plusieurs protections de berges en secteur rural.



Figure 64 : Lanterne en amont de la Chapelle-les-Luxeuil

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Amont bourg de Bondoncourt
Tronçon	T-L2	Limite aval	Confluence Breuchin (Ormoiche)

Données générales

Ce tronçon se situe toujours au sein de la dépression péri-vosgienne. Il correspond à un secteur de moindre pente (en moyenne 1,6 ‰) situé en amont du Horst de Luxeuil. La largeur de la plaine alluviale est plus de deux fois moins importante que sur le tronçon précédent (de l'ordre de 1400 mètres).

La moindre pente de ce tronçon se traduit par la mise en place de méandres localement importants alternant avec des portions de cours d'eau très linéaires résultant pour certains de travaux anciens de recalibrage. La portion la plus méandrique se situe en amont immédiat du Horst qui a contraint, à l'échelle de temps géologique, les écoulements. La largeur moyenne du lit mineur est de 8 m.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Présence de secteurs naturels n'ayant pas fait l'objet de travaux hydrauliques lourds : translation fréquente de la Lanterne ; fonctionnement morphodynamique préservé.
- Evolution des secteurs jadis linéaires vers un tracé sinueux en plan (méandrage), montrant la recherche d'un profil d'équilibre ; amplitude des méandres : 34 m ; longueur d'onde : 150 m.
- Diminution de la pente du cours d'eau.
- Erosions de berges ponctuelles, de faible intensité et concernent des berges relativement basse montrant l'absence d'incision du lit.
- Transport solide peu marqué. Absence d'atterrissements importants et faible granulométrie des matériaux formant les rives.
- Présence de secteurs recalibrés : disparition du caractère méandrique au profit d'un chenal rectiligne et homogène (commune de Ehuns ou plusieurs méandres ont été scindés).

Enjeux et espace de mobilité

- Secteur à dominante naturelle et rurale ; espace de mobilité large de 150 à 250 mètres où il convient de préserver la libre divagation du cours d'eau.
- Rétrécissement local du fuseau de mobilité : Baudoncourt, Ste-Marie-en-Chanois, infrastructures : D142 à Baudoncourt et à Villers-les-Luxeuil, ouvrages d'art transversaux : ponts de Baudoncourt, Villers-les-Luxeuil, Moulin de la Faille à Ste-Marie -en-Chanois. La protection des berges contre les érosions est nécessaire dans ces secteurs à enjeux élevés.



Figure 65 : Lanterne recalibrée à Ehuns

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Confluence Breuchin (Ormoiche)
Tronçon	T-L3	Limite aval	Amont de Francalmont

Données générales

Ce tronçon est de courte taille et correspondant à la traversée du horst de Luxeuil. La plaine alluviale est peu large (630 m en moyenne) et le lit mineur subit une brusque rupture de pente. La largeur du lit mineur augmente notablement compte tenu des débits apportés par le Breuchin (largeur moyenne de 16 mètres).

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Tracé tantôt méandrique (amont du tronçon, pente faible), tantôt rectiligne (au niveau de la rupture de pente).
- Rivière fortement contrainte par la morphologie de la vallée : coteau en rive droite, formations liasiques et grès du Bundsandstein en rive gauche. Rivière contrainte également par une voie de circulation localement menacée par les érosions en rive droite (enrochements ponctuels).
- Reprise de la dynamique naturelle en aval du Horst : translation comprise entre 80 et 100 m
- Style fluvial formé de plusieurs bras d'écoulement localement.
- Secteurs les plus mobiles accompagnés de dépôts sédimentaires grossiers (galets), traduisant l'existence d'une charge solide.
- En l'absence de dépôts importants sur la Lanterne en amont et des faibles érosions de berges, il semblerait que la charge solide proviennet en grande partie du bassin versant du Breuchin.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité restreint par la morphologie de la vallée (140 à 430 m).
- Espace de mobilité contraint par la présence d'infrastructures : D28 qui emprunte la vallée sur tout son linéaire. Présence d'érosions en bordure de route où il convient de contenir la dynamique.
- Intégration de plusieurs chemins ruraux dans l'enveloppe de mobilité (faibles enjeux) ne justifiant la protection des berges.



Figure 66 : Secteur méandrique en aval du tronçon

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Amont de Francalmont
Tronçon	T-L4	Limite aval	Aval de Briaucourt

Données générales

Ce tronçon est marqué par une largeur de lit majeur qui prend de l'ampleur à la faveur d'une poche alluviale (970 m en moyenne) située au nord du horst de Luxeuil. La pente du lit mineur demeure élevée (supérieure à 2,3 ‰). La largeur du lit mineur demeure constante faute d'affluents notables sur ce tronçon (en moyenne 16 m).

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

D'une part :

- Fortes modifications historiques du tracé en plan de la Lanterne (nette translation latérale de certains méandres). Importante dynamique morphologique, matérialisée par un tracé très méandriforme.
- Evolution du style fluvial (de plusieurs bras à chenaux simples à un bras unique mais composé de plusieurs chenaux d'écoulement isolés par des formations sédimentaires).
- Importants atterrissements en lit mineur (phénomènes de transport solide marqués).

D'autre part :

- D'importants travaux hydrauliques (aménagement de seuils en enrochement) réalisés dans l'objectif d'alimentation en eau d'un bief usinier à Francalmont et de stabilisation du lit pour préserver le cours d'eau des érosions.
- Redressement d'une partie du tronçon : banalisation de l'écoulement, création de bras morts déconnectés du cours principal de la rivière.
- Reprise progressive de la dynamique naturelle dans les secteurs aménagés et en aval immédiat (début de contournement de seuils, érosions intenses de berges naturelles) : ajustement de l'équilibre sédimentaire de la rivière.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité large, compte tenu de la forte mobilité historique de la Lanterne et du caractère majoritairement naturel et rural du lit majeur (jusqu'à 950 m).
- Intégration des annexes hydrauliques au fuseau de divagation.
- Réduction ponctuelle du fuseau : infrastructures de communications longitudinales : D28 en rive droite à Francalmont et Briaucourt, ouvrages d'art transversaux : ponts au lieu-dit « la Gabiotte » et à Briaucourt.

Intégration de chemins ruraux dans l'enveloppe de mobilité compte tenu des faibles enjeux qu'ils représentent (nécessité de restaurer la mobilité au droit des berges enrochées des secteurs naturels).



Figure 67 : Reprise de la dynamique naturelle au droit d'un seuil en enrochement

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Aval de Briaucourt
Tronçon	T-L5	Limite aval	Confluence Lanterne/Semouse

Données générales

Ce tronçon est marqué par une nette diminution de la largeur de la plaine alluviale, expliquée par le positionnement du tronçon coincé entre le horst de Luxeuil au sud et les formations liaso-triasiques au nord (inférieure à 1000 m). La largeur augmente vers l'aval à l'amorce de l'interfluve Semouse/Lanterne (1200 à 3300 m). La pente de la Lanterne s'amenuise légèrement puisqu'elle atteint en moyenne à 1,1 ‰. Le lit mineur s'élargit légèrement pour atteindre une moyenne de 19 m.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Réelle dynamique naturelle à la lecture des tracés anciens : évolution nette du tracé en plan.
- Présence de vastes atterrissements et d'érosions de berges intenses (dépôts problématiques dans la traversée de Conflans en aval du pont).
- Style fluvial constant, de type méandrique ; zones de renforcement du méandrage et de la translation latérale et longitudinale du lit (fonctionnement naturel).

Mais :

- Secteurs visiblement recalibrés (suppression de méandres) et abandon d'anciens bras en aval du tronçon (restes de vagues dépressions bordées de souches dans le paysage).
- Présence de bras aménagés de toute pièce : irrigation des prairies, production électrique (bief de Conflans, aujourd'hui converti en bras de canoë-kayak).

Ce tronçon comprend donc de nombreuses évolutions sur la base des tracés historiques, dont une part importante résulte de l'action humaine. Néanmoins, certains bras actifs demeurent présents.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace à dominante rurale et naturelle.
- Espace de mobilité d'une largeur de 390 à 530 m, intégrant les anciens bras déconnectés de la rivière (amont du tronçon). Nécessité de préserver ces espaces naturels pour la divagation du cours d'eau.
- Enjeux humains plus importants en aval du tronçon : réduction de l'enveloppe de mobilité par les zones urbanisées (Conflans-sur-Lanterne) : moins de 100 m de largeur. Nécessité de contenir la dynamique.
- Possibilité de reconquérir un espace de mobilité en rive gauche au niveau d'un chemin agricole protégé par un enrochement.



Figure 68 : Rescindement de méandre sur la commune de Conflans-sur-Lanterne

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Confluence Lanterne/Semouse
Tronçon	T-L6	Limite aval	Amont bourg de Bourguignon

Données générales

Sur ce tronçon, les débits augmentent sensiblement du fait de la confluence de la Semouse. La rivière s'élargit de manière significative pour atteindre 33 mètres. La rivière évolue à présent au sein d'un vaste ensemble alluvial formé d'alluvions quaternaires, d'une largeur moyenne de 3250 mètres. Le cours d'eau s'écoule au nord de cette poche alluviale, le long de formations liasiques. La pente du cours d'eau s'amenuise encore par rapport au tronçon précédent puisqu'elle atteint environ 0,8 ‰.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Dernier secteur véritablement pourvu d'une dynamique naturelle active avant la confluence avec la Saône.
- Dynamique marquée en amont du tronçon : importante divagation du lit par rapport aux tracés anciens. Evolution vers un style fluvial méandrique.
- Importante charge de fond illustrée par la présence de nombreux atterrissements.

Mais :

- Présence d'importants travaux de rescindement de méandres en aval, annonçant les importants travaux hydrauliques réalisés sur le tronçon suivant.
- Présence d'anciens bras formant des annexes hydrauliques déconnectées du cours d'eau et témoignant d'une divagation passée du cours d'eau, aujourd'hui rectifié au profit d'un chenal unique rectiligne.
- Rivière aménagée par un seuil permettant l'alimentation du bief de l'ancien moulin de Bassigney.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité comprenant de nombreux secteurs naturels dépourvus d'enjeux (maximum : 650 m).
- Forte réduction de l'enveloppe de divagation au droit du bourg de Bassigney (zones habitées, pont). Nécessiter de figer la dynamique sur ce secteur.
- Possibilités de reconquête d'espaces de divagation au droit de zones enrochées en l'absence d'enjeux élevés.

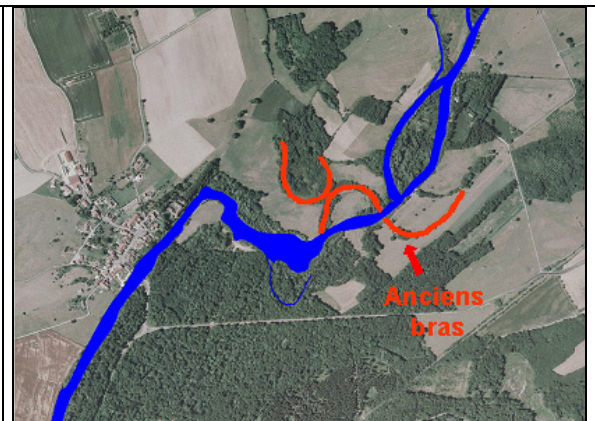


Figure 69 : Anciens bras sur la commune de Bourguignon-les-Conflans

Cours d'eau	Lanterne	Limite amont	Amont bourg de Bourguignon
Tronçon	T-L7	Limite aval	Aval de Faverney

Données générales

La pente de ce dernier tronçon demeure faible et constante par rapport au tronçon précédent (0,8 ‰). La plaine alluviale est d'une largeur moyenne de 1950 mètres. La largeur moyenne du lit mineur est de l'ordre de 36 mètres. La largeur diminue sensiblement en aval d'un secteur historiquement exploité en lit mineur pour les granulats. La rivière suit une orientation générale nord-est - sud-ouest.

La rivière suit une ligne de faille sur la majorité de son cours.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Faible évolution du tracé en plan de la Lanterne sur la base des observations historiques, tout du moins en ce qui concerne le bras principal.
- Style fluvial classique, de type méandrique et généralement à chenal simple.
- Dynamique fluviale peu prononcée : absence de dépôts sédimentaires importants, berges relativement peu érodées.
- Importante disparition de bras secondaires sur la commune de Mersuay (actions humaines).
- Forte artificialisation du cours d'eau : recalibrages ponctuels du lit (redressement du cours et rescindement de méandres), extractions importantes de matériaux en lit mineur (Mersuay, Fleurey-et-Faverney).
- Déstabilisation locale de la dynamique sédimentaire au droit des extractions en lit mineur : nombreux dépôts de matériaux en lit mineur : piégeage du transport solide fortement réduit vers l'aval de ce secteur.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité très variable selon les enjeux en présence.
- Secteurs naturels : fuseau large, de l'ordre de 650 m au plus.
- Secteurs à forts enjeux : espace de mobilité restreint afin d'éviter qu'une divagation de la rivière ne vienne mettre en péril ces enjeux. Il s'agit principalement : zones urbanisées fréquentes en aval du tronçon (Bourguignon-les-Conflans, Mersuay, Faverney) ; de gravières en lit majeur limitant les possibilités de divagation (risques de capture) : Mersuay et Faverney.



Figure 70 : Charge solide piégée au niveau des anciens sites d'extraction (Mersuay)

7.2 Sectorisation du Breuchin

Sur la base du contexte morphologique global (pente et largeur du lit mineur, géologie...) et des observations de terrain, la rivière Breuchin peut être découpée en 5 tronçons :

- **Tronçon T-B1** : de l'aval de Faucogney-et-la-Mer au barrage de Breuchotte : secteur peu dynamique, marqué par la présence régulière de moulins, bloquant les processus de transport solide et de divagation du lit ;
- **Tronçon T-B2** : du barrage de Breuchotte à l'amont du bourg de Froideconche : ce tronçon est caractérisé par une augmentation progressive de la dynamique naturelle, qui demeure néanmoins peu active (faible évolution du tracé du lit). La rivière présente des écoulements très rapides sous forme de radier ;
- **Tronçon T-B3** : du bourg de Froideconche au pont SNCF de Saint-Sauveur : ce secteur est marqué par une très forte dynamique, d'une part d'origine naturelle, mais également fortement amplifiée par les nombreux aménagements locaux, qui constituent des points durs fréquents. La rivière cherche de manière évidente un profil d'équilibre à atteindre sur ce secteur.
- **Tronçon T-B4** : du pont SNCF de Saint-Sauveur à l'amont du château de Breuches : la rivière conserve une dynamique naturelle importante sur une partie du tronçon mais a été très fortement affectée par l'artificialisation de ses berges et de son lit au droit des sablières FERRAT-CHOLLEY. Ces travaux ont d'importantes répercussions sur l'intensité des phénomènes d'érosion et de transport solide en aval.
- **Tronçon T-B5** : de l'amont du château de Breuches à la confluence avec la Lanterne : ce secteur est peu actif dans sa partie amont au contexte urbain. En revanche, le tracé de la rivière a fortement évolué au cours des années dans sa partie aval où la dynamique sédimentaire est active jusqu'à la zone de confluence.

La localisation des tronçons définis sur le Breuchin est illustrée sur la figure suivante.

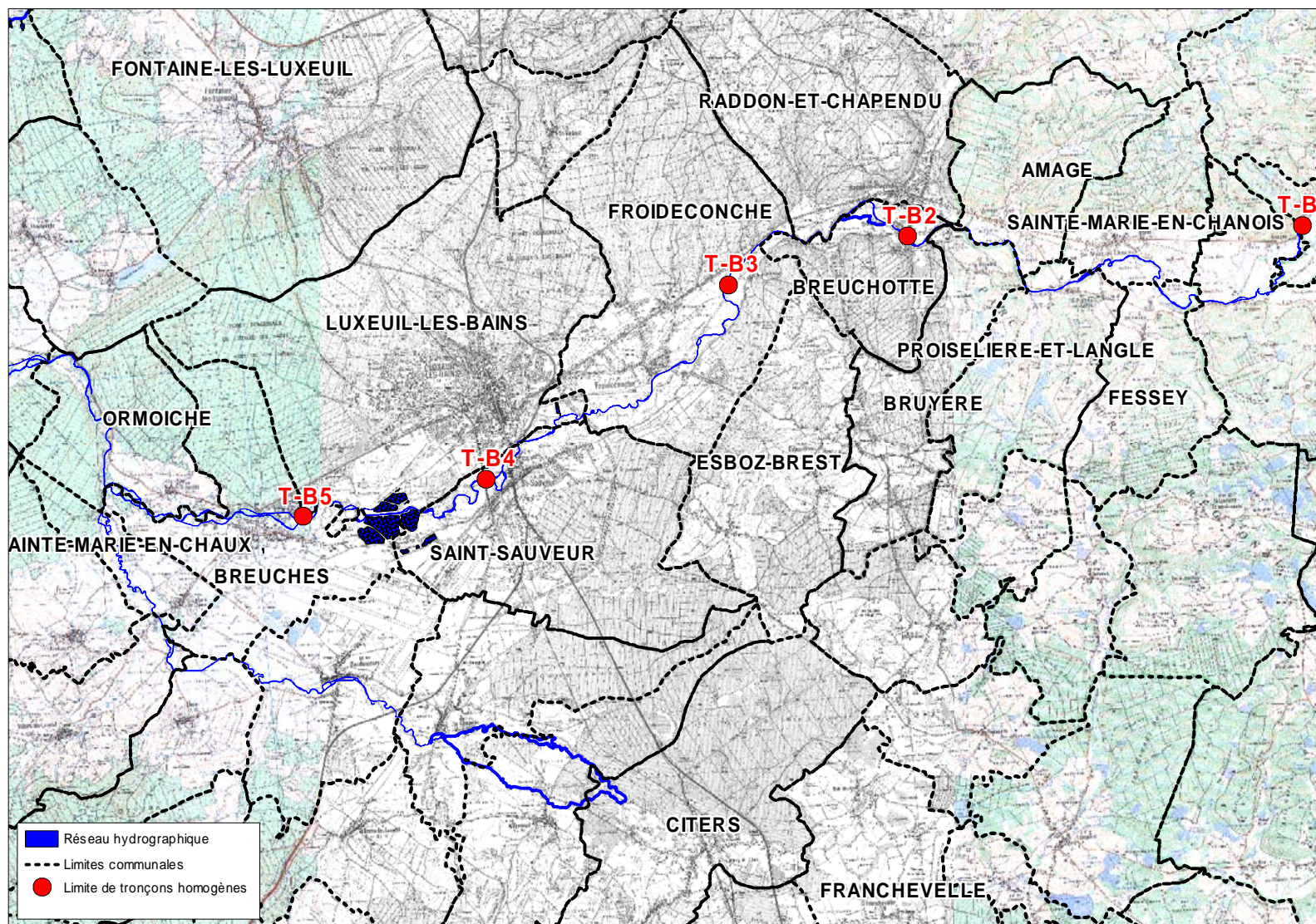


Figure 71 : Sectorisation du Breuchin

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

Cours d'eau	Breuchin	Limite amont	Aval de Faucogney-et-la-Mer
Tronçon	T-B1	Limite aval	Barrage de Breuchotte

Données générales

Sur ce tronçon, le Breuchin atteint une pente moyenne relativement élevée, de l'ordre de 2,1 ‰. Le cours d'eau évolue au sein d'alluvions quaternaire ceinturées par les coteaux formés par le socle cristallin des Vosges. La plaine alluviale est large, atteignant en moyenne 1500 m pour se rétrécir localement autour de 550 m. La largeur du lit mineur est d'environ 13 mètres. Elle est conditionnée par la présence des ouvrages. La rivière est en effet ponctuée de nombreux anciens moulins situés au fil de l'eau. On y observe plusieurs biefs usiniers en dérivation du cours principal.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur majoritairement marqué par une absence de dynamique naturelle malgré la pente du lit mineur, compte tenu de la présence de seuils en travers du cours d'eau à intervalle régulier ; tracé fréquemment rectiligne et faible méandrage.
- Absence fréquente de transport solide du fait du cloisonnement du lit mineur par les barrages et de l'absence d'écoulements suffisamment rapides pour favoriser le charriage.
- Présence très ponctuelles de dépôts sédimentaires entre certains ouvrages les plus espacés, lors d'une reprise des écoulements lotiques (radiers) mais dans de faibles proportions (la Voivre par exemple).
- Erosions de berges rares et berges généralement de faible hauteur compte tenu des lignes d'eau soutenues par les moulins.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de liberté large dans les secteurs naturels agricoles (lieu dit Breuche) : 500 mètres environ.
- Réduction de l'espace de mobilité à proximité des moulins, des centres habités et des axes de circulation (D139 à Voivre/Fessey, D311 à la Bruyère par exemple).
- Quelques zones enrochées ponctuelles réduisent l'espace de divagation, dans des zones à faibles enjeux : une reconquête s'avère envisageable.



