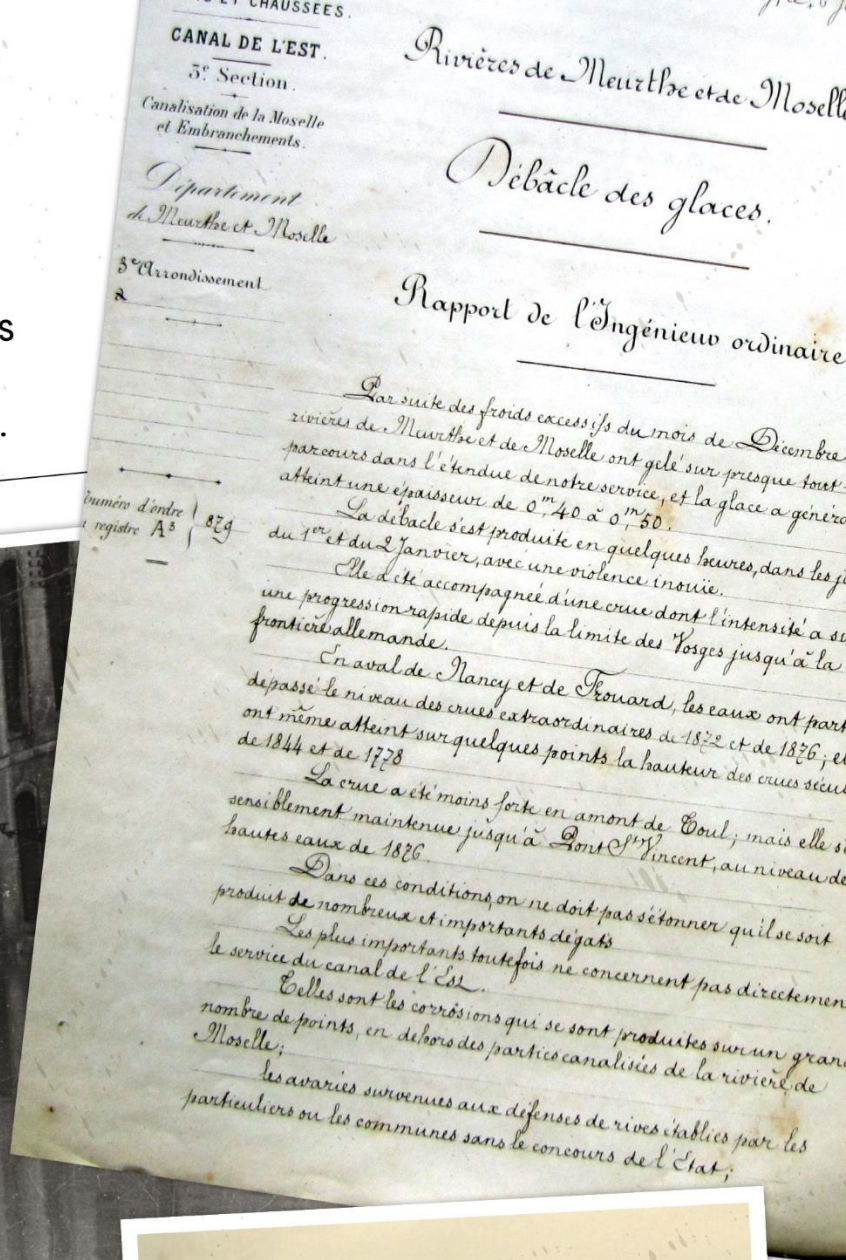




Étude historique des événements de crues et de l'évolution des enjeux territoriaux sur le bassin versant de la Moselle aval.



Rapport final – Juillet 2021

Recherches et rédaction :

Éric BONNOT
Claire DELUS
Didier FRANÇOIS

**Moselle
Aval**
SYNDICAT MIXTE

PAPI d'intention du bassin
versant de la Moselle aval

Avec le
concours
financier de :



Remerciements

Le Syndicat Mixte Moselle Aval est engagé dans une démarche PAPI d'intention dont l'objectif est d'identifier des solutions visant à diminuer les conséquences négatives des inondations sur les vies humaines et les biens. Ce rapport présente les résultats de l'étude historique des événements et de l'évolution des enjeux territoriaux, qui constitue la première fiche de déclinaison de l'axe 1 « Améliorer la connaissance et la conscience du risque ».

Cette étude, qui a été confiée au laboratoire LOTERR, n'aurait pu être conduite sans l'aide de nombreuses personnes, partenaires, organismes, collectivités, etc. Nous tenons tout d'abord à remercier les partenaires financiers, l'Etat, la Région Grand Est et le Syndicat Mixte Moselle Aval, ainsi que l'ensemble des membres du comité de pilotage ayant suivi cette étude : Acthys Diffusion, la Direction Régionale de l'Environnement et de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est, les Directions Départementales des Territoires (DDT) de la Meuse, de la Moselle et de la Meurthe-et-Moselle. Nous remercions également l'ensemble des organismes gestionnaires qui ont facilité l'accès à leurs fonds d'archives, en particulier Maxime DELOLME, Chef d'unité hydrométrie Meuse Moselle à la DREAL Grand Est ainsi que Daniela SUPER-NILGES et Wilfried WIECHMANN du BfG¹.

Nous tenons également à remercier toutes les communes qui nous ont aimablement communiqué des documents ou renseigné sur leurs fonds d'archives : Gisèle RONDELLI, adjointe administrative principale à Ars-sur-Moselle, Françoise OBER, secrétaire de mairie de Bousse, Caroline WOLFF, conseillère déléguée à Coin-sur-Seille, Yves LE BÉCHEC, chargé de communication à Jouy-aux-Arches, Philippe BERNARD, maire de Mailly-sur-Seille, Nicolas KARMANN, maire de Manhoué et Marie-Claude TOSI, maire de Pettoncourt. Nous remercions également toutes les personnes privées qui nous font part de leurs connaissances et parfois documents personnels, en particulier Jean ABÈLE, ancien Directeur adjoint territorial de Voies Navigables de France (VNF) Nord-Est, Frédéric CAQUARD, archiviste indépendant et Gérard HUBERT du Cercle « Mémoire de Clouange ».

Enfin, nous remercions l'ensemble des personnels et archivistes des différents sites d'archives départementales et municipales visités, qui nous ont guidés dans nos recherches tout au long de cette étude.

¹ Cf. glossaire en annexes.

Tables des matières

REMERCIEMENTS	5
TABLES DES MATIERES.....	7
ANNEXES A CE RAPPORT	11
TABLE DES FIGURES	13
TABLE DES TABLEUX	17
INTRODUCTION.....	19
CHAPITRE 1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU TERRITOIRE MOSELLE AVAL.....	21
1. LOCALISATION	23
2. CONTEXTE HYDROCLIMATOLOGIQUE.....	27
3. GEOLOGIE	32
4. OCCUPATION DU SOL	33
5. DEMOGRAPHIE.....	35
6. ACTIVITES ECONOMIQUES ET UTILISATION DE L'EAU	35
CHAPITRE 2. LES SOURCES HISTORIQUES	39
1. LES SOURCES CARTOGRAPHIQUES.....	40
1.1. <i>L'Atlas de Trudaine</i>	40
1.2. <i>Les cartes des Naudin</i>	41
1.3. <i>La carte de Cassini</i>	42
1.4. <i>Les cartes d'État-Major</i>	43
1.5. <i>Les orthophotographies</i>	44
1.6. <i>Les données actuelles du territoire</i>	46
<i>Synthèse des données exploitables et autres sources</i>	47
2. LES SOURCES POUR LA RECONSTITUTION DES CRUES HISTORIQUES.....	50
2.1. <i>Les archives nationales</i>	50
2.2. <i>Les archives départementales</i>	50
2.3. <i>Les archives communales</i>	52
2.4. <i>Les ressources des services gestionnaires</i>	53
2.5. <i>Les ressources universitaires</i>	55
2.6. <i>Autres sources documentaires</i>	56
CHAPITRE 3. ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'EVOLUTION DU TRACE DES COURS D'EAU ET DES AMENAGEMENTS EN LIT MAJEUR.....	57
1. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DIACHRONIQUE : L'INTEGRATION DES DONNEES HISTORIQUES A UN SIG	58
1.1. <i>Le géoréférencement</i>	58