Figure 72 : Secteur de faible dynamique à Sainte-Marie-en-Chanois

Cours d'eau	Breuchin	Limite amont	Barrage de Breuchotte
Tronçon	T-B2	Limite aval	Amont du bourg de Froideconche

Données générales

Sur ce tronçon d'environ 4000 mètres, le Breuchin est marqué par une réduction significative de son lit majeur (en moyenne 750 m, soit deux fois moins que sur le tronçon amont). La pente du cours d'eau est forte, de l'ordre de 3,7 ‰. La rivière évolue au sein d'alluvions quaternaires encadrées par les formations du socle cristallin vosgien. Le Breuchin possède un lit mineur d'une largeur moyenne de 8 mètres, soit sensiblement moins large que sur le tronçon précédent. La rivière suit une orientation nord-est – sud-ouest.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Faible évolution historique du tracé de la rivière : la forte pente ne favorise pas le méandrage, peu développé sur ce tronçon.
- Secteur marqué par une dynamique d'écoulement importante, sous la forme de radiers très fréquents.
- Fréquentes érosions de berges, dont certaines peuvent atteindre 4 mètres (amont de la D6 à Froideconche), mais qui évoluent peu dans le temps.
- Absence de dépôts sédimentaires du fait de l'énergie hydraulique (prélèvement plus que dépôt).
- Secteur de prélèvement de matériaux sur la rive droite fortement érodée (granulométrie grossière que l'on retrouve sur les atterrissements sur les tronçons aval) et sur le lit par charriage.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de divagation généralement peu contraint car secteur à forte dominante naturelle (jusqu'à 380 m) : à préserver de l'urbanisation.
- Réduction locale du fuseau en amont du tronçon (zones urbanisées de Breuchotte), et en aval tantôt en rive gauche et en rive droite par les axes de circulation (D311 et D6).
- Présence locale d'encrochement de berges justifiée en bordure de chaussée à conserver afin d'éviter la divagation de la rivière.



Figure 73 : Importante érosion en rive droite à Froideconche

Cours d'eau	Breuchin	Limite amont	Amont du bourg de Froideconche
Tronçon	T-B3	Limite aval	Pont SNCF de Saint-Sauveur

Données générales

Sur ce tronçon de 6500 mètres de linéaire, le Breuchin possède une pente moyenne très élevée puisqu'elle atteint 5,8 ‰. Toutefois, ce tronçon est marqué par une succession de ruptures de pentes et de zones de moindre dénivellation. Le lit mineur atteint une largeur moyenne de 10 mètres. Le Breuchin évolue dans une plaine alluviale qui s'élargit pour atteindre 2380 mètres de moyenne (vaste interfluve géologique Lanterne/Breuchin). Le tracé du cours d'eau conserve une orientation générale nord-est - sud-ouest.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur dont le fonctionnement morphodynamique atteint une ampleur rarement égalée sur la zone d'étude, tous cours d'eau confondus :
 - charriage et dépôts de grandes quantités de matériaux à la faveur des secteurs d'atténuation de pente (très gros atterrissements en cours de végétalisation)
 - érosion intense des berges localement (qui fournissent d'importantes quantités de matériaux)
- Secteur visiblement déstabilisé par les interventions d'origine anthropique : nombreux points durs (enrochements de berges, déviation N57) et des endiguements situés sur le tronçon aval (sablères Ferrat-Cholley) : le déficit en matériaux prélevables au niveau des berges entraîne un réajustement du profil d'équilibre du Breuchin.
- Evolution très rapide des phénomènes : création de nouveaux chenaux d'écoulement, translation latérale très marquée et observable à l'échelle de quelques mois lorsqu'une crue survient.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité à préserver systématiquement dans ce secteur dans les zones naturelles, de manière à ne pas reconstituer de nouveaux points durs et à permettre la mobilisation de matériaux.
- Ralentissement des processus de divagation à prévoir à proximité des zones urbanisées de manière à éviter tout risque pour les infrastructures et populations.
- Il semble primordial de compenser les zones de réduction de l'enveloppe de mobilité en regagnant des espaces sur les terres naturelles.



Figure 74 : Dynamique active en amont du bourg de Froideconche



Figure 75 : Dépôts massifs et érosion en amont de la déviation de la N57 à Saint-Sauveur



Figure 76 : Point dur constitué par la déviation de la N57 à Saint-Sauveur



Figure 77 : Reprise de la dynamique active en aval de la R57 à Saint-Sauveur



Figure 78 : Nouveau chenal créé par le Breuchin à Saint-Sauveur

Cours d'eau	Breuchin	Limite amont	Pont SNCF de Saint-Sauveur
Tronçon	T-B4	Limite aval	Amont du château de Breuches

Données générales

Ce tronçon de 4500 mètres conserve une pente de lit élevée (en moyenne 4 ‰). Le Breuchin se situe toujours au sein du vaste interfluve Lanterne/Breuchin et sa plaine alluviale est d'une largeur moyenne proche de 3000 mètres. Le lit mineur s'élargit sensiblement pour atteindre 17 mètres de moyenne. La rivière suit un tracé orienté est - ouest. Ce secteur comprend les sites d'extraction des sablières Ferrat-Cholley.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Rivière à dominante naturelle en amont et aval du tronçon présentant une dynamique active, marquée par des écoulements rapides et des érosions de berges fréquentes, favorisés par la pente du cours d'eau : fortes translations de la rivière, abandon naturel de méandres, etc.
- Secteur des sablières Ferrat-Cholley fortement aménagé : stabilisation du lit et des berges du Breuchin entre les plans d'eau des sablières (enrochements, seuils de fond), redressement et endiguement de la rivière, seuil de prise d'eau du château de Breuches) : disparition de la dynamique (transport, prélèvement) sur environ 1200 mètres.
- Risque de contournement (érosion) de la prise d'eau du château de Breuche.
- Intensification de la dynamique en aval du secteur contraint : exacerbation des phénomènes géomorphologiques compte tenu des points durs amont : fortes érosions de berges (supérieures à 3 m), charriage important de matériaux, formation de nombreux embâcles (rééquilibrage du profil d'équilibre entre charge solide et charge liquide).
- Phénomène de contournement du vannage de la prise d'eau du bief de moulin et élargissement notable du bras.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité de largeur optimale en amont et aval des sablières : largeur importante compte tenu des divagations historiques (jusqu'à 850 mètres) et de la nature de l'occupation des sols (prairies) ; intégration des annexes hydrauliques abandonnées.
- Important impact des sablières sur les possibilités de divagation du Breuchin sur plus de 1000 mètres. Nécessité de freiner les processus naturels dans ce secteur pour éviter toute capture de gravière.



Figure 79 : Bras mort résultant du recalibrage en amont des sablières



Figure 80 : Seuil de stabilisation du Breuchin



Figure 81 : Dynamique active en aval des sablières

Cours d'eau	Breuchin	Limite amont	Amont du château de Breuches
Tronçon	T-B5	Limite aval	Confluence avec la Lanterne

Données générales

Ce tronçon d'un linéaire de 4000 mètres est le dernier tronçon du Breuchin avant sa confluence avec la Lanterne à Ormoiche. La rivière possède une pente forte aux environs de 4,5 ‰. Le lit du cours d'eau est d'environ 12 mètres de largeur et la plaine alluviale de 2000 mètres. Elle est formée d'alluvions quaternaires situées au sein de l'interfluve Lanterne/Breuchin.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur caractérisé par de nombreuses modifications du tracé en plan du Breuchin, comme en témoignent les annexes hydrauliques résiduelles (anciens bras).
- Tronçon présentant un contexte urbain dans sa partie amont (bourg de Breuches) limitant les possibilités de divagation de la rivière (nombreux aménagements de berge, anciens moulins, vannages). La rivière comprend plusieurs biefs de moulin, dont l'un est à sec actuellement.
- Reprise intense des processus naturels en aval du tronçon, renforcés par les nombreux points durs dans la traversée de Breuches : nombreuses érosions de berges, charriage de matériaux et formations fréquente d'atterrissements. La proximité de la zone de confluence favorise les dépôts. Ces processus à l'origine naturels sont amplifiés par l'impossibilité pour la rivière de prélever des matériaux sur les berges en amont.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de divagation fortement contraint dans la traversée de Breuches compte tenu de l'urbanisation (habitations, axes de circulation, pont). Il est primordial de contenir les translations de la rivière dans ce secteur.
- Secteurs naturels aval favorables à la définition d'un fuseau de mobilité large et optimal (zones de prairies, boisées).
- Les anciens bras de la rivière sont en partie intégrés à cet espace de mobilité en amont de la zone de confluence.



Figure 82 : Enrochements de berges dans la traversée de Breuches



Figure 83 : Ancien bief de moulin à Breuches



Figure 84 : Reprise active de la dynamique en aval de Breuches

7.3 Sectorisation de la Semouse

Sur la base du contexte morphologique global (pente et largeur du lit mineur, géologie...) et des observations de terrain, la rivière Semouse peut être découpée en 4 tronçons aux caractéristiques homogènes :

- **Tronçon T-S1** : de l'aval d'Aillevillers-et-Lyaumont à la confluence avec l'Augronne : ce tronçon fait preuve d'écoulements rapides mais la dynamique demeure assez peu expressive. Les processus géomorphologiques sont présents mais de faible ampleur.
- **Tronçon T-S2** : de la confluence avec l'Augronne à la diffluence de Pisseure. Ce secteur est marqué par une absence de dynamique naturelle du fait de la présence d'ouvrages en travers du lit mineur. Le tronçon est artificialisé par ces aménagements et par la proximité des sites d'extractions en lit majeur entre Semouse et Augronne.
- **Tronçon T-S3** : de la diffluence de Pisseure à la confluence des deux bras à Ainvelle : la Semouse se scinde en deux bras sur ce tronçon pour traverser un secteur à forte dominante naturelle. Bien que décrivant de nombreux méandres, la rivière possède une assez faible dynamique naturelle sur ce tronçon.
- **Tronçon T-S4** : de la confluence des deux bras à Ainvelle à la confluence avec la Lanterne : le tronçon est dépourvue de dynamique naturelle marquée car anthropisé par la présence de seuils en travers du lit mineur. Les écoulements sont homogènes et les processus géomorphologiques absents.

La localisation géographique de ces tronçons est illustrée sur la figure suivante.

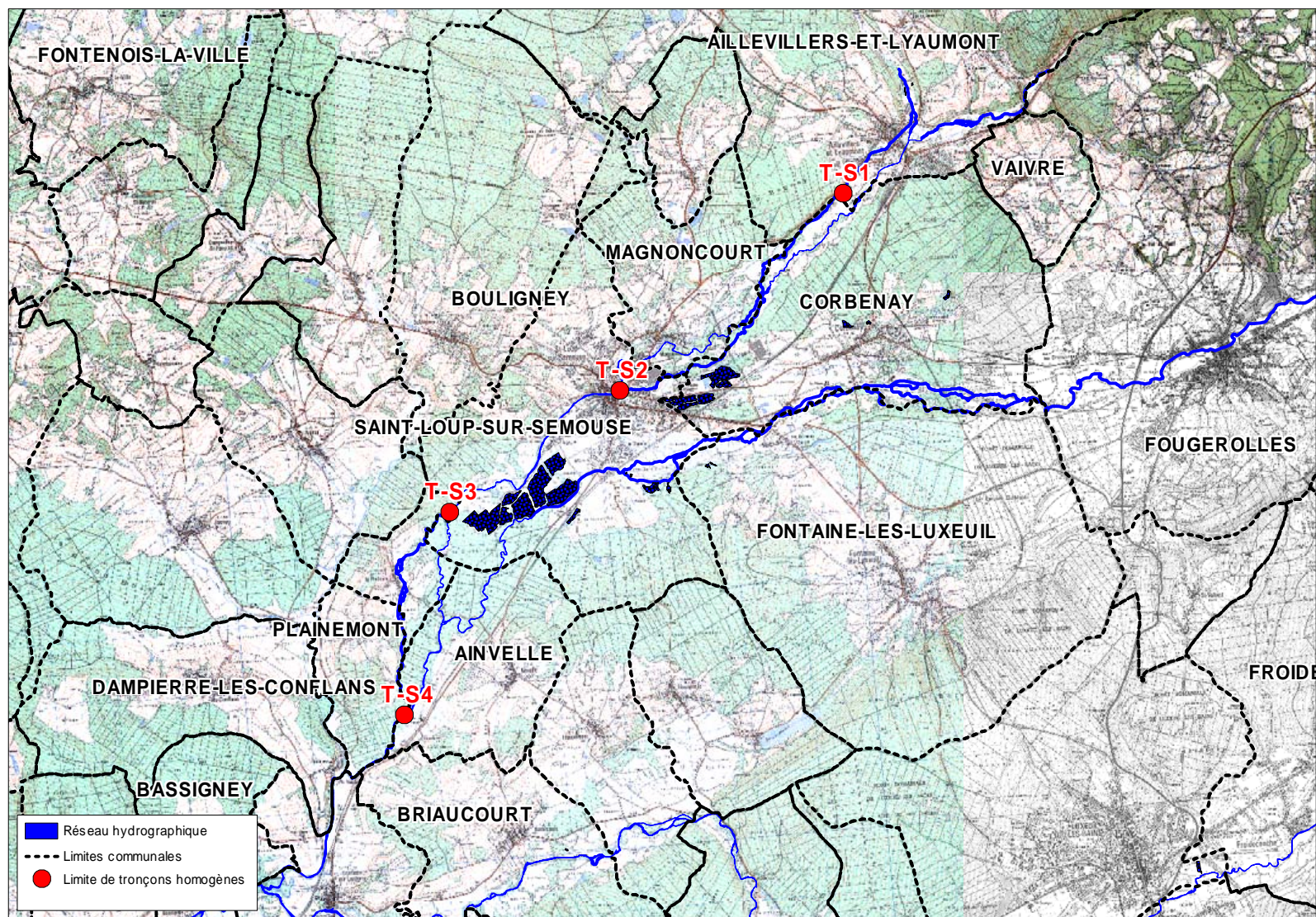


Figure 85 : Sectorisation de la Semouse

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

Cours d'eau	Semouse	Limite amont	Aval d'Aillevillers-et-Lyaumont
Tronçon	T-S1	Limite aval	Confluence de l'Augronne

Données générales

Ce tronçon d'un linéaire de 5700 mètres présente une pente relativement élevée, de l'ordre de 3,5 %. La plaine alluviale est d'une largeur moyenne de 1030 mètres et s'étend au sein du vaste interfluve Semouse/Augronne/Combeauté composé d'alluvions quaternaires. Le lit mineur de la rivière est de largeur variable mais en moyenne de faibles dimensions, n'atteignant que 4 mètres. La rivière suit un réseau de faille orienté nord-est – sud-ouest.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur de faible évolution du tracé en plan du bras principal de la rivière sur la base des observations historiques.
- Ecoulements rapides, sous la forme de radiers et plats courants compte tenu de la pente, mais absence de phénomènes de transport solide marqués compte tenu de la présence de multiples seuils en travers, permettant l'alimentation de nombreux bras secondaires d'origine anthropique et stabilisant le profil en long du lit mineur.
- Dépôts de matériaux ponctuels et de faible ampleur.
- Erosions de berges ponctuelles sur de faibles hauteurs et non problématiques aux regard des enjeux rivulaires.
- Nombreuses relations directes entre les différents bras de la rivière, y compris avec l'Augronne toute proche.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de divagation large sur les secteurs naturels de ce tronçon et englobant la rivière Augronne très proche dans ce secteur et les différents bras secondaires de la Semouse (largeur maximale : 670 m).
- Rétrécissement local de l'espace de liberté au niveau du pont de la déviation de la D64 à Magnoncourt et dans la traversée de Magnoncourt et Saint-Loup (espace de divagation nul).
- La présence des seuils de stabilisation et d'alimentation des différents bras n'a plus réellement d'usage aujourd'hui et leur devenir doit être envisagé.



Figure 86 : Ecoulement lotique en amont de Magnoncourt

Cours d'eau	Semouse	Limite amont	Confluence de l'Augronne
Tronçon	T-S2	Limite aval	Difffluence de Pisseure

Données générales

Sur ce tronçon d'une longueur de 3800 mètres, la pente de la Semouse est faible, autour de 1,8 ‰. La rivière est formée d'un lit unique jusqu'à la commune de Pisseure où elle se scinde en deux bras, l'un traversant le centre-bourg. La largeur du lit mineur atteint en moyenne 15 mètres, soit trois fois plus que sur le tronçon précédent du fait de la confluence des multiples bras et des apports de l'Augronne et de la Combeauté par l'intermédiaire de petits bras annexes. La plaine alluviale est de 910 mètres et correspond aux formations alluviales du quaternaire de l'interluve Semouse/Augronne/Combeauté.

Sur une grande partie du linéaire en rive gauche, la rivière longe les sites d'extraction ORSA-GRANULATS situés entre la Semouse et l'Augronne à Saint-Loup. L'orientation de la rivière suit les lignes de faille qui lui imposent une direction nord-est - sud-ouest.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur marqué par une absence de dynamique naturelle du fait d'une faible pente qui diminue sensiblement par rapport au tronçon précédent ; style fluvial caractérisé par un cours rectiligne peu diversifié.
- Pas d'évolution sensible du tracé du cours d'eau sur la base des anciens tracés historiques, hormis quelques méandres abandonnés dans la partie aval (visiblement d'origine anthropique).
- Absence de phénomènes de transport solide importants excepté la présence de quelques gros atterrissements dans la traversée de Saint-Loup-sur-Semouse (tronçon amont), mais dont l'impact hydraulique demeure réduit .
- Erosions de berges rares et de faible intensité sur ce tronçon, traduisant l'absence de divagation latérale.
- Présence d'aménagements ponctuels de stabilisation du fond du lit (seuils en enrochement) fixant le cours de la rivière à proximité des sites d'extraction de granulats en lit majeur.

Enjeux et espace de mobilité

- Enveloppe du fuseau de mobilité de faible largeur compte tenu d'une faible divagation historique (250 m en l'absence d'enjeux).
- Espace de mobilité fortement affecté sur les deux rives par le contexte urbain de Saint-Loup-sur-Semouse en amont et par la présence des sablières en rive gauche sur environ 1000 mètres.
- Espace de divagation décalé en rive gauche pour compenser les points durs liés aux gravières en rive droite. Nécessité de bloquer la dynamique en rive gauche afin d'éviter tout risque de capture des plans d'eau.



Figure 87 : Seuil de stabilisation et chenal lentique

Cours d'eau	Semouse	Limite amont	Difffluence de Pisseure
Tronçon	T-S3	Limite aval	Confluence des 2 bras (Aivelle)

Données générales

Ce tronçon, d'un linéaire de 3700 mètres, est constitué de deux bras de la Semouse qui confluent à l'aval du tronçon. La pente moyenne du lit principal augmente légèrement pour atteindre 2,7 ‰. La largeur de la plaine alluviale demeure importante dans l'interfluve Semouse/Augronne/Combeauté, formé des alluvions quaternaires encadrées par les formations du Lias et Trias. Le lit mineur se réduit à une dizaine de mètres pour le bras principal, tandis que le bras secondaire alimentant d'anciens moulins, n'atteint que 4 mètres de large. La rivière suit à présent une direction nord - sud. Elle accueille les eaux de la Combeauté sur la commune d'Aivelle.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur marqué par une dynamique naturelle peu marquée bien que la rivière décrive de nombreux méandres de faible amplitude et longueur d'onde. Style fluvial méandrique mais pas d'évolution sensible du tracé sur la base des cartes anciennes.
- Erosions de berges limitées aux concavités de méandres. Peu d'atterrissements en présence dans le lit mineur. Transport solide peu actif compte tenu d'une pente assez faible.
- Faible évolution morphodynamique à attendre sur ce tronçon dans les années à venir.

Enjeux et espace de mobilité

- Enveloppe de divagation optimale sur ce secteur sur le bras principal de la Semouse, compte tenu d'un contexte naturel constant (zones boisées principalement).
- Fuseau de mobilité réduit ponctuellement sur le bras droit secondaire au niveau de pisseurs (habitations, moulin) mais enjeux globalement faibles sur ce bras également.



Figure 88 : Bras secondaire à Pisseure

Cours d'eau	Semouse	Limite amont	Confluence des 2 bras (Aivelle)
Tronçon	T-S4	Limite aval	Confluence avec la Lanterne

Données générales

Ce dernier tronçon voit la Semouse se jeter dans la Lanterne sur la commune de Conflans-sur-Lanterne, après un parcours de 5000 mètres. La pente de la Semouse s'amenuise fortement puisqu'elle n'atteint plus en moyenne que 1 ‰. Le lit mineur s'élargit fortement pour dépasser 20 mètres dans bien des cas, en particulier en aval de la confluence avec le Planey. La plaine alluviale atteint 1000 mètres en moyenne mais se rétrécit ponctuellement pour n'atteindre que 700 mètres.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Tronçon caractérisé par une très faible dynamique morphologique : absence de dépôts sédimentaires significatifs, écoulement essentiellement sous forme de chenal lentique, rareté des érosions de berges.
- Absence de méandres ; tracé rectiligne et peu diversifié.
- Tronçon soumis à l'influence aval de la Lanterne qui réduit les vitesses d'écoulement.
- Présence de plusieurs seuils en travers de la rivière, assurant un rôle de stabilisation du fond du lit et réduisant les risques de translation latérale de la rivière. Présence de dépôts très ponctuels en aval immédiat des seuils, témoignant de l'impact des ouvrages sur le transport solide.