1.2.	<i>La vectorisation.....</i>	60
1.3.	<i>Incertitudes liées à l'utilisation des documents anciens.....</i>	62
2.	ÉVOLUTION DU TRACE DES COURS D'EAU ET DES AMENAGEMENTS	67
2.1.	<i>La mobilité des cours d'eau.....</i>	67
2.2.	<i>L'exploitation du matériel alluvial dans la vallée de la Moselle aval.....</i>	74
2.3.	<i>L'évolution du bâti dans les zones inondables de la Moselle, de l'Orne et de la Seille</i>	78
2.4.	<i>L'évolution des ouvrages et obstacles potentiels à l'écoulement</i>	84
2.4.1.	Méthodologie	84
2.4.2.	Évolution des ouvrages aménagés sur le périmètre de la SLGRI	85
2.4.3.	Évolution des ouvrages aménagés sur la Moselle aval	86
2.4.4.	Évolution des ouvrages aménagés sur la Seille.....	92
2.4.5.	Évolution des ouvrages aménagés sur l'Orne	95
	CHAPITRE 4. LES CRUES DE LA MOSELLE AVAL D'APRES LES SOURCES INSTRUMENTALES	99
1.	LE CONTEXTE HYDROMETRIQUE.....	100
1.1.	<i>Les services en charge de l'hydrométrie.....</i>	100
1.2.	<i>Le réseau hydrométrique actuel</i>	102
1.3.	<i>Les échelles « mosellométriques » et autres échelles limnimétriques anciennes</i>	106
1.4.	<i>Synthèse sur le contexte hydrométrique et choix des sites.....</i>	109
2.	RECONSTITUTION DES SERIES HYDROMETRIQUES HISTORIQUES DE CRUES.....	112
2.1.	<i>Reconstitution des hauteurs de crue à Uckange</i>	114
2.1.1.	Données de hauteurs disponibles à Uckange	114
2.1.2.	Historique des observations aux échelles d'Uckange.....	114
2.1.3.	Reconstitution d'une longue série de hauteurs homogènes à Uckange.....	117
2.1.3.1.	Homogénéisation des hauteurs de l'échelle Uckange 2 sur l'échelle Uckange 3.....	117
2.1.3.2.	Reconstitution des hauteurs avant 1947	118
2.1.4.	Historique des crues les plus importantes à Uckange.....	121
2.2.	<i>Reconstitution des hauteurs de crue à Metz Pont-des-Morts (PdM)</i>	123
2.2.1.	Données de hauteurs disponibles à Metz PdM.....	123
2.2.2.	Historique des observations aux échelles de Metz PdM	123
2.2.3.	Reconstitution d'une longue série de hauteurs homogènes à Metz PdM.....	127
2.2.3.1.	Homogénéisation des hauteurs de l'échelle Metz PdM 1 sur l'échelle Metz PdM 2	127
2.2.3.2.	Estimation des hauteurs de crue pour les années manquantes	128
2.2.4.	Historique des crues les plus importantes à Metz Pont des Morts	130
2.3.	<i>Reconstitution d'une série de débits à Custines</i>	132
2.3.1.	Données disponibles à Custines	132
2.3.2.	Historique du site de Custines	133
2.3.3.	Reconstitution d'une série de débits historiques à Custines	134
2.3.4.	Historique des crues les plus importantes à Custines	137
2.4.	<i>Les séries de débits de crue de la Seille et de l'Orne</i>	138
2.4.1.	Données disponibles	138