Enjeux et espace de mobilité

- Enveloppe de mobilité généralement suffisamment large dans les secteurs naturels en l'absence d'enjeux rivulaires (200 à 450 mètres).
- Rétrécissement ponctuel du fuseau de mobilité au droit des secteurs urbanisés, des ouvrages d'art et des axes de communication : Dampierre-les-Conflans, Conflans-sur-Lanterne.
- Evaluation du devenir des ouvrages à envisager pour une reconquête de l'espace de mobilité dans les secteurs aménagés.



Figure 89 : Absence de dynamique naturelle

7.4 Sectorisation de la Combeauté

Sur la base du contexte morphologique global (pente et largeur du lit mineur, géologie...) et des observations de terrain, la rivière Combeauté peut être découpée en trois tronçons aux caractéristiques homogènes :

- **Tronçon T-C1** : de la distillerie de Fougerolles-le-Château au pont de la N57 à Fougerolles : secteur d'écoulement dynamique aménagé ponctuellement par des ouvrages transversaux de stabilisation du lit et par des protections de berges réduisant les phénomènes de translation de la rivière.
- **Tronçon T-C2** : du pont de la N57 à Fougerolles au lieu-dit la Gerbe à Saint-Loup-sur-Semouse : secteur caractérisé par un écoulement dynamique également, se traduisant de plus en plus fréquemment par la présence de matériaux charriés en plein lit provoquant localement des obstacles à l'écoulement correct des eaux en période de crue et favorisant les inondations d'habitations.
- **Tronçon T-C3** : du lieu-dit la Gerbe à Saint-Loup-sur-Semouse à la confluence avec la Lanterne : dernier secteur de la Combeauté, formé d'un lit rectiligne aux écoulements rapides. Le cours d'eau est stabilisé par des seuils freinant sa dynamique. Des processus d'érosion régressive se mettent en place au droit du secteur aménagé des sablières, la rivière tentant de réajuster son équilibre morphodynamique.

La figure suivante localise les tronçons définis sur la rivière Combeauté.

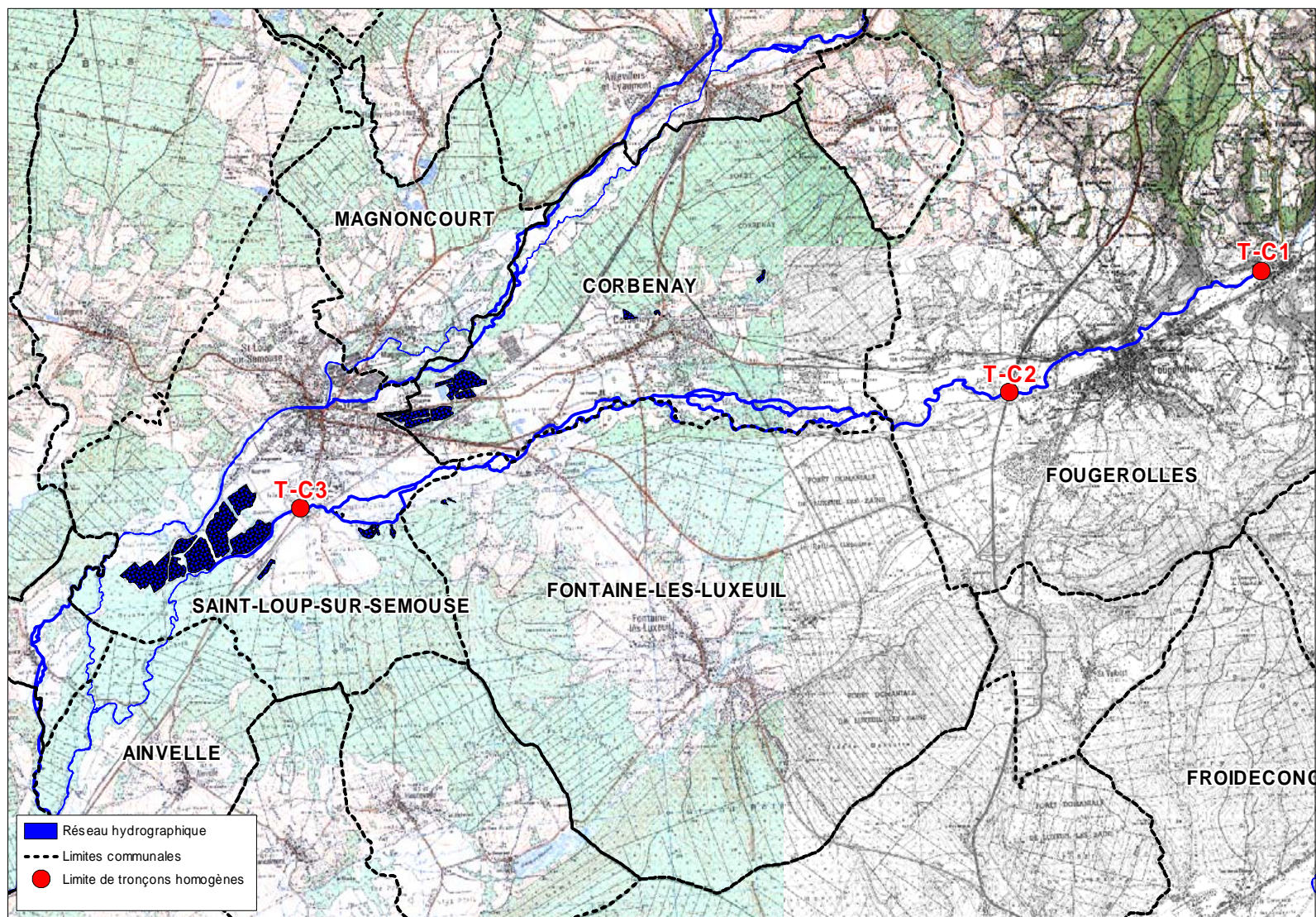


Figure 90 : Sectorisation de la Combeauté

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

Cours d'eau	Combeauté	Limite amont	Distillerie de Fougerolles-le-Château
Tronçon	T-C1	Limite aval	Pont N57 à Fougerolles

Données générales

Ce tronçon évolue au sein d'une plaine alluviale formée d'alluvions quaternaires, d'une largeur moyenne de 1560 mètres. La plaine alluviale se rétrécit localement au contact des Grès du Bundsandstein (environ 400 mètres). La rivière est formée d'un unique chenal sur l'ensemble de son cours, excepté en aval où elle se sépare en deux bras. Le cours d'eau suit une direction est - ouest. La pente du lit est forte, avec une moyenne de 6,3 ‰. La largeur de la rivière est de l'ordre de 8 mètres.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur pourvu d'une réelle dynamique d'écoulement du fait d'une pente élevée du lit mineur : présence de très nombreux radiers, écoulement turbulent. Substrat très grossier (granulométrie de 10 cm environ), dépourvu de matériaux fins qui sont emportés.
- Absence toutefois de mécanismes visibles de translation latérale ; faible divagation spatiale du lit sur la base des cartes anciennes.
- Faible hauteur des berges qui sont très peu érodées sur ce secteur, témoignant d'une faible divagation latérale de la rivière (style fluvial méandrique peu présent).
- Présence d'aménagements de berges (enrochements) et de seuils de fond stabilisant le cours d'eau et réduisant les possibilités de divagation et d'érosion du lit et des berges.
- Absence de dépôts sédimentaires en lit mineur du fait de l'énergie hydraulique du cours d'eau sur ce tronçon : les matériaux en transit dans le lit mineur sont entraînés en aval du tronçon. Seules quelques formations de faible taille sont présentes en aval des ponts mais leur impact est insignifiant sur les écoulements de la rivière.
- Secteur peu évolutif en terme d'évolution de son tracé.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité fréquemment contraint sur ce tronçon dans la traversée des communes de Fougerolles-le-Château et Fougerolles (aménagements de berges, ouvrages d'art, axes de circulation fréquents en rive droite, activités industrielles : distilleries). Les seuils en travers permettent de contenir la dynamique au droit des enjeux les plus marqués.
- Fuseau de mobilité mieux préservé dans les secteurs naturels situés entre ces deux communes (largeur optimale de 80 mètres).



Figure 91 : Seuil de stabilisation à Fougerolles-le-Château au droit de la distillerie

Cours d'eau	Combeauté	Limite amont	Pont N57 à Fougerolles
Tronçon	T-C2	Limite aval	Lieu-dit la Gerbe à Saint-Loup/Semouse

Données générales

Ce grand tronçon de 11000 mètres présente une grande homogénéité en matière d'écoulements et de caractéristiques morphologiques. La Combeauté conserve une pente moyenne élevée d'environ 4,1 ‰ et très régulière sur ce secteur. Le lit mineur du bras principal conserve une largeur de 8 mètres en moyenne. La plaine alluviale est très large et s'étend sur 3100 mètres au sein de formations quaternaires constituant le vaste interfluve Semouse/Augronne/Combeauté. La rivière possède plusieurs bras secondaires sur certaines portions du linéaire.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Tronçon caractérisé, comme le tronçon précédent, par une réelle dynamique d'écoulement marquée par la présence récurrente de faciès lotiques de type radiers ou plats courants. Néanmoins, faible divagation du lit mineur au regard des tracés anciens.
- Présence de plus en plus marquée de dépôts sédimentaires dans le lit mineur, illustrant une augmentation de la charge en transit dans ce secteur et résultant d'une énergie hydraulique moindre que sur le tronçon précédent où les dépôts se font rares.
- Atterrissements présents en plein lit de conséquences variables : faible impact en zones naturelles en l'absence d'enjeux ; gêne importante à l'écoulement à proximité de zones habitées et favorisant les débordements (secteur très encombré des Baraques Chardin à Corbenay + dépôts sous un dalot de décharge des crues sous la RD64). L'atténuation progressive de la pente, associée à la présence d'ouvrages d'art ou de seuils en lit majeur favorise les dépôts en plein lit. Problèmes d'inondation du lieu-dit « Baraque Chardin » aggravé par la surélévation de la RD64.
- Présence de plusieurs ouvrages de stabilisation du lit mineur (seuils en enrochement) réduisant la translation verticale et latérale de la rivière : phénomènes d'érosion restreints et limités à quelques secteurs naturels dépourvus d'enjeux.
- Secteur en grande partie stabilisé fixant le lit mineur mais favorisant le piégeage des sédiments.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité de largeur très variable en secteur naturel selon le nombre de bras (80 à 400 m).
- Forte réduction de l'enveloppe de mobilité à plusieurs reprises le long des traversées urbaines de Corbenay, Fontaine-les-Luxeuil et Saint-Loup-sur-Semouse.
- Présence de protections de berges (enrochements) en zones rurales dépourvues d'enjeux majeurs et pour lesquelles il est envisageable de reconquérir l'espace de mobilité de la rivière, moyennant le déplacement éventuel des chemins agricoles menacés.



Figure 92 : Seuil de stabilisation à Fougerolles



Figure 93 : Erosion de berge non problématique



Figure 94 : Atterrissement en aval du pont de la déviation de la RD64

Cours d'eau	Combeauté	Limite amont	Lieu-dit la Gerbe à Saint-Loup/Semouse
Tronçon	T-C3	Limite aval	Confluence avec la Semouse

Données générales

Ce secteur d'un linéaire de 4700 mètres voit la pente de la Combeauté nettement s'atténuer, puisqu'elle n'atteint plus que 1,5 ‰, soit une diminution très importante par rapport aux tronçons amont. La rivière s'écoule dans une plaine alluviale large de 1400 mètres correspondant à l'interfluve Semouse/Augronne/Combeauté. La rivière atteint une largeur d'environ 6 mètres. A l'issue de ce tronçon, la rivière conflue avec la Semouse au sein d'une zone naturelle boisée.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Secteur pourvu d'écoulements lotiques sous forme de radiers mais dynamique moindre que sur les tronçons précédents car la pente du lit est réduite.
- Très faible divagation du cours d'eau qui n'a que peu bougé par rapport à son tracé ancien, excepté dans sa partie naturelle aval (zone boisée) où les translations ont été plus nombreuses.
- Style fluvial rectiligne, peu marqué par des méandres ; chenal d'écoulement unique.
- Présence de seuils réguliers de stabilisation en long du profil de la rivière au niveau des sablières ORSA-GRANULATS situées en rive droite : ralentissement des processus naturels mais reprise locale d'érosions régressives au niveau des berges (hauteur de 1 mètre environ) : risques de contournement d'ouvrages à terme si poursuite des mécanismes.
- Erosions des berges en secteur naturel mais absence d'enjeux significatifs, hormis à proximité immédiate des sablières (présence d'une digue de séparation de la Combeauté des étangs d'une largeur de 8 mètres).

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de mobilité de largeur optimale dans la partie aval du tronçon en secteur boisé (160 m environ).
- Forte réduction des possibilités de divagation au droit des sablières. Nécessité absolue de préserver les berges de l'érosion dans ce secteur (risques de capture de plans d'eau à terme).
- Présence de zones urbaines et d'infrastructures de communication en amont du tronçon qui réduisent également le fuseau de mobilité ponctuellement.



Figure 95 : Seuil de stabilisation au droit des sablières



Figure 96 : Digue de séparation de la Combeauté et des sablières



Figure 97 : Erosion en aval immédiat d'un seuil en travers

7.5 Sectorisation de l'Augronne

Le contexte morphologique global (pente et largeur du lit mineur, géologie...) et les observations de terrain effectuées permettent de découper la rivière Augronne en trois tronçons homogènes :

- **Tronçon T-A1** : du lieu-dit « Pierre de la Caraude » à Aillevillers à la confluence de la rivière avec un bras de la Semouse en amont du pont d'Aillevillers : ce secteur est caractérisé par une dynamique d'écoulement très prononcée du fait des fortes pentes, mais d'une faible dynamique active de la rivière (peu d'érosion et de dépôts). Les enjeux sont absents sur ce tronçon naturel.
- **Tronçon T-A2** : de la confluence de la rivière avec un bras de la Semouse à Aillevillers à l'amont déviation D64 à Corbenay : ce secteur comprend un bras unique marqué par des écoulements très rapides et des processus géomorphologiques bien implantés : érosions de berges, dépôts sédimentaires. Les processus naturels sont amplifiés par la présence de nombreux points durs qui entraînent des érosions régressives localisées (enrochements, seuils en travers).
- **Tronçon T-A3** : de la déviation D64 à Corbenay à la confluence avec le Semouse : ce dernier tronçon est particulier car il est formé de multiples bras secondaires de l'Augronne en interrelation avec la Semouse toute proche. Les mécanismes naturels sont souvent absents du fait de nombreux aménagements de berges dans ce contexte majoritairement urbain.

La figure suivante localise plus précisément ces différents tronçons sur l'Augronne.

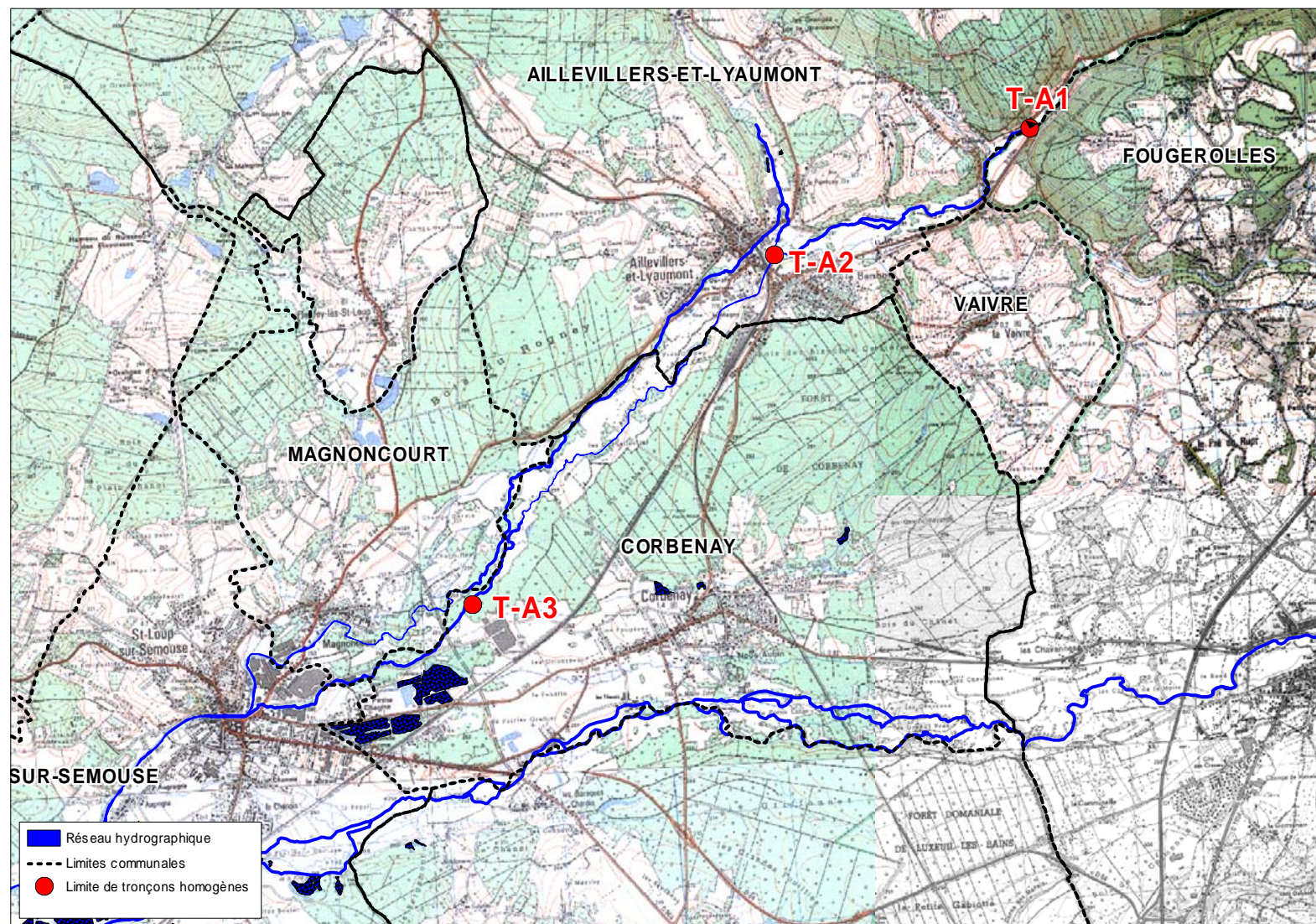


Figure 98 : Sectorisation de l'Augronne

SAFEGE - UNITE HYDRAULIQUE FLUVIALE

Cours d'eau	Augronne	Limite amont	Lieu-dit « Pierre de la Carade » Aillevillers
Tronçon	T-A1	Limite aval	Confluence bras Semouse à Aillevillers

Données générales

Ce secteur correspond au tronçon le plus amont de l'Augronne étudiée. D'un linéaire de 3200 m, il emprunte en grande partie une vallée encaissée de faible largeur, inscrite en aval immédiat du socle cristallin des Vosges et ne dépassant que rarement 400 mètres de largeur. La vallée est encaissée dans les Grès du Bundsandstein et la pente du lit mineur est très importante (9,1 ‰), de même que les pentes encore plus élevées des affluents torrentiels de l'Augronne sur ce tronçon. La rivière se situe dans un secteur naturel très peu marqué par la présence humaine. Le lit mineur demeure de taille modeste (environ 6 mètres).

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Rivière majoritairement formée d'un bras unique et d'un seul chenal d'écoulement (excepté au niveau de l'ancienne scierie du pont des Ports qui est munie d'un bief secondaire et en amont du bourg d'Aillevillers en zone naturelle où la rivière se scinde en deux bras sur 400 m).
- Secteur caractérisé par une forte pente du lit mineur, se traduisant par des écoulements turbulents généralisés sous forme de radiers ; substrat très grossier (galets) et présence de blocs de pierre plus importants (jusqu'à 50 cm) témoignant de la forte énergie hydraulique de la rivière sur ce tronçon.
- Absence de phénomènes de divagation latérale, berges très basses et peu érodées, fréquemment munies de blocs de pierre d'origine naturelle assurant une protection des rives.
- Très peu de matériaux se déposent sur ce tronçon compte tenu de la forte pente. Les matériaux en transit en provenance de la tête de bassin (Augronne amont et affluents) sont transportés vers l'aval de ce secteur.
- Secteur de faible évolution géomorphologique en terme de translation du lit mineur. La rivière décrit de vastes sinuosités à évolution lente. La rivière s'est peu déplacée au fil des ans et peu de translations latérales sont à prévoir à long terme.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de liberté de largeur optimale sur l'ensemble du tronçon à composantes naturelles (prairies de fond de vallée). Largeur de 50 à 110 mètres en fonction du nombre de bras.
- Une seule zone ponctuelle de réduction du fuseau de mobilité au niveau du pont des Ports : présence d'une ancienne scierie (avec bief usinier) en rive droite et du pont.
- Présence très ponctuelle d'enrochements localisés en zones naturelles et dont l'utilité n'est pas toujours avérée. Leur suppression pourra être envisagée pour restaurer une mobilité latérale la plus fonctionnelle possible.



Figure 99 : Ecoulement turbulent sur la commune d'Aillevillers-et-Lyaumont



Figure 100 : Ancienne scierie imposant une réduction du fuseau de mobilité en amont du pont des Ports



Figure 101 : Augronne vue vers l'amont à l'extrémité aval du tronçon

Cours d'eau	Augronne	Limite amont	Confluence bras Semouse à Aillevillers
Tronçon	T-A2	Limite aval	Amont déviation D64 à Corbenay

Données générales

Ce secteur demeure de forte pente bien qu'en atténuation par rapport au tronçon amont (6,5 ‰). La vallée tend à s'élargir progressivement au delà de 900 mètres au niveau de l'interfluve Semouse/Augronne/Combeauté. Le cours d'eau évolue au sein d'alluvions quaternaires et suit un réseau de faille qui lui confère une orientation nord-est - sur-ouest sur l'ensemble du secteur. L'Augronne ne comprend qu'un seul bras sur ce tronçon et n'est composé que d'un chenal d'écoulement unique. Ce secteur est intégralement en zone naturelle excepté dans son extrémité amont (centre d'Aillevillers).

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Cours d'eau à forte dynamique d'écoulement compte tenu d'une pente élevée : rivière turbulente, comprenant de nombreuses zones de radiers. Présence de processus fréquents de divagation latérale : érosion des berges et translation du cours d'eau. Phénomènes n'ayant toutefois pas entraîné de déplacements importants du lit de la rivière par rapport à ses tracés anciens.
- Erosions globalement peu problématiques mais ayant fait l'objet de nombreux enrochements en zones naturelles (prairies, cultures).
- Lit mineur stabilisé régulièrement par l'implantation de petits seuils en blocs de pierre destinés à casser la dynamique naturelle. Ces ouvrages entraînent localement des phénomènes d'érosion régressive des berges et provoquent des dépôts de matériaux sous la forme d'atterrissements et d'embâcles fréquents.
- Très importants dépôts et érosions marquées au niveau de la confluence de l'Augronne et d'un bras secondaire de la Semouse en amont du pont d'Aillevillers : désordres hydrauliques provoqués par un comblement important du chenal d'écoulement (érosion de la berge opposée et risques accrus d'inondation dans le centre ville).
- Evolution progressive du style fluvial qui devient de plus en plus sinueux. Les méandres demeurent néanmoins de faible amplitude et longueur d'onde, du fait d'une pente encore élevée.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de divagation inexistant en amont du tronçon dans la traversée d'Aillevillers-et-Lyaumont (environ 750 m). Nécessité de préserver les enjeux urbains.
- Fuseau de mobilité de largeur importante sur le reste du linéaire en zone naturelle (environ 400 m), compte tenu d'un regroupement avec celui de la Semouse toute proche (plaine alluviale commune aux deux rivières).
- Présence fréquente d'enrochements et seuils en secteurs naturels. Une reconquête de la mobilité dans ces secteurs est souhaitable car les enjeux sont faibles (prairies, cultures).



Figure 102 : Enrochement en zone naturelle



Figure 103 : Seuil de stabilisation du fond du lit



Figure 104 : Erosion de berge et dépôts d'embâcles en aval d'un secteur aménagé



Figure 105 : Important atterrissement à la confluence de l'Augronne et d'un bras de la Semouse



Figure 106 : Vaste cône alluviale au sein du lit mineur et comblement du chenal d'écoulement

Cours d'eau	Augronne	Limite amont	Amont déviation D64 à Corbenay
Tronçon	T-A3	Limite aval	Confluence avec la Semouse

Données générales

Ce secteur correspond à l'extrémité aval de l'Augronne. Il est marqué par la présence de plusieurs bras qui rejoignent en de nombreux endroits le cours de la Semouse avant la véritable confluence qui s'opère au sud de la commune de Saint-Loup-sur-Semouse. La rivière s'inscrit dans un contexte urbain plus marqué.

Caractéristiques géomorphologiques et dynamique fluviale

- Dynamique naturelle peu marquée sur les différents bras secondaires, fréquemment canalisés par des aménagements de berges.
- Secteur n'ayant pas évolué de manière significative suite aux processus naturels mais qui s'est transformé sous l'effet des actions de l'homme qui a créé de toute pièce ces différents bras secondaires.
- Présence de plusieurs petits seuils de répartition des eaux entre les bras de l'Augronne et de la Semouse. Réseau complexe de bras ne permettant pas facilement d'identifier le cours d'eau d'appartenance.

Enjeux et espace de mobilité

- Espace de divagation préservé entre la déviation de la N64 et la zone industrielle de Magnoncourt (secteur des multiples bras). Devenir des seuils à envisager à terme.
- Forte réduction des possibilités de divagation du cours d'eau en aval du tronçon jusqu'à la confluence du fait du contexte urbain dense et de la présence de zones d'activité (industrie du meuble). Nécessité de contenir les phénomènes naturels dans ce secteur.



Figure 107 : Bras secondaire en contexte urbain à Saint-Loup-sur-Semouse

8

Conclusion

L'étude géomorphologique de la Lanterne et de ses affluents nous a permis de comprendre le fonctionnement morphodynamique des cours d'eau et de mieux appréhender les raisons des dépôts sédimentaires observés et les mécanismes en présence.

Les différentes étapes menées au cours de cette phase montrent, d'une manière globale :

- la présence de nombreux processus morphodynamiques sur l'ensemble des cours d'eau, en particulier sur la rivière Breuchin qui apparaît comme étant la plus mobile ;
- la participation du contexte global du bassin au caractère naturel de ces processus : secteurs de fortes pentes, morphologie de la plaine alluviale, horst de Luxeuil, formations géologiques ;
- l'existence fréquente d'aménagements dans le lit et sur les berges dans un objectif de stabilisation des cours d'eau (visiblement davantage d'ordre préventif que curatif), y compris sur des berges en secteur naturel où les enjeux sont faibles ;
- le renforcement des processus naturels dans certains secteurs fortement aménagés : secteur de la déviation de Saint-Sauveur, secteurs amont et/ou aval de la quasi-totalité des zones de gravières accompagnées d'un endiguement du lit ;
- la présence de nombreux ouvrages (anciens moulins) parfois dans un état dégradé, et dont l'usage ancien a souvent disparu. L'impact de ces ouvrages sur le transport solide est très variable : faible sur les têtes de bassin ou le transport est réduit (compte tenu de la taille des matériaux à transporter), plus important dans les zones de moindre pente ou la simple présence d'un ouvrage engendre souvent la formation d'un dépôt aval ;

- la présence de dépôts sédimentaires localement importants et problématiques (secteurs urbains) comme cela est le cas à Corbenay (Baraques Chardin), Conflans-sur-Lanterne, Aillevillers-et-Lyaumont, ...

Les processus morphodynamiques résultent :

- d'une part de processus naturels ;
- d'autre part d'actions humaines qui renforcent ces processus où en font apparaître dans des secteurs non affectés à l'origine. La plupart des secteurs fortement aménagés (seuils de stabilisation, enrochements importants des berges) provoquent aujourd'hui des érosions régressives et une dynamique exacerbée en amont et/ou aval des tronçons traités. Dans certains secteurs, les rivières tendent à reprendre leur dynamique et des risques de contournement d'ouvrages sont à craindre. Les anciennes zones d'extraction en lit mineur ont provoqué le piège des sédiments et ont entraîné un déficit en matériaux qui s'est traduit par des érosions en aval.

D'une manière générale, l'ensemble des cours d'eau sont productifs, c'est à dire qu'ils véhiculent une charge solide en période de crue. La Semouse est le cours d'eau dont le transport solide est le moins important. Les atterrissements les plus importants se situent en aval de tronçons pourvus d'une forte dynamique naturelle (conditionnée par une pente élevée) et généralement à la faveur d'une diminution de la pente du lit mineur. Le Breuchin et l'Augronne sont parmi les cours d'eau qui charrient le plus de matériaux.

L'analyse des tracés historiques des cours d'eau a fait par ailleurs ressortir l'évolution en plan des tracés des cours d'eau. Cette évolution historique, ainsi que les enjeux observés lors des visites de terrain nous ont alors permis de définir l'espace à l'intérieur duquel il est souhaitable de conserver une dynamique naturelle (fuseau de mobilité) ainsi que les secteurs où il est préférable de la contenir du fait des enjeux en présence. Les actions préconisées en phase 3 permettent d'atteindre les objectifs ainsi définis : conservation de la libre divagation par démantèlement de protections de berges inutiles, renforcement des protections à proximité d'enjeux rivulaires.

Dans la plupart des cas, les problématiques mises en évidence résultent d'apports de matériaux susceptibles de gêner les écoulements et de favoriser les inondations de zones habitées. Les érosions réellement problématiques sont rares car ces phénomènes concernent souvent des zones naturelles. La Figure 108 localise les principaux secteurs dynamiques ainsi que les points noirs observés.

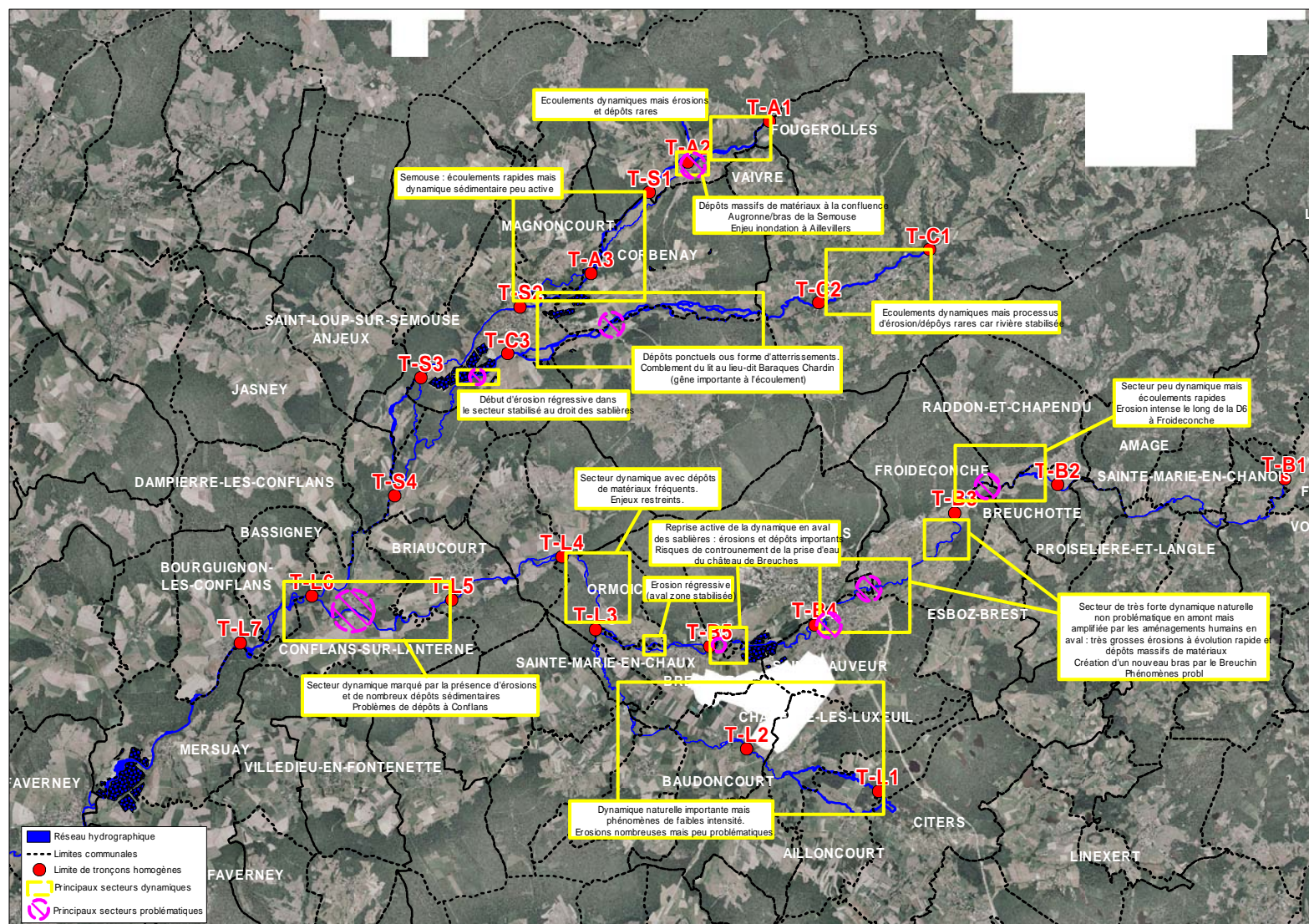


Figure 108 : Synthèse de la dynamique naturelle sur le bassin de la Lanterne

ANNEXES

Annexe 1 : Localisation des stations granulométriques

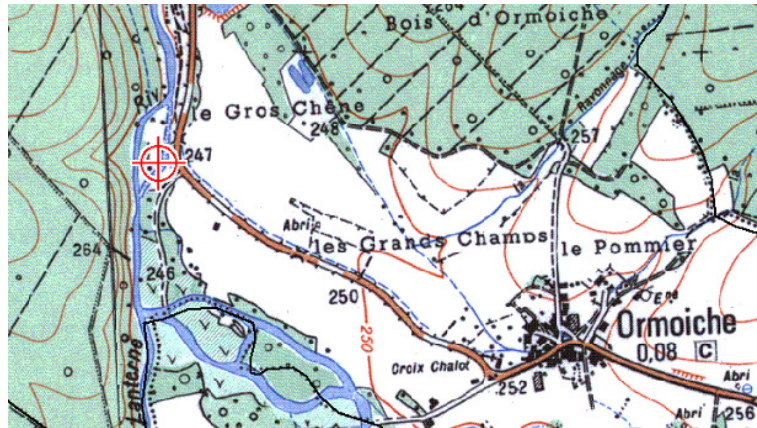
Annexe 2 : Courbes granulométriques

ANNEXE 1 : LOCALISATION DES STATIONS GRANULOMETRIQUES

Rivière : LANTERNE

Station 1 : ORMOICHE

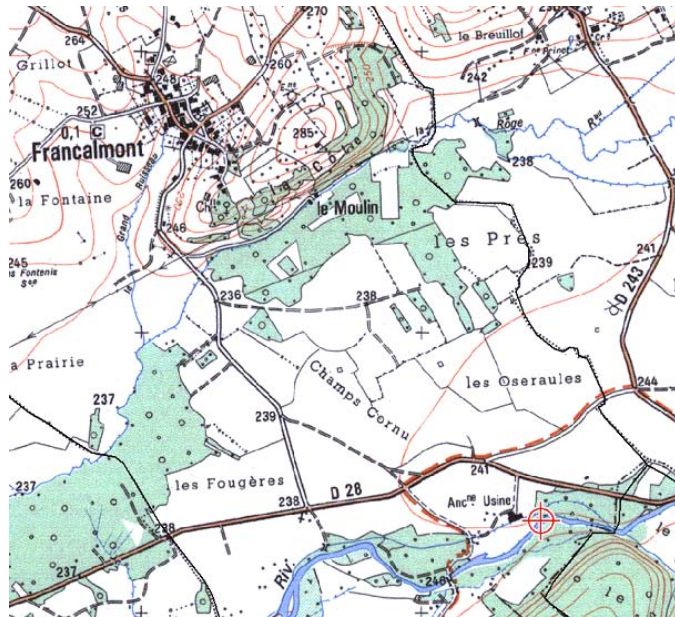
Atterrissement situé sur le bras droit de la rivière, à proximité immédiate de la D28 (petite zone de parking voiture).



Rivière : LANTERNE

Station 2 :
FRANCALMONT

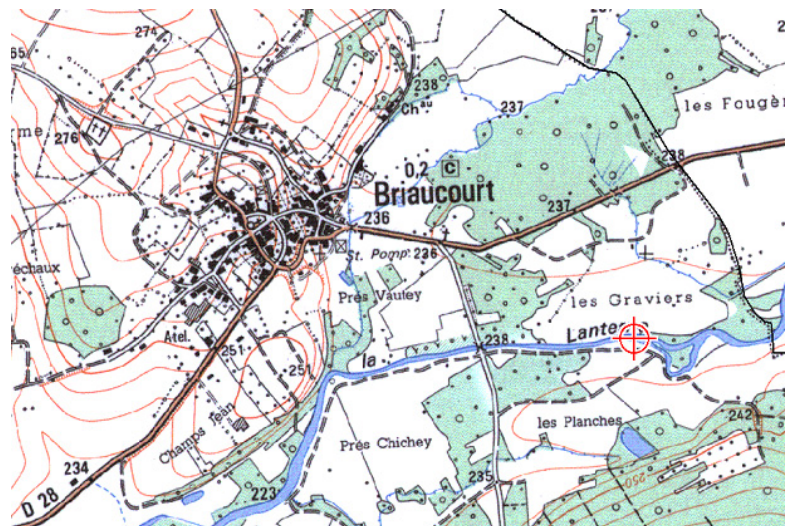
Atterrissement situé en rive gauche de l'île centrale entre le bras principal de la rivière et le bief de l'ancienne usine.



Rivière : LANTERNE

Station 3 :
BRIAUCOURT

Atterrissement situé en rive gauche le long du chemin longeant la rivière et en face de l'enrochement.



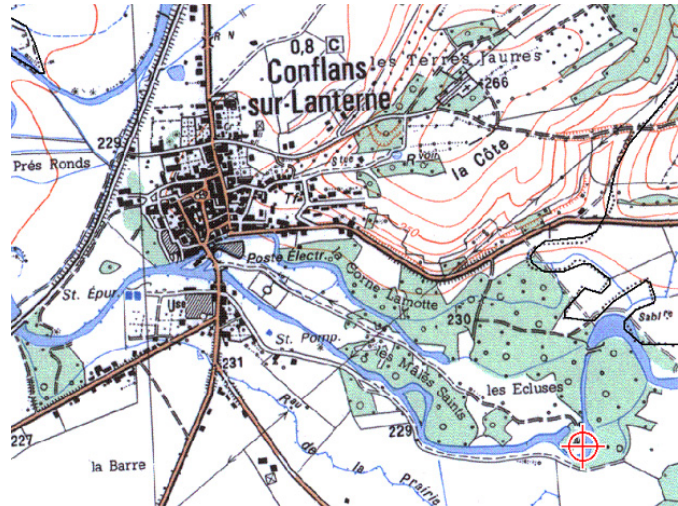
Rivière : LANTERNE

Station 4 : CONFLANS-SUR-LANTERNE

L'atterrissement est situé à l'intérieur d'un vaste méandre qui se trouve en aval d'un gros seuil (lieu-dit les Ecluses).

Atterrissement de très grosses dimensions.

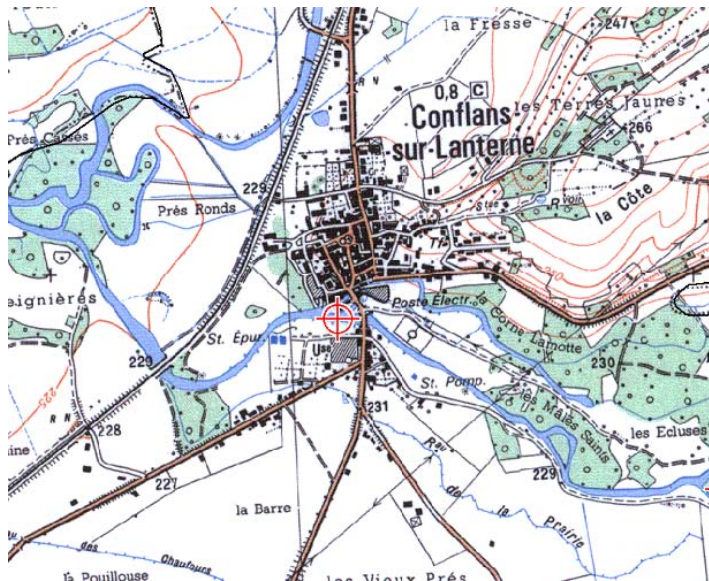
Deux points de mesure.