2.4.2. Historique des crues les plus importantes de la Seille et de l'Orne depuis 1968	139
SYNTHESE SUR LES SERIES HISTORIQUES RECONSTITUEES SUR LA MOSELLE AVAL	141
CHAPITRE 5. L'APPORT DES SOURCES DOCUMENTAIRES DANS LA CONNAISSANCE DES CRUES HISTORIQUES ..	146
1. LA RECONSTITUTION DES CRUES HISTORIQUES A PARTIR DES DONNEES INSTRUMENTALES ET DOCUMENTAIRES	147
1.1. <i>La collecte des données documentaires</i>	147
1.2. <i>Classification des événements de crue</i>	148
1.3. <i>Les inondations historiques sur le territoire de la Moselle aval depuis 1700</i>	150
2. L'EVOLUTION DU RISQUE INONDATION ET DE SA GESTION SUR LE TERRITOIRE MOSELLE AVAL	155
2.1. <i>Des aménagements en fond de vallée qui ont pu amplifier les débordements</i>	155
2.2. <i>L'organisation de la défense et la gestion du risque inondation</i>	177
CONCLUSION	185
GLOSSAIRE ET ACRONYMES	187

Annexes à ce rapport

1. Atlas diachronique des vallées de la Moselle, de l'Orne et de la Seille
2. Les grandes étapes historiques des cours d'eau
3. Collection de croquis, cartes et documents iconographiques relative aux aménagements des cours d'eau
4. Principales modifications observées dans le tracé des lits mineurs
5. Communes contactées dans le cadre de la collecte de documents iconographiques
6. Monographies des crues les plus importantes
7. État général des sources
8. Organisation des couches SIG