Rivière : LANTERNE

Station 5 : CONFLANS-SUR-LANTERNE

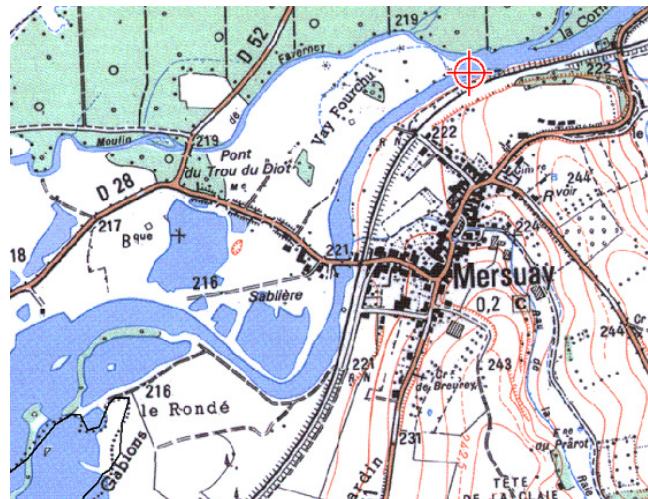
L'atterrissement se trouve 100 mètres en aval du pont de Conflans.



Rivière : LANTERNE

Station 6 : MERSUAY

Atterrissement situé en aval immédiat du seuil.

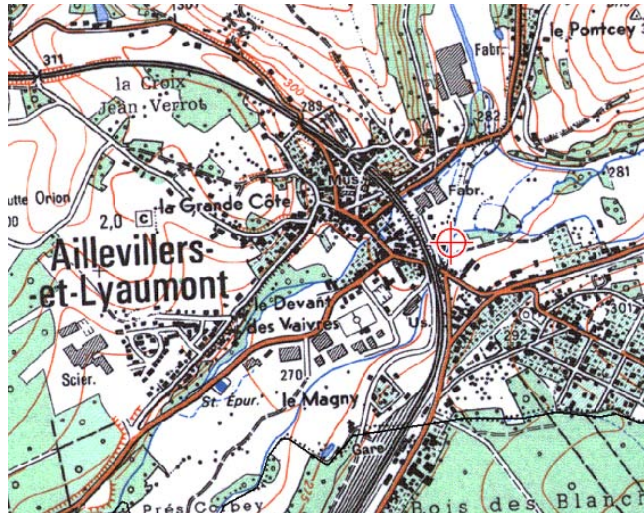


Rivière : AUGRONNE

Station 7 : AILLEVILLERS et LYAUMONT

Atterrissement situé à la confluence entre le Semouse et l'Augronne, en amont du pont.

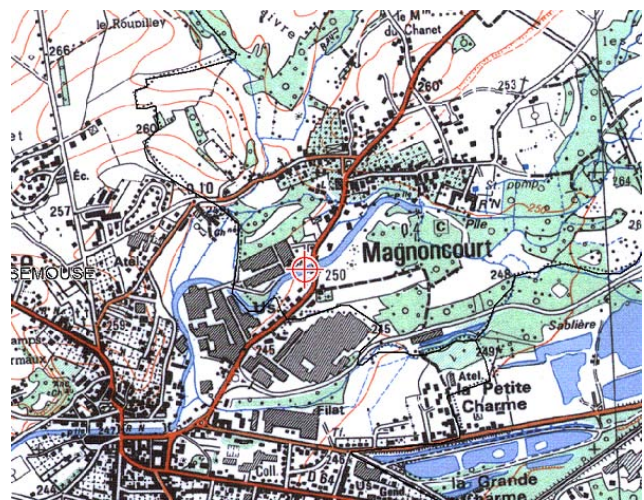
Deux points de mesure.



Rivière : SEMOUSE

Station 8 : MAGNONCOURT

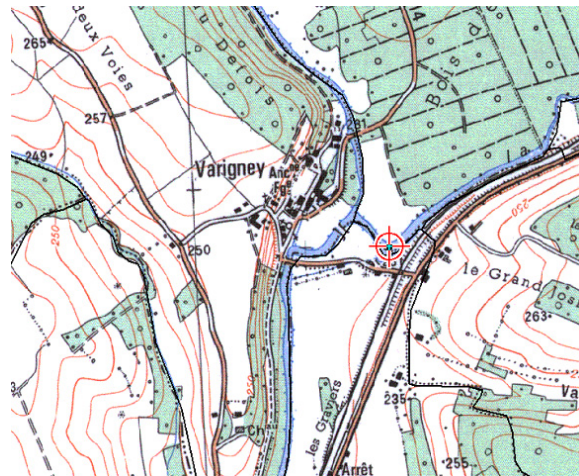
Atterrissement situé en aval du pont de la D64 (présence d'entrepôts en rive droite).



Rivière : SEMOUSE

Station 9 : CONFLANS-SUR-LANTERNE

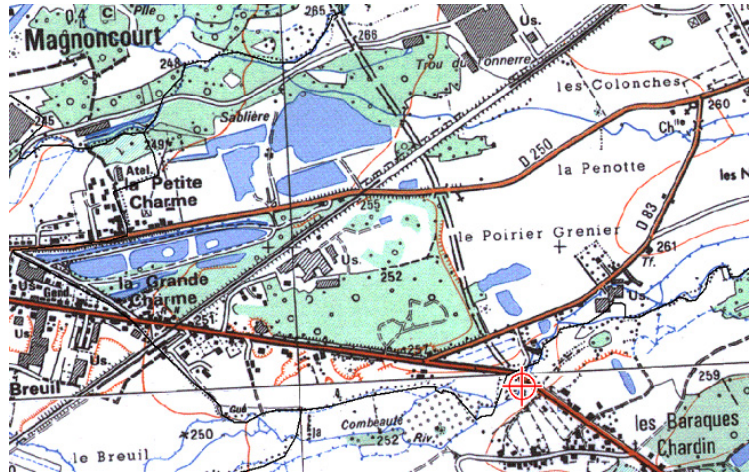
Atterrissement situé en aval du seuil, à proximité du lieu-dit Varigney.



Rivière : COMBEAUTE

Station 10 :

Atterrissement situé en aval du pont de l'ancienne D64, à proximité du lieu-dit « les Barraques Chardin ».

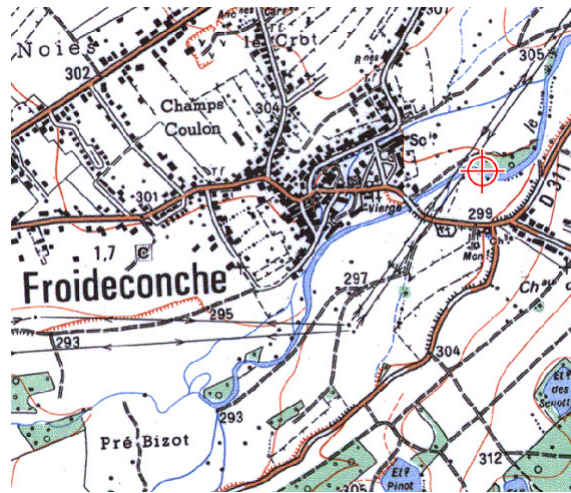


Rivière : BREUCHIN

Station 11 : FROIDECONCHE

Atterrissement situé dans un méandre à droite, en aval d'une grosse érosion de berge rive gauche.

Deux points de mesure.

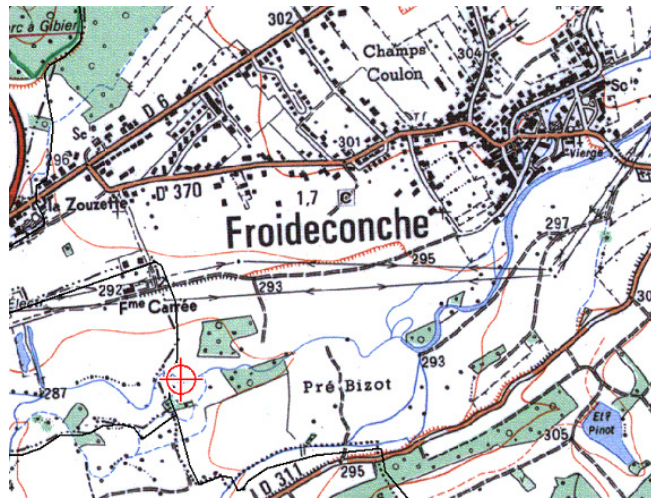


Rivière : BREUCHIN

Station 12 : FROIDECONCHE

Atterrissement situé sur le bras droit du Breuchin en amont de la déviation. Très gros atterrissement avec développement de végétation.

Deux points de mesure.

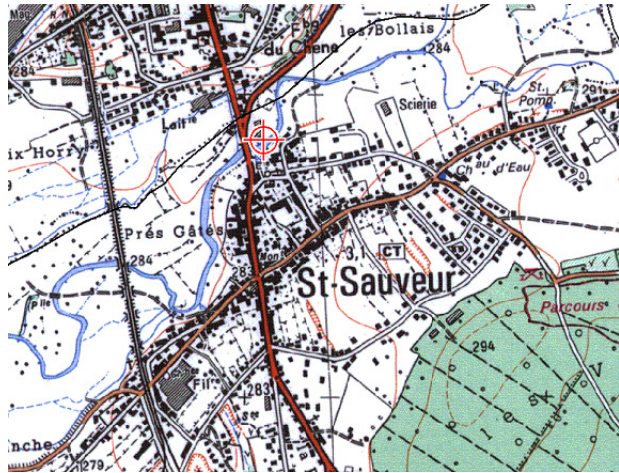


Rivière : BREUCHIN

Station 13 : SAINT-SAUVEUR

Atterrissement situé en rive droite, au droit d'un entrepôt de supermarché.

Deux points de mesure.

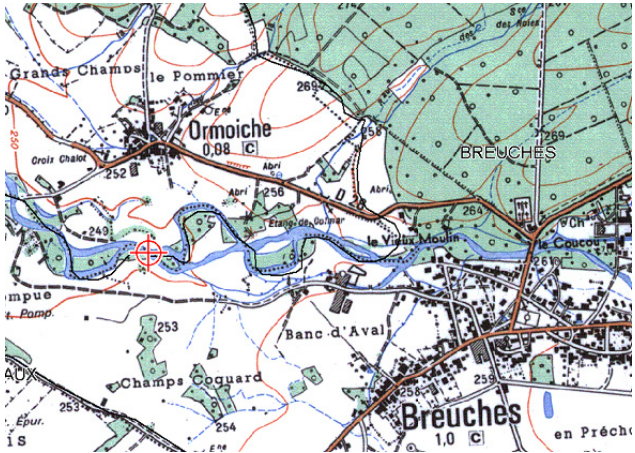


Rivière : BREUCHIN

Station 14 : ORMOICHE

Atterrissement situé en rive droite en amont d'une petite île.

Présence de nombreux bois morts sur les galets.

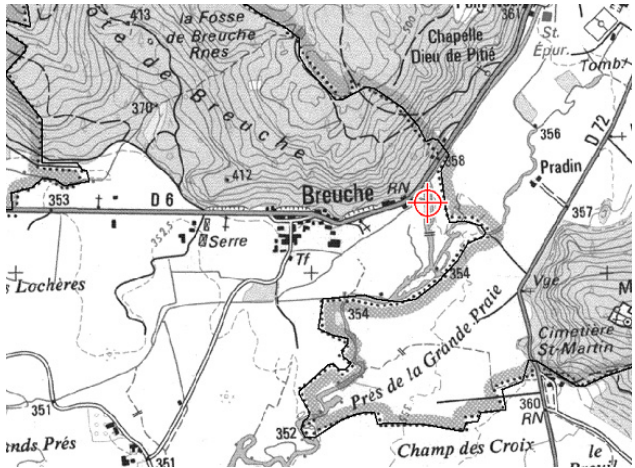


Rivière : BREUCHIN

Station 15 : VOIVRE

Atterrissement situé à proximité d'un ancien moulin au lieu-dit « Breuche », en aval du déversoir.

Deux points de mesure.