Table des figures

FIGURE 1 - PERIMETRE D'ACTION DU SMMA.....	22
FIGURE 2 - RELIEF DU BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE.....	23
FIGURE 3 - LE TRACE DE LA MOSELLE, DE LA SEILLE ET DE L'ORNE AU SEIN DES GRANDES REGIONS NATURELLES DE LA LORRAINE.....	25
FIGURE 4 - DIAGRAMME OMBRO-THERMIQUE DE LA STATION DE METZ-FRESCATY (1981-2010).....	27
FIGURE 5 - PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE FRANÇAISE (1971-2005).....	28
FIGURE 6 - REGIMES HYDROLOGIQUES DES COURS D'EAU DE L'ETUDE (1981-2019).....	29
FIGURE 7 - ÉVOLUTION DU DEBIT MOYEN ANNUEL DE LA MOSELLE DEPUIS SA SOURCE JUSQU'A COCHEM	31
FIGURE 8 - PRINCIPALES FORMATIONS LITHOLOGIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE	32
FIGURE 9 - OCCUPATION DU SOL DU BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE.....	34
FIGURE 10 - EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE PAR TRUDAINE, EXTRAIT DE SON ATLAS POUR LA GENERALITE DE METZ.	41
FIGURE 11 - EXTRAIT DE LA CARTE DES NAUDIN - ZONE C05 / Z01-03, SECTEUR DE PONT-A-MOUSSON	42
FIGURE 12 - EXTRAIT DE LA CARTE DE CASSINI DANS LE SECTEUR DE METZ	43
FIGURE 13 - EXTRAIT DE LA CARTE D'ÉTAT-MAJOR A ÉTAIN	44
FIGURE 14 - ORTHOPHOTOGRAPHIE, THIONVILLE	45
FIGURE 15 - SYNTHÈSE DES DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES UTILISÉS POUR L'ANALYSE DIACHRONIQUE	47
FIGURE 16 - CARTES TOPOGRAPHIQUES DE L'EUROPE AU XIX ^{ÈME} SIÈCLE.....	48
FIGURE 17 - CADASTRE NAPOLEONIEN, COMMUNE DE NOVEANT-SUR-MOSELLE.....	49
FIGURE 18 - ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DES BASSINS DE L'ILL, DE LA MOSELLE, DE LA SARRE, ET D'AUTRES SOUS-BASSINS.....	51
FIGURE 19 - EXTRAIT DES CAHIERS DE CRUE POUR LE DÉBUT DE L'ANNÉE 1952	54
FIGURE 20 - DECOUPAGE DES EAIP DES TROIS COURS D'EAU ÉTUDIÉS	61
FIGURE 21 - L'ORNE A ROSSELANGE	62
FIGURE 22 - MISE EN ÉVIDENCE DU DÉCALAGE DU BATI	63
FIGURE 23 - EXEMPLE DE DÉCALAGE VISIBLE SUR LA FEUILLE D'ÉTAT-MAJOR	64
FIGURE 24 - EXEMPLE DE DÉCALAGE VISIBLE SUR LA FEUILLE D'ÉTAT-MAJOR	65
FIGURE 25 – IDENTIFICATION DES SECTEURS DECALES	66
FIGURE 26 - ÉVOLUTION DU TRACE DE LA MOSELLE ENTRE HAUCONCOURT ET RICHEMONT	69
FIGURE 27 - RECOUPEMENT DE MEANDRE ARTIFICIEL A L'OUEST DE LA COMMUNE D'ILLANGE	69
FIGURE 28 - PLAN GÉNÉRAL DU DISTRICT D'ILLINGEN (ILLANGE).....	70
FIGURE 29 - MISE EN PLACE DE LA NAVIGATION A GRAND GABARIT SUR LA MOSELLE	70
FIGURE 30 - DERIVATION (A GAUCHE) DE LA SEILLE POUR L'ALIMENTATION DU MOULIN DE MAILLY SUR LA CARTE D'ÉTAT-MAJOR	71
FIGURE 31 - LA NATURE DES ACTIONS ANTHROPIQUES DANS LA VALLÉE DE LA SEILLE	72
FIGURE 32 - BOURRELES DE CURAGE (EN BLANC) LE LONG DE LA SEILLE RECTIFIÉE EN AVAL DE MOYENVIC, 1950.....	72
FIGURE 33 - TRACE DE L'ORNE ET RECTIFICATION DE SON COURS, DE ROSSELANGE A LA CONFLUENCE	73
FIGURE 34 - LE SILLON MOSELLAN A L'AVANT D'ARGANCY, ENTRE GRAVIERES ET BATI.....	74
FIGURE 35 - ÉVOLUTION DE L'EMPRISE DES GRAVIERES AU SEIN DE L'EAIP DE LA MOSELLE AVAL	75
FIGURE 36 - DECOUPAGE DES EAIP EN TRONÇONS.....	76
FIGURE 37 - ÉVOLUTION DE L'EMPRISE DES GRAVIERES AU SEIN DE L'EAIP DANS LA VALLÉE DE LA MOSELLE AVAL.....	77

FIGURE 38 - ÉVOLUTION DU BATI AU SEIN DES EAIP ETUDIEES	79
FIGURE 39 - ÉVOLUTION DE LA SUPERFICIE DU BATI AU SEIN DES EAIP DE LA MOSELLE, DE L'ORNE ET DE LA SEILLE	80
FIGURE 40 - ÉVOLUTION DE L'EMPRISE DU BATI AU SEIN DE L'EAIP LE LONG DE LA VALLEE DE LA SEILLE	80
FIGURE 41 - ÉVOLUTION DE L'EMPRISE DU BATI AU SEIN DE L'EAIP LE LONG DE LA VALLEE DE L'ORNE.....	81
FIGURE 42 - ÉVOLUTION DU BATI ENTRE 1980 ET AUJOURD'HUI EN AMONT DE MOYEUVERE-GRANDE	82
FIGURE 43 - ÉVOLUTION DE L'EMPRISE DU BATI AU SEIN DE L'EAIP LE LONG DE LA VALLEE DE LA MOSELLE.....	83
FIGURE 44 - EMPRISE DU BATI ET DES GRAVIERES LE LONG