ANNEXE 2 : COURBES GRANULOMETRIQUES

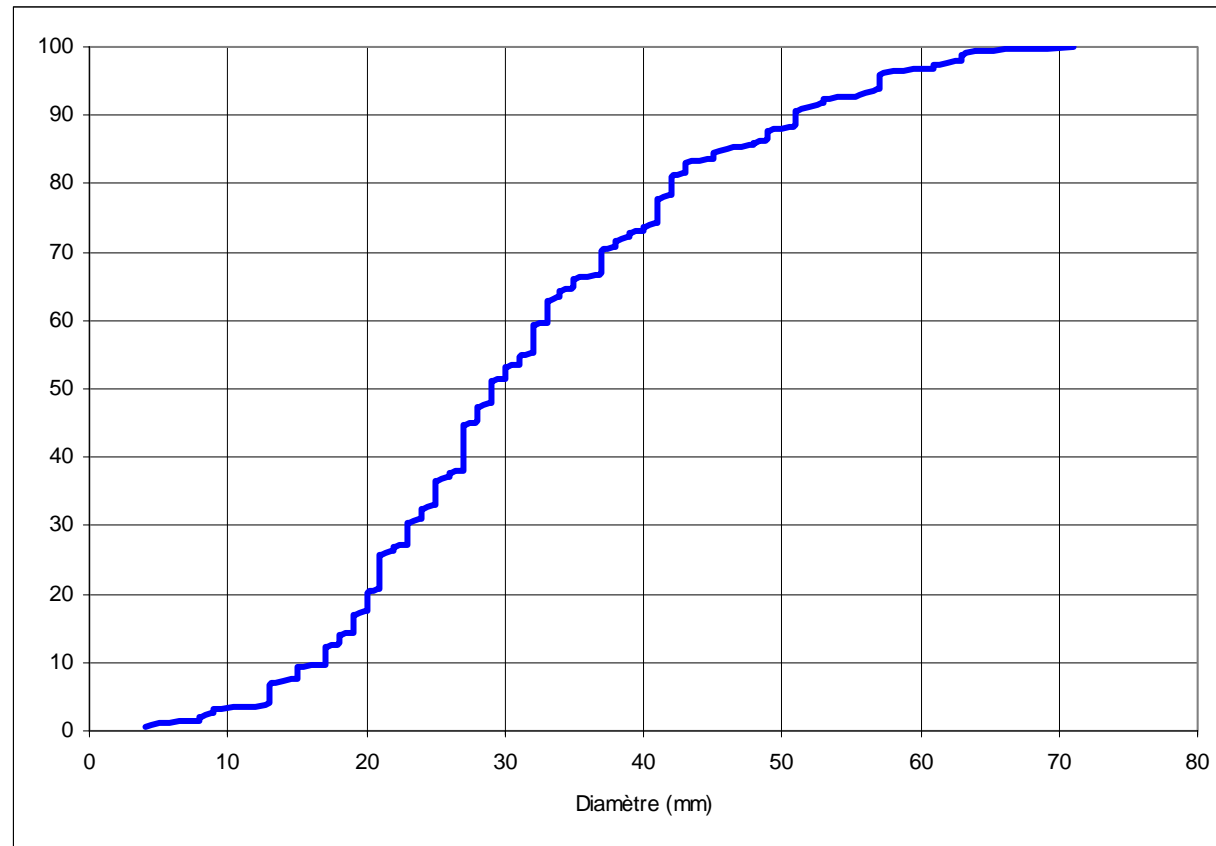


Figure 109 : Courbe granulométrique de la station 1 : la Lanterne à Ormoiche

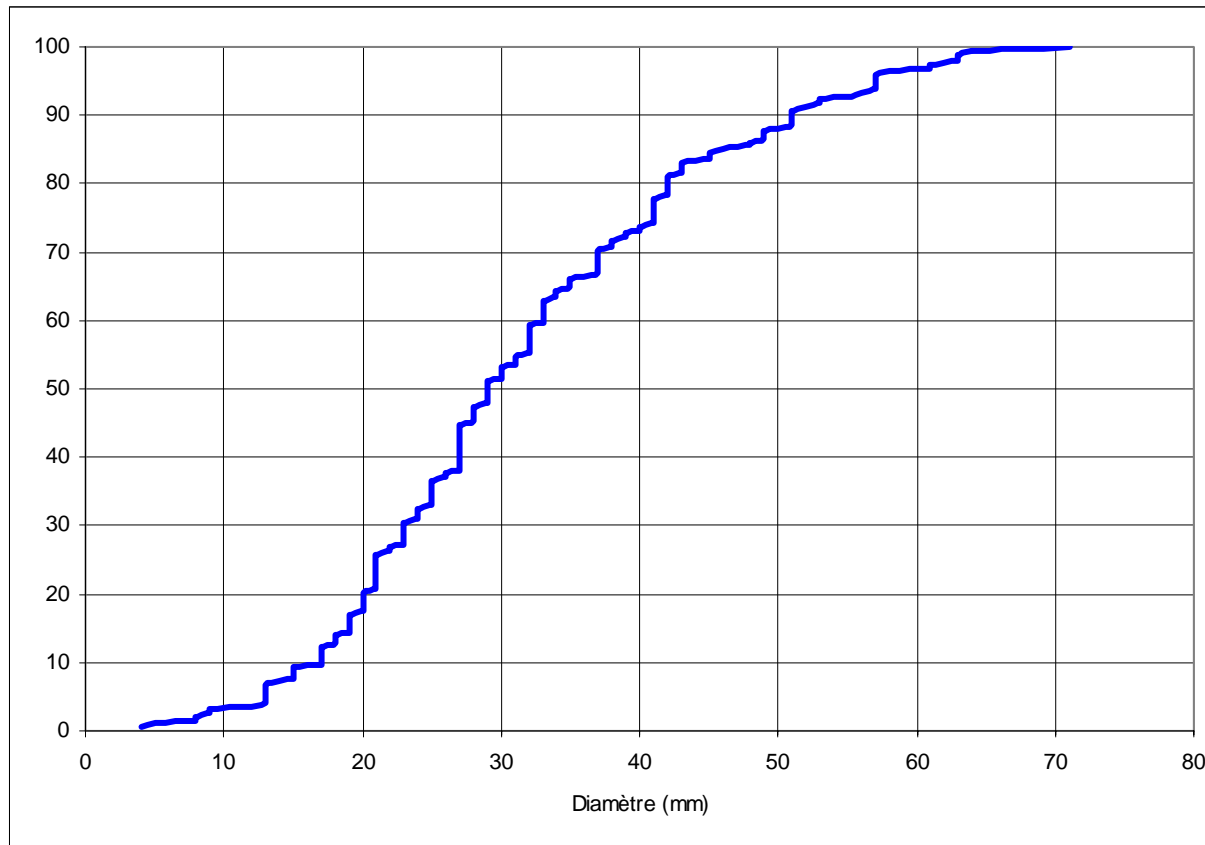


Figure 110 : Courbe granulométrique de la station 2 : la Lanterne à Francalmont

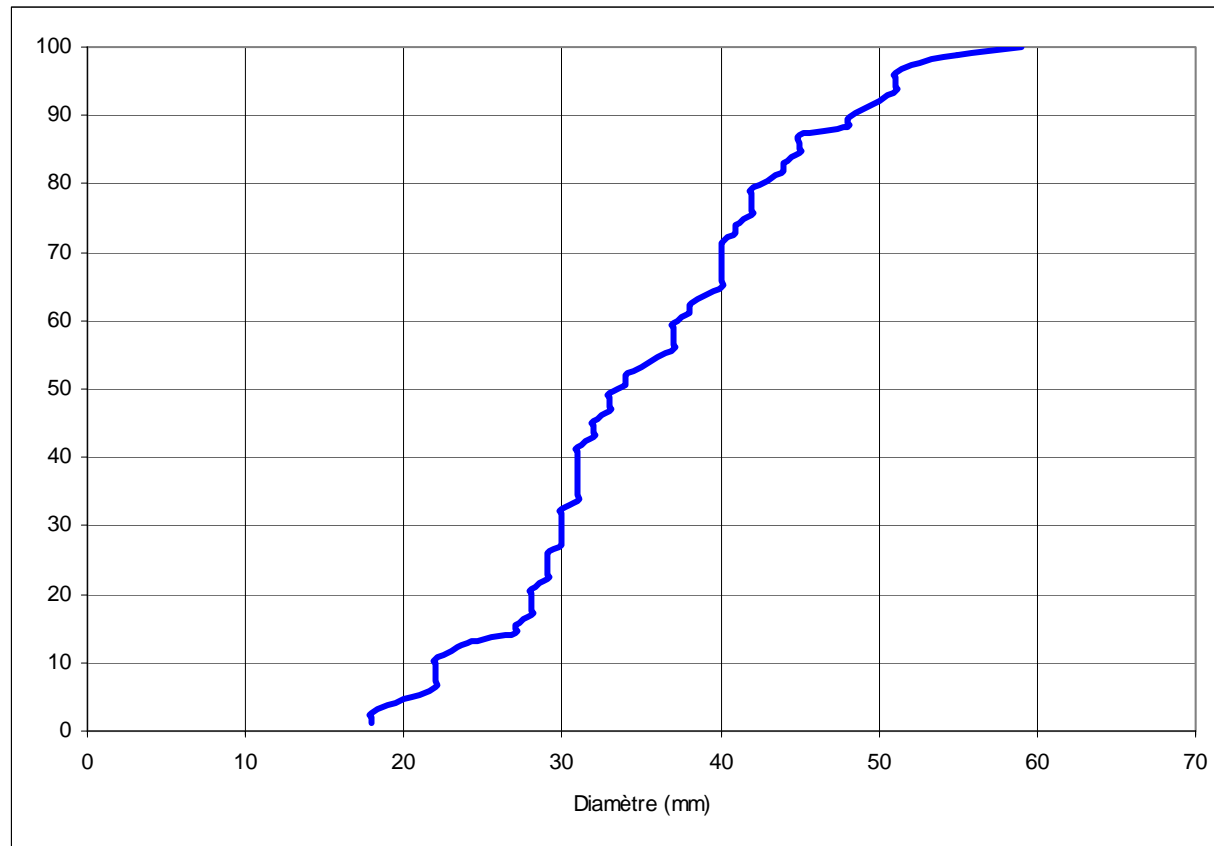


Figure 111 : Courbe granulométrique de la station 3 : la Lanterne à Briaucourt

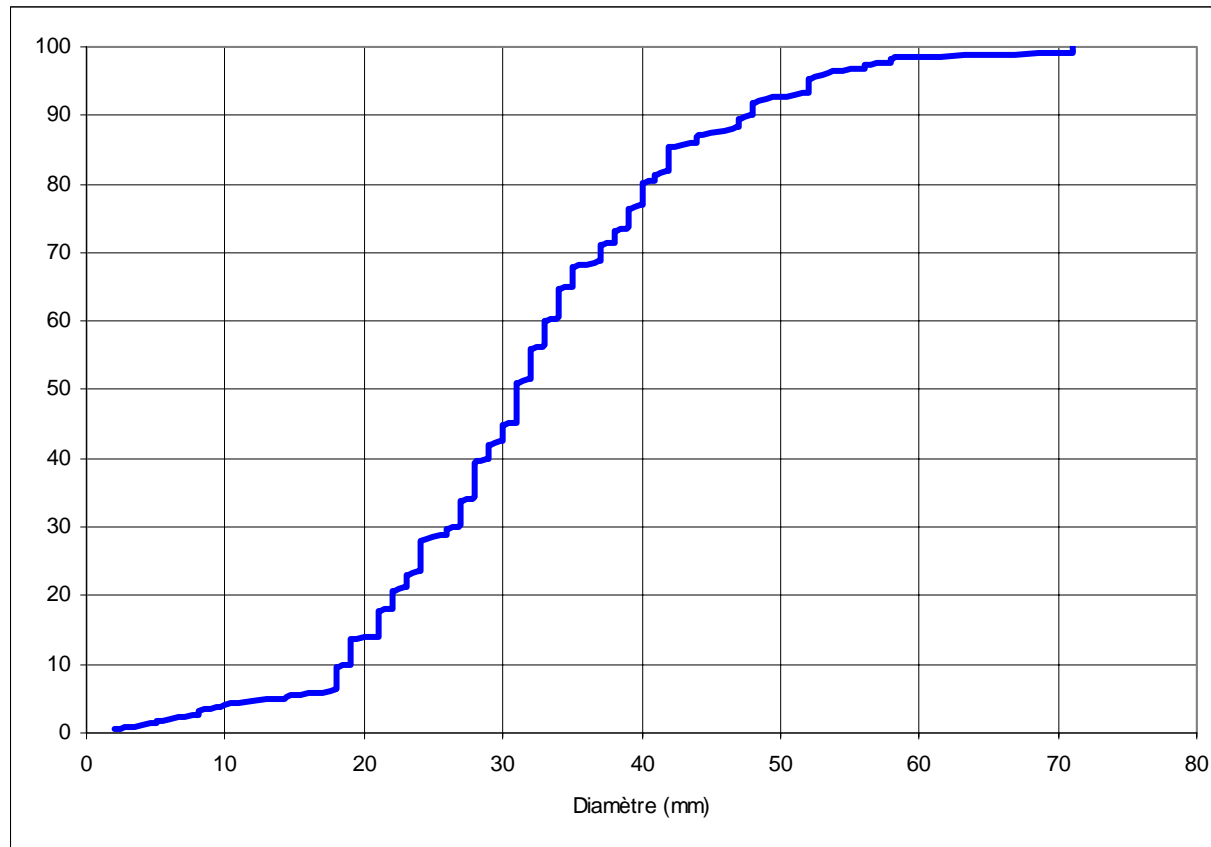


Figure 112 : Courbe granulométrique de la station 4 : la Lanterne à Conflans (mesure amont)

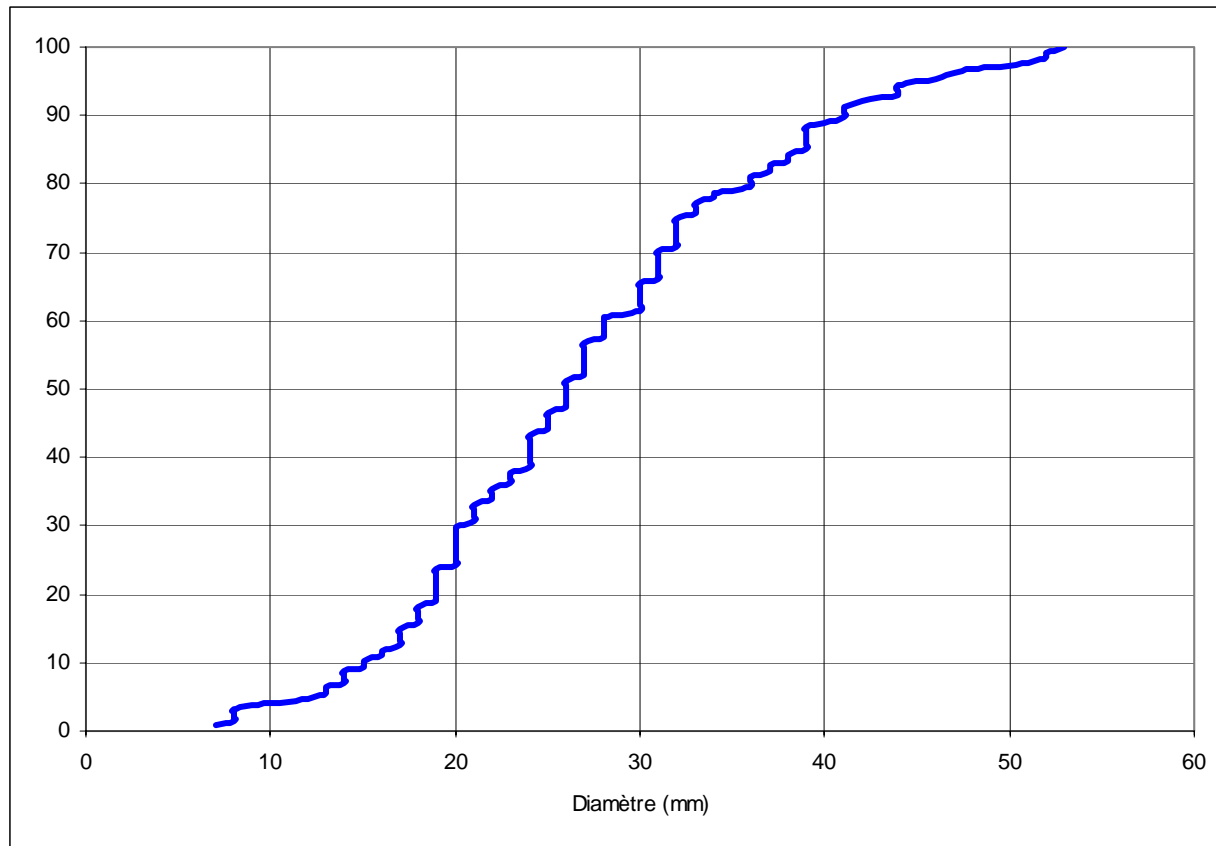


Figure 113 : Courbe granulométrique de la station 4 : La Lanterne à Conflans (mesure aval)

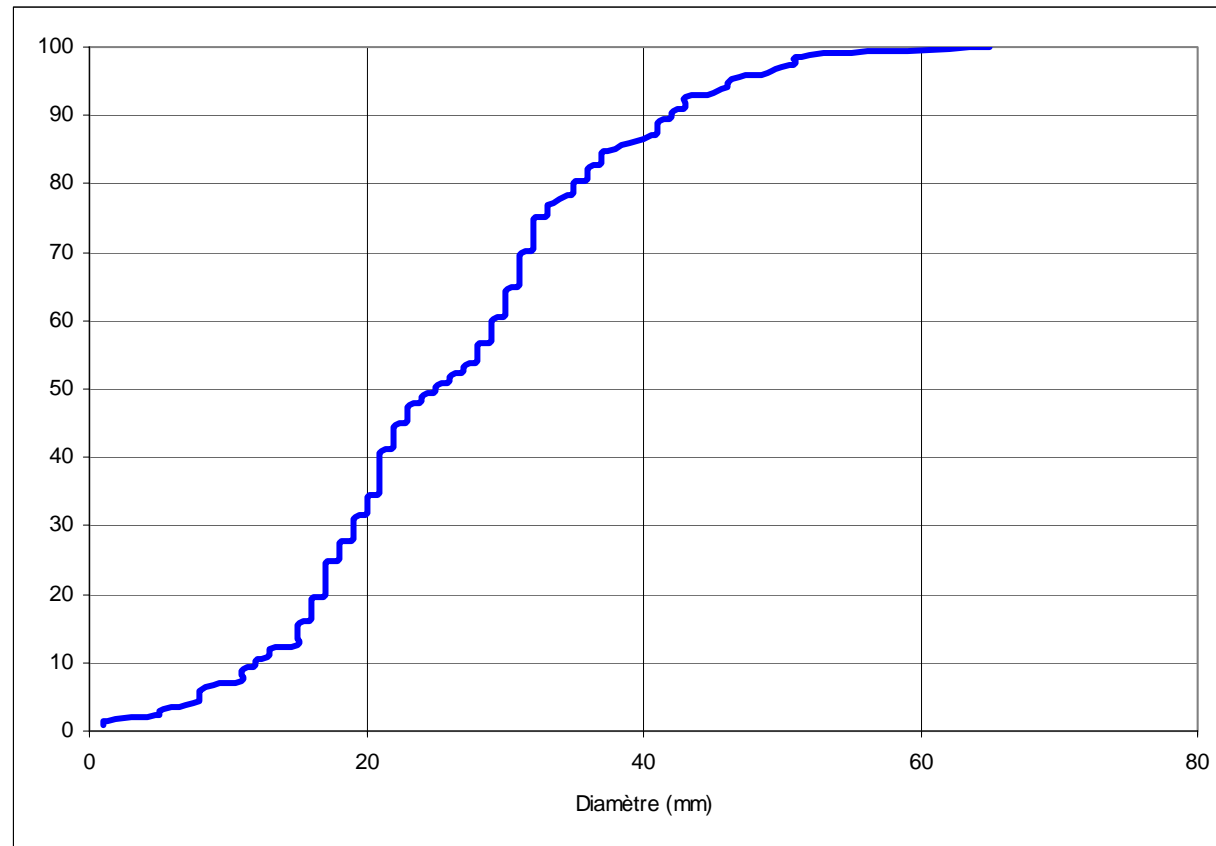


Figure 114 : Courbe granulométrique de la station 5 : la Lanterne à Conflans

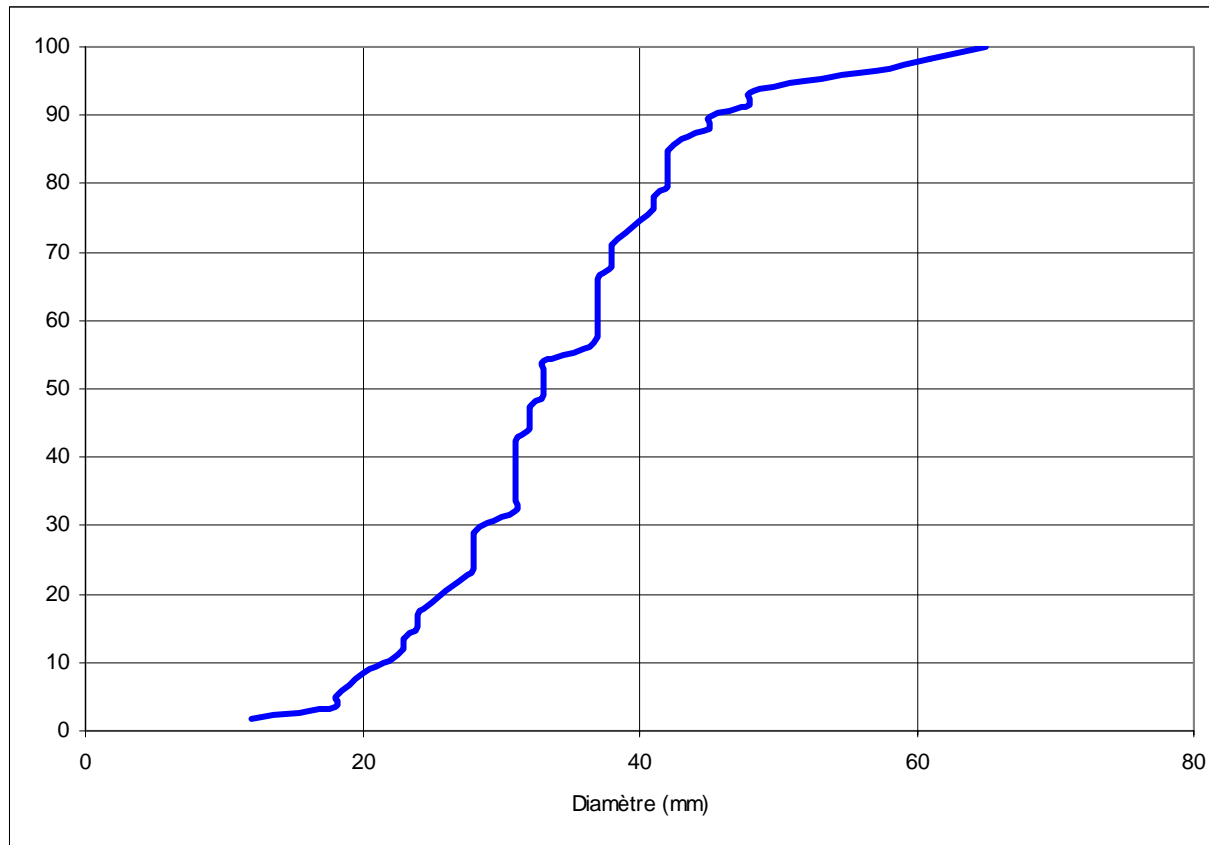


Figure 115 : Courbe granulométrique de la station 6 : la Lanterne à Mersuay

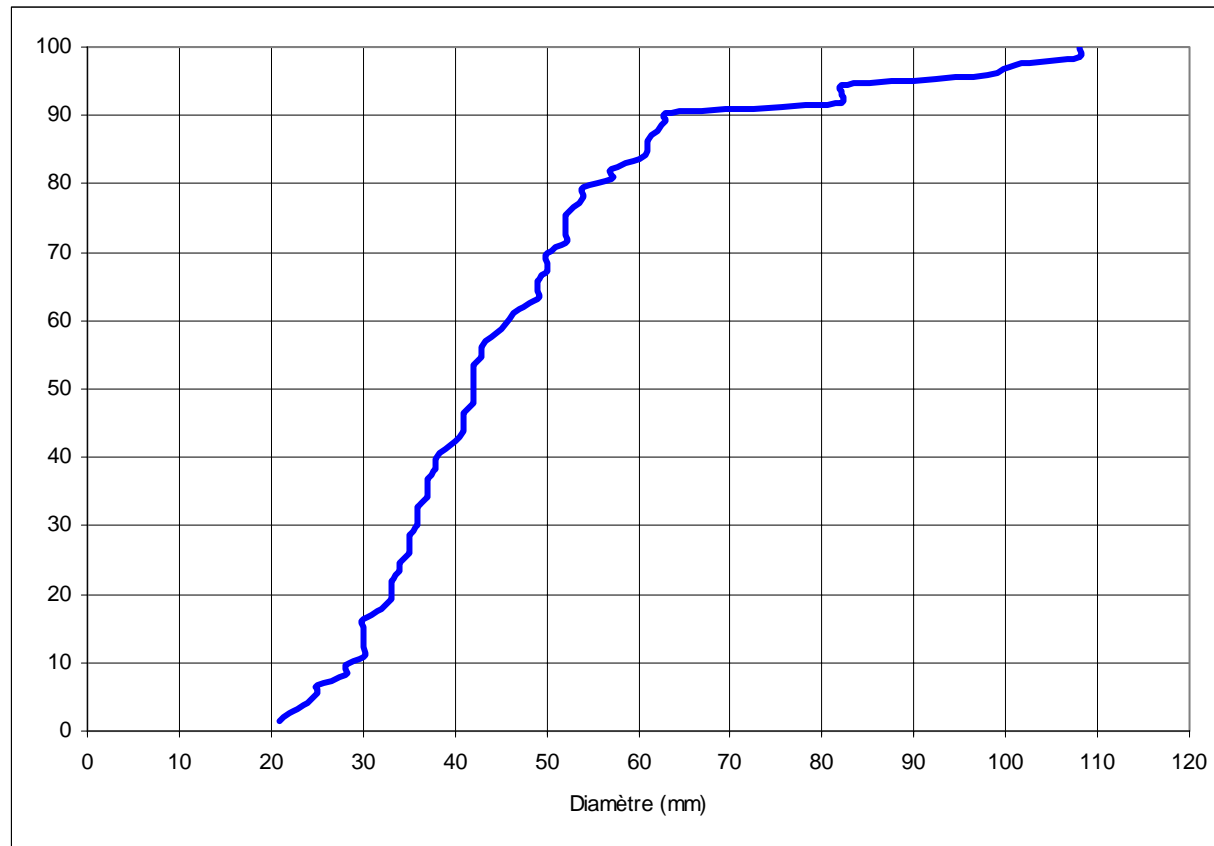


Figure 116 : Courbe granulométrique de la station 7 : la Semouse à Aillevillers (mesure amont)

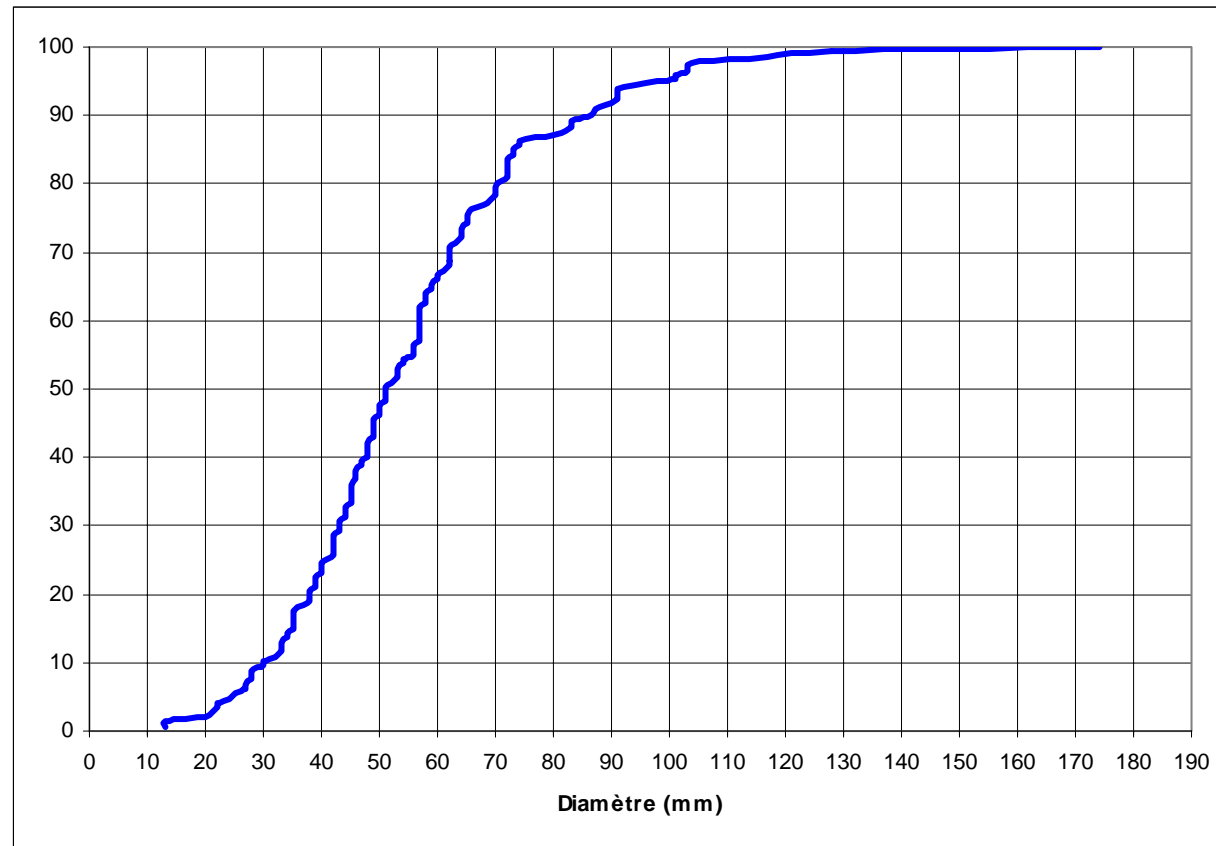


Figure 117 : Courbe granulométrique de la station 7 : la Semouse à Aillevillers (mesure aval)

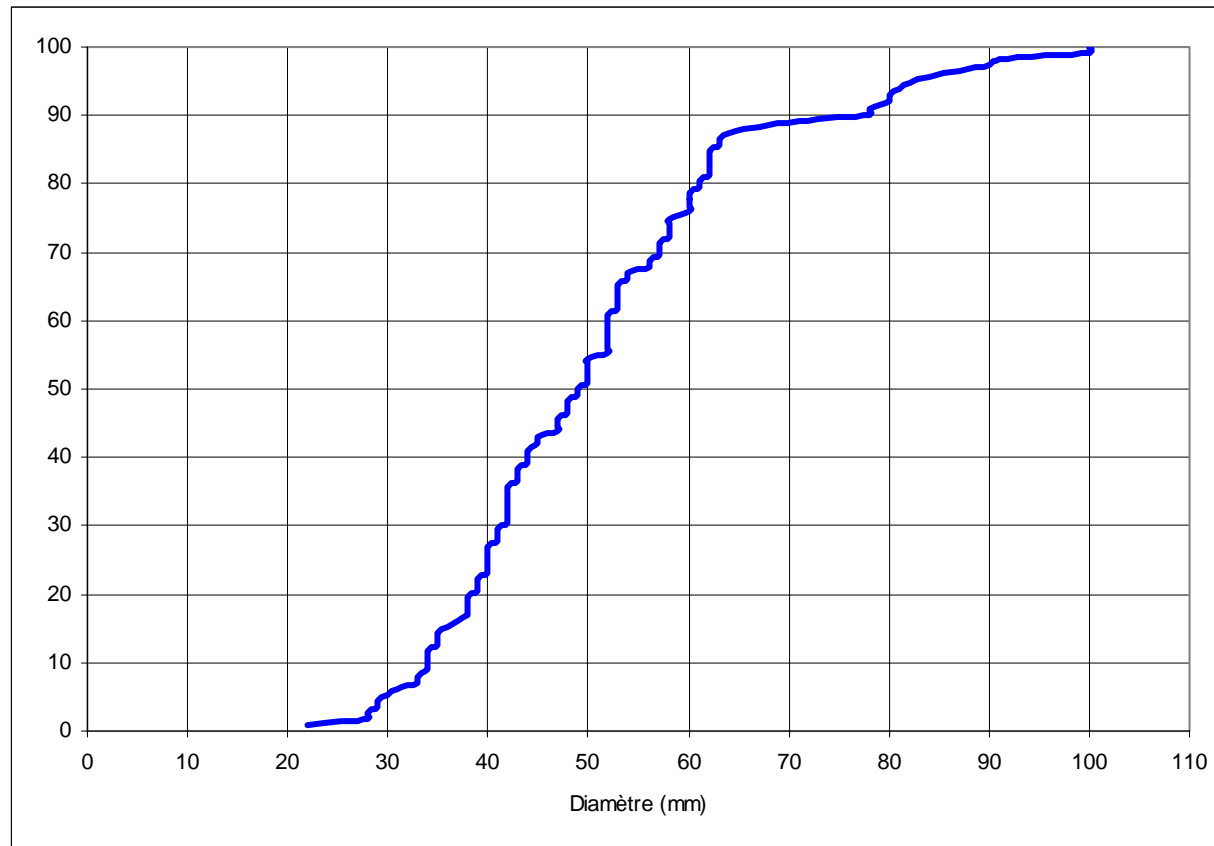


Figure 118 : Courbe granulométrique de la station 8 : la Semouse à Magnoncourt

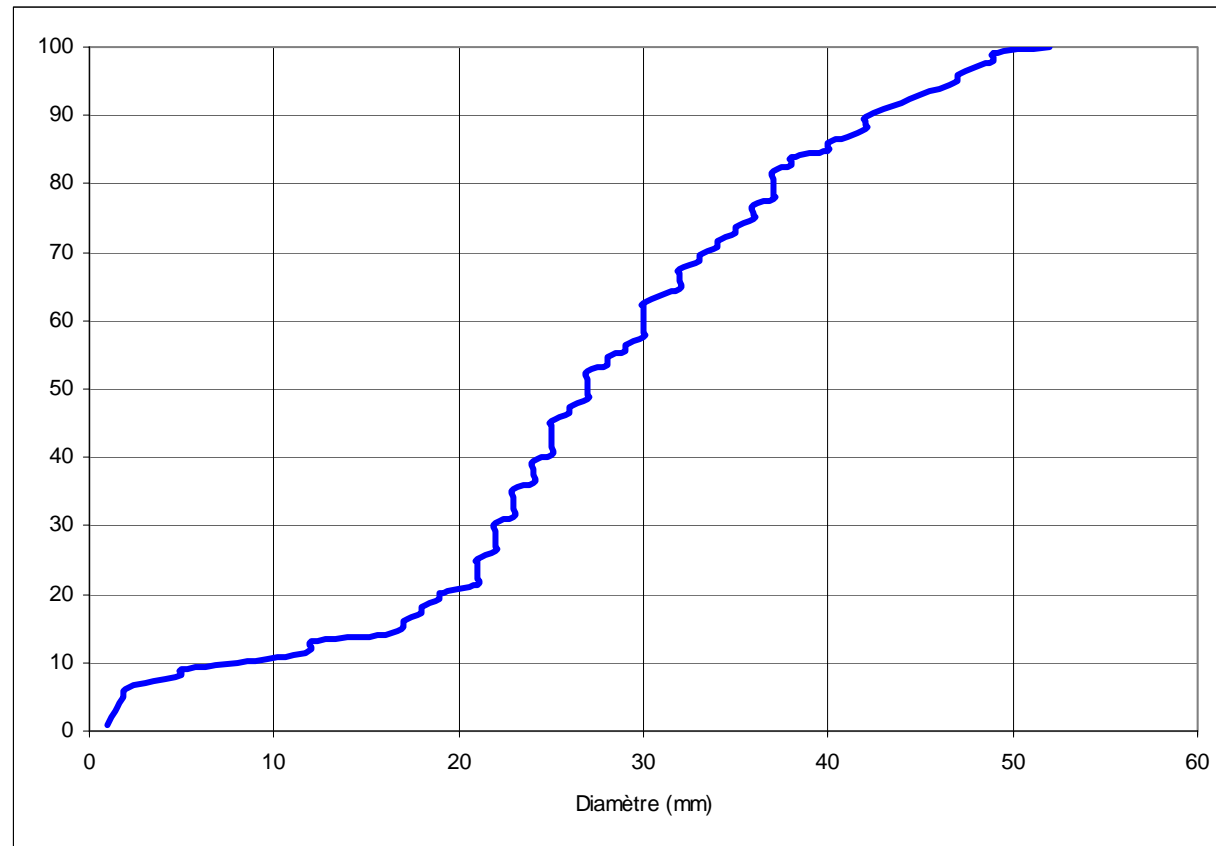


Figure 119 : Courbe granulométrique de la station 9 : la Semouse à Conflans

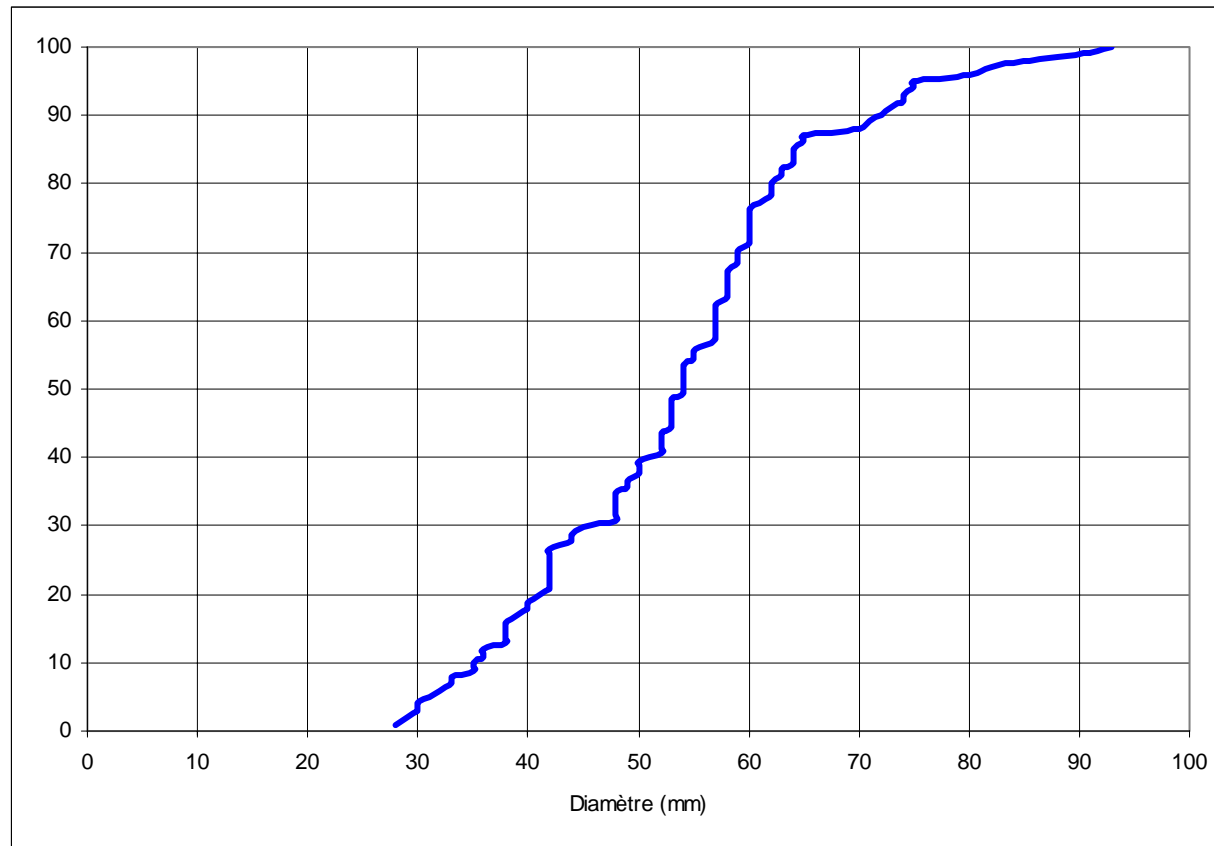


Figure 120 : Courbe granulométrique de la station 10 : la Combeauté à Fontaine-les-Luxeuil

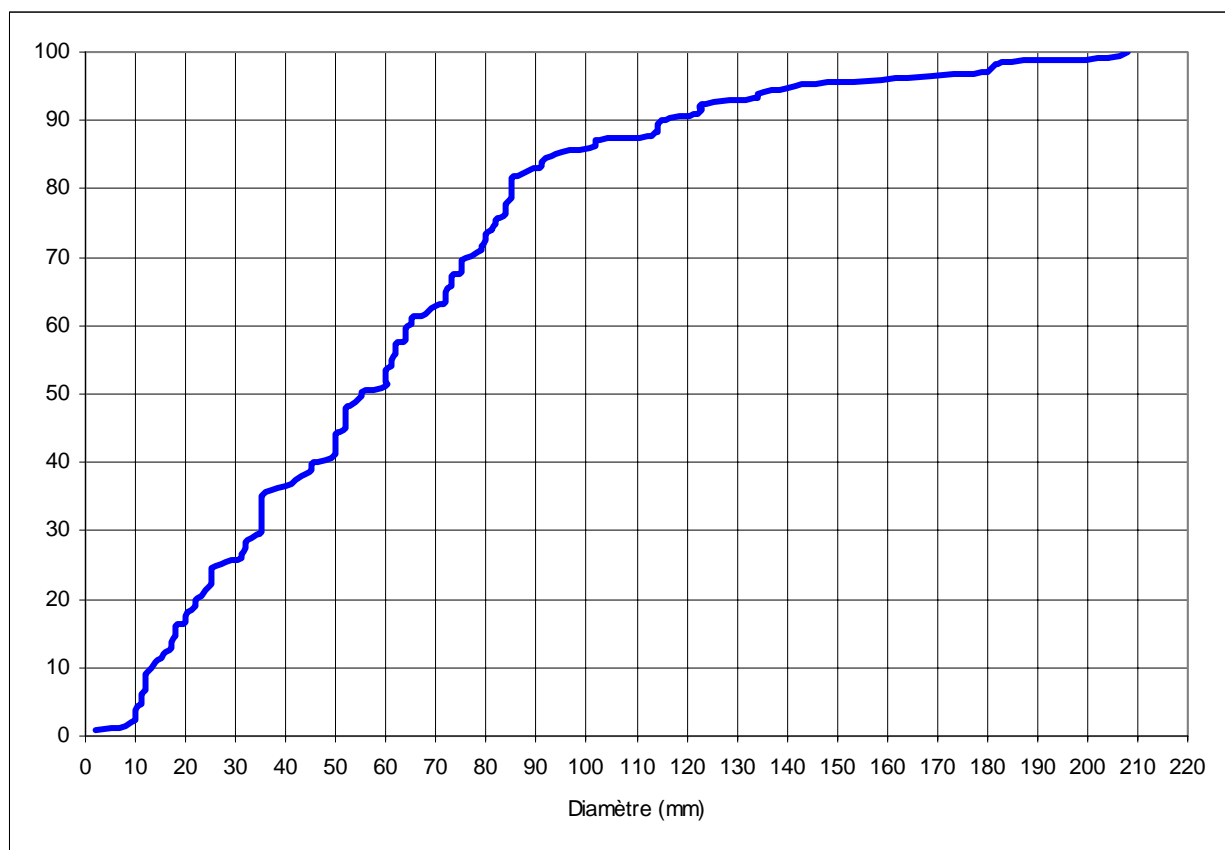


Figure 121 : Courbe granulométrique de la station 11 : le Breuchin à Froideconche (mesure amont)

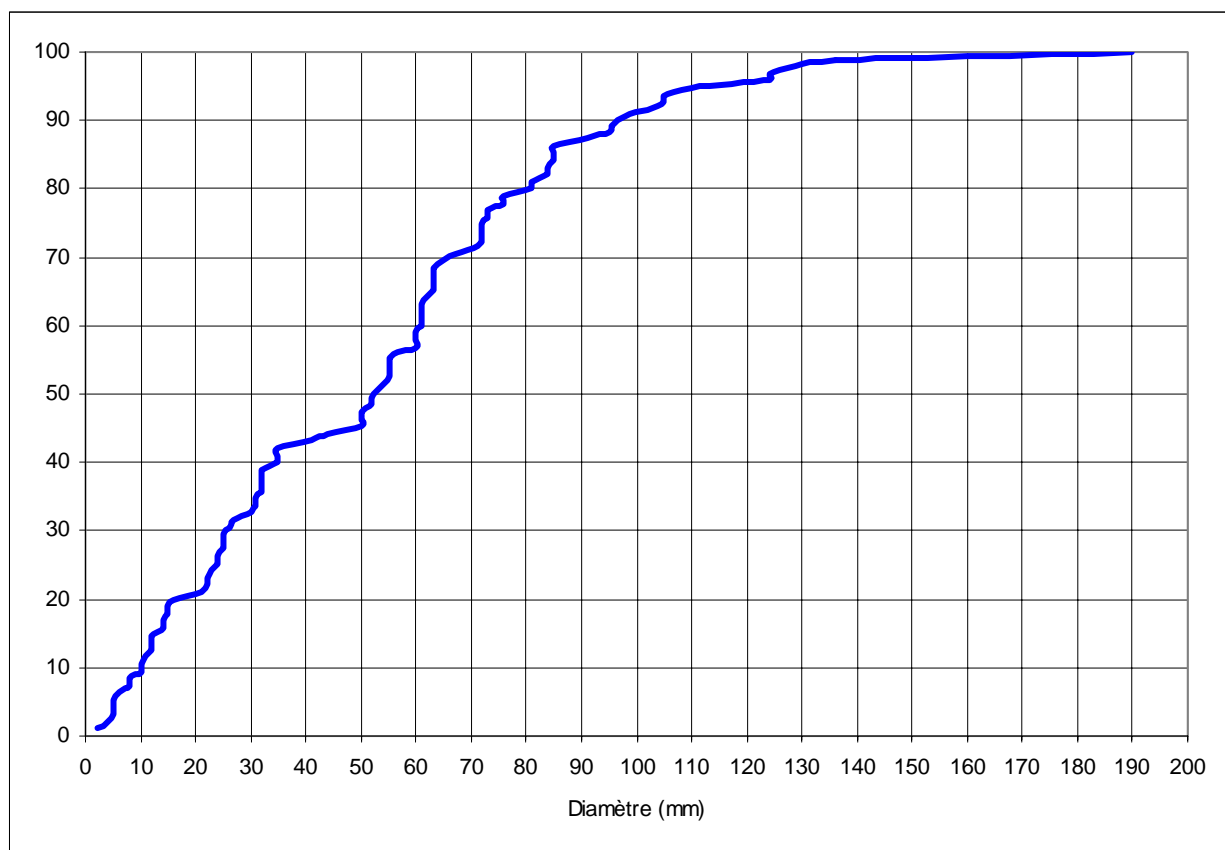


Figure 122 : Courbe granulométrique de la station 11 : le Breuchin à Froideconche (mesure aval)

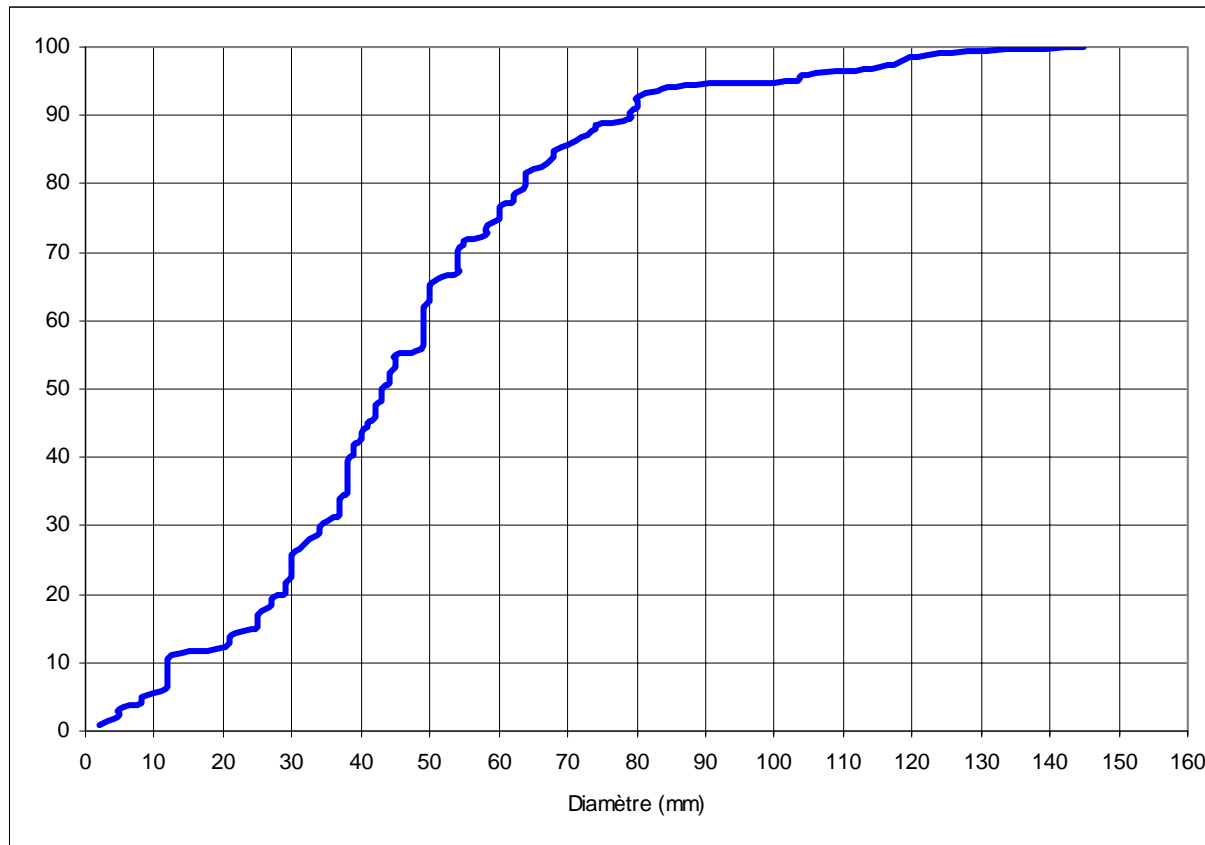


Figure 123 : Courbe granulométrique de la station 12 : le Breuchin à Froideconche (mesure amont)

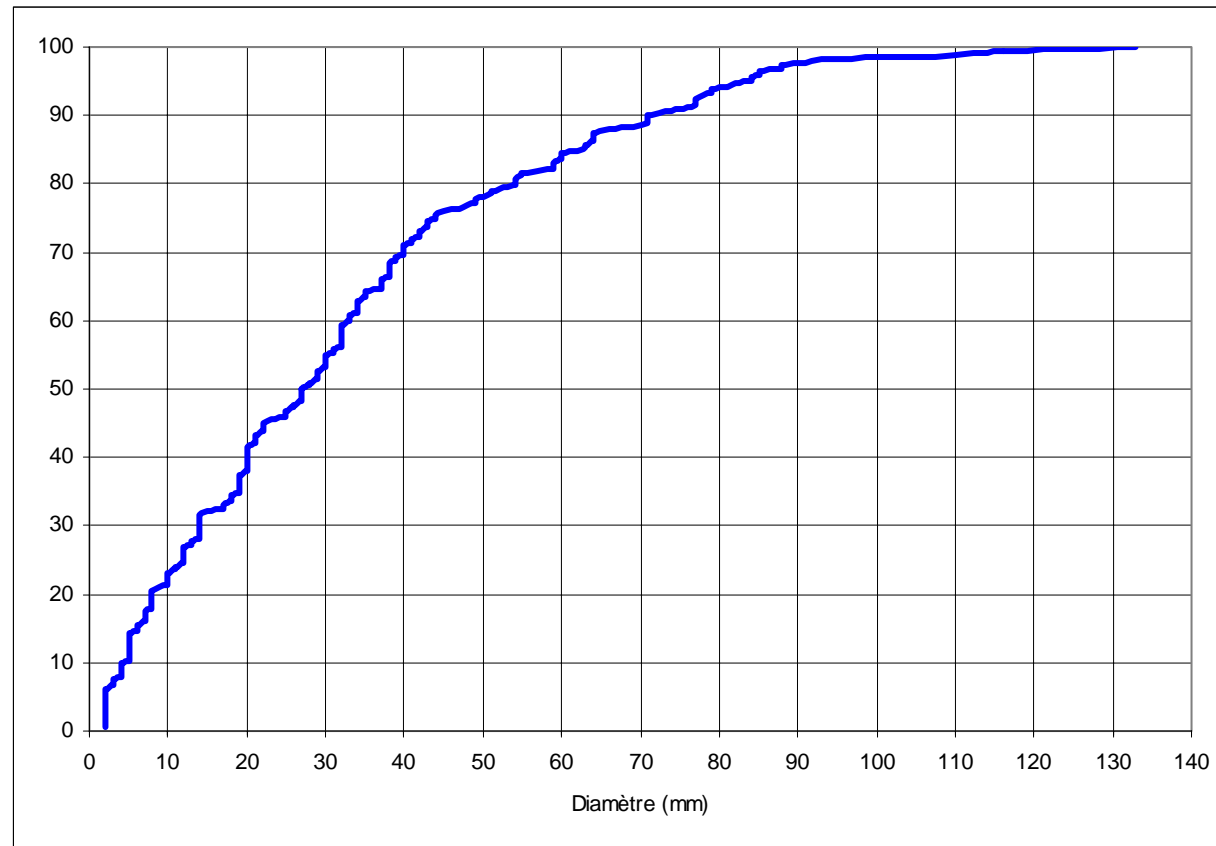


Figure 124 : Courbe granulométrique de la station 12 : le Breuchin à Froideconche (mesure aval)

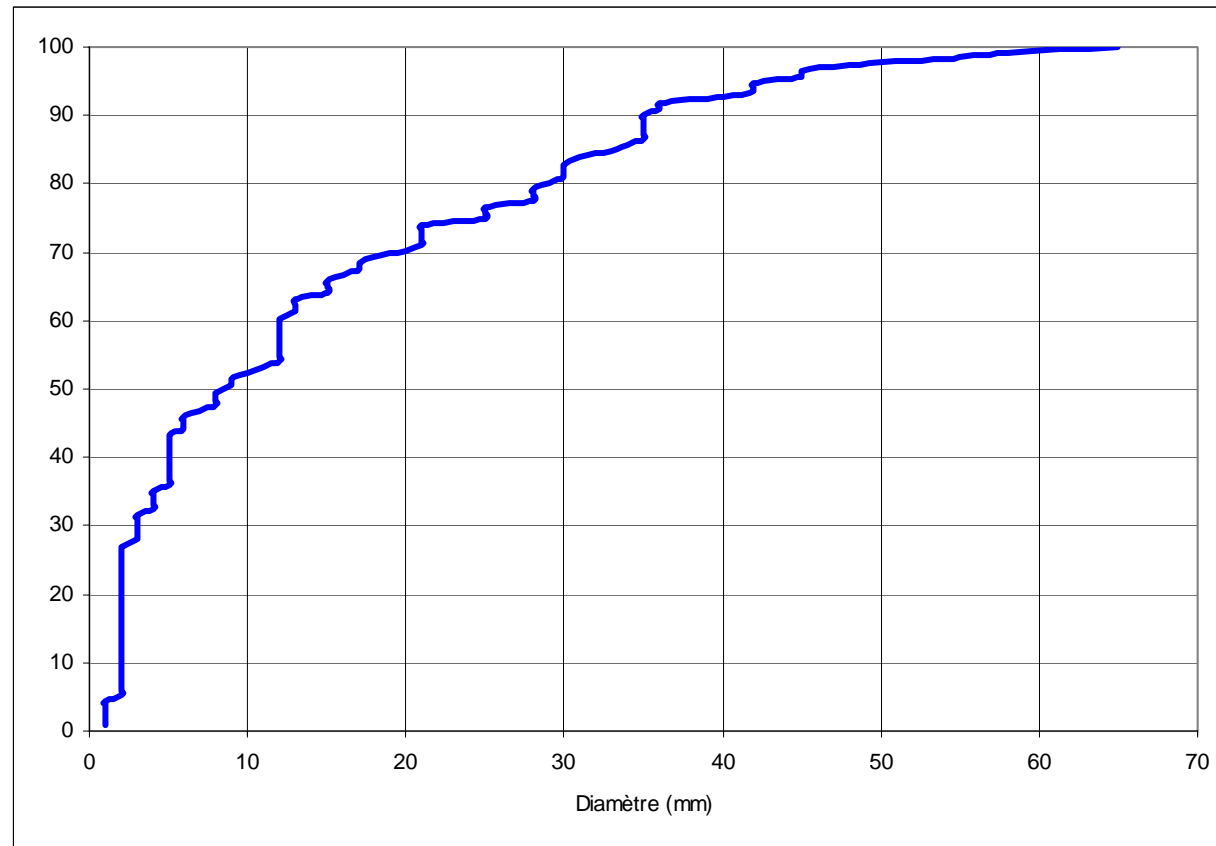


Figure 125 : Courbe granulométrique de la station 13 : le Breuchin à Saint-Sauveur (mesure amont)

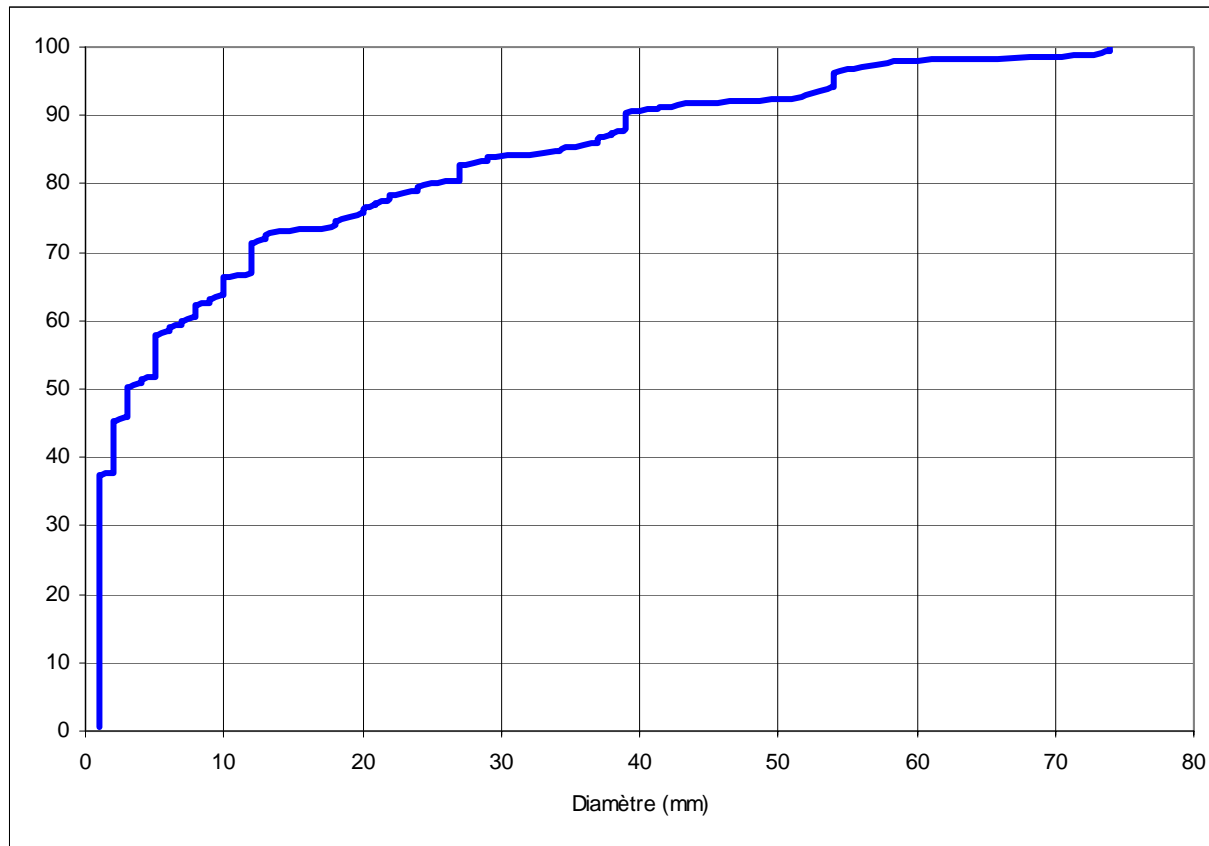


Figure 126 : Courbe granulométrique de la station 13 : le Breuchin à Saint-Sauveur (mesure aval)

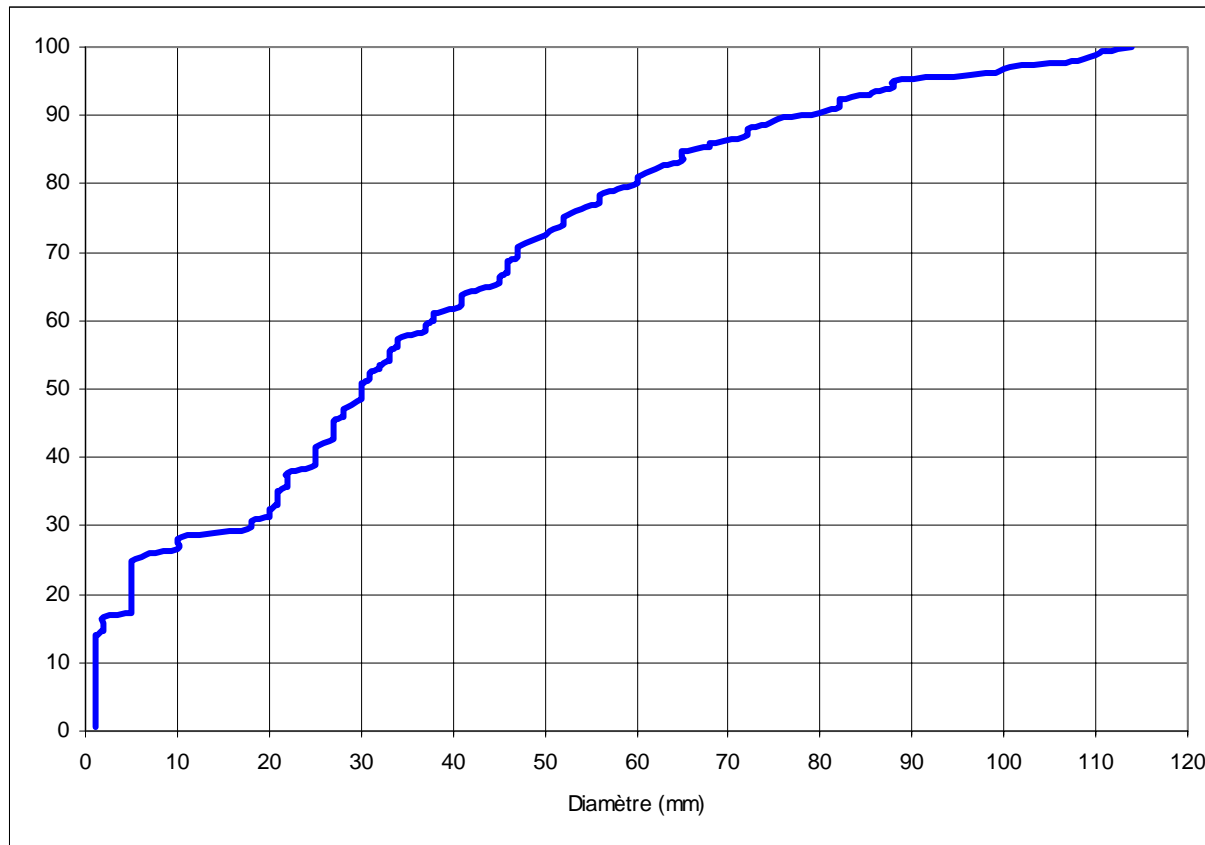


Figure 127 : Courbe granulométrique de la station 14 : la Breuchin à Ormoiche

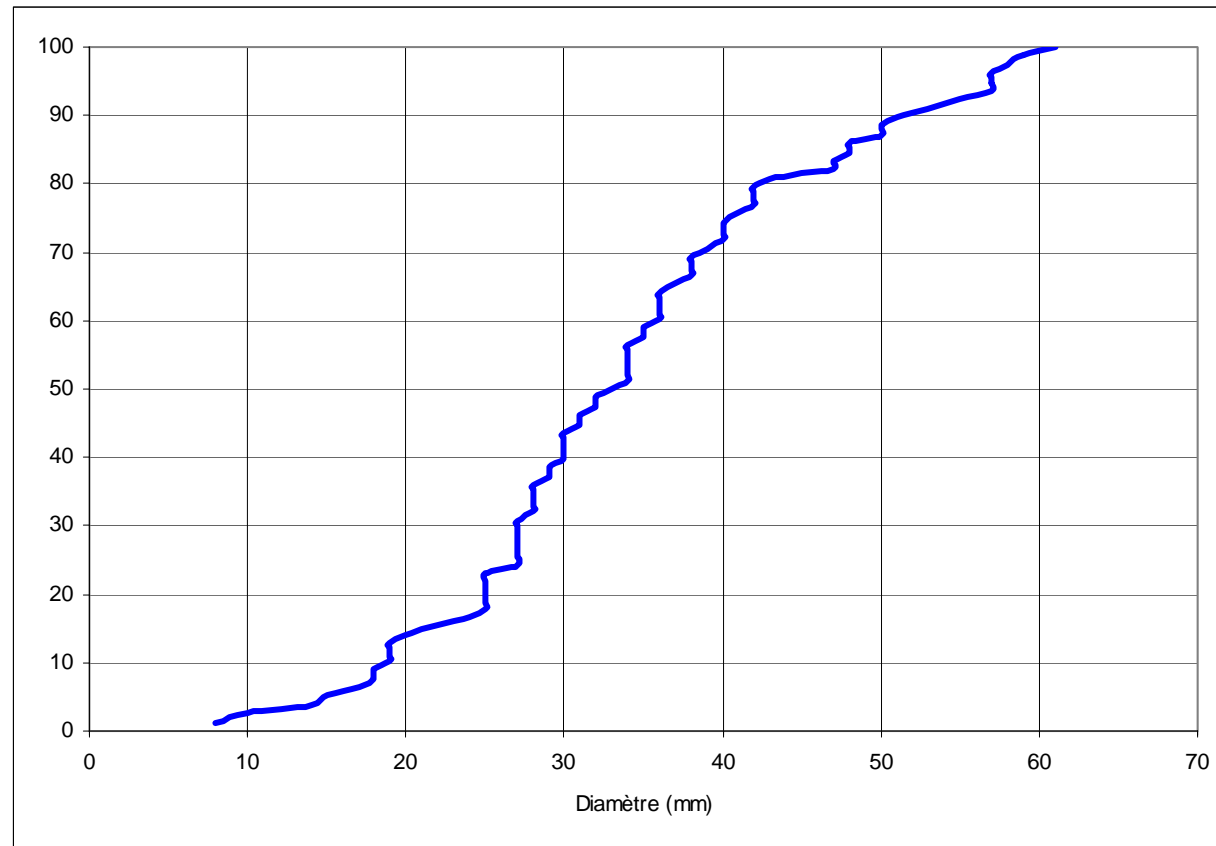


Figure 128 : Courbe granulométrique de la station 15 : le Breuchin à Voivre (mesure amont)

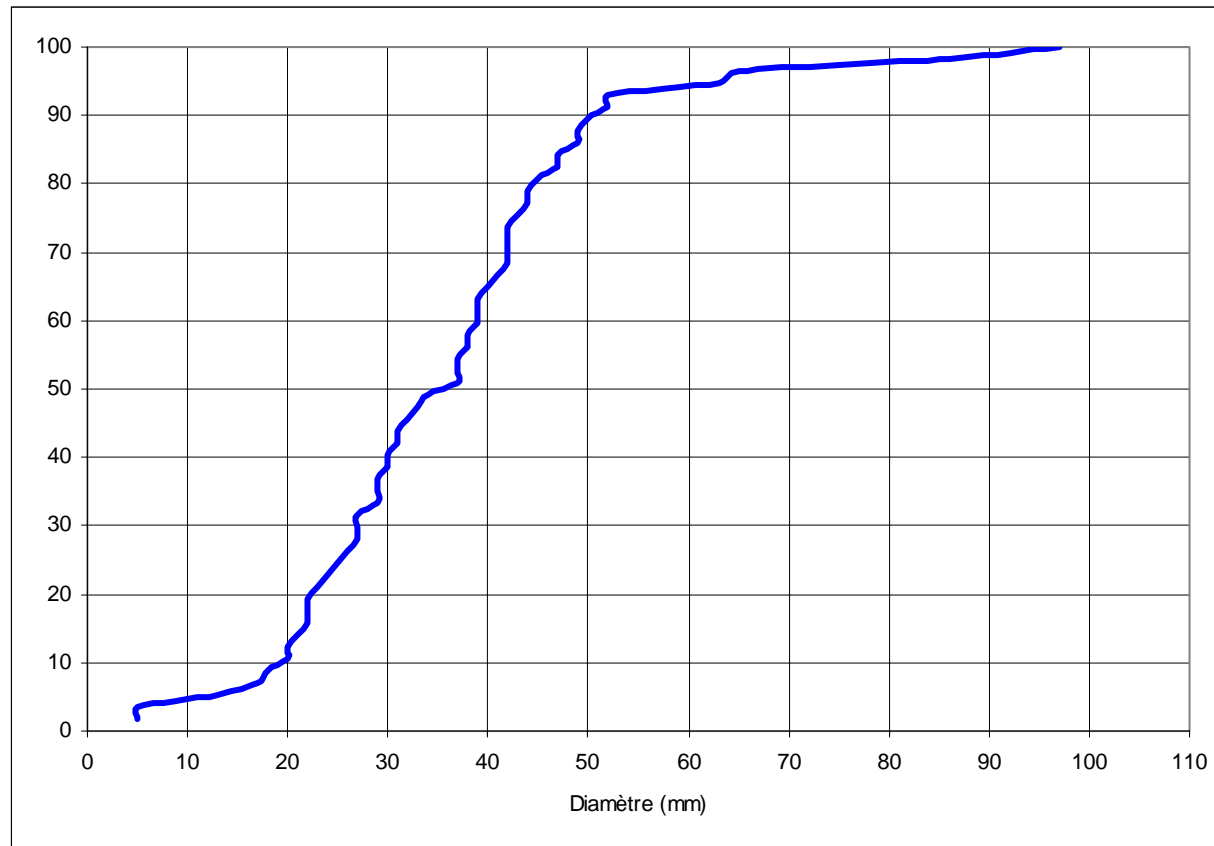


Figure 129 : Courbe granulométrique de la station 15 : le Breuchin à Voivre (mesure aval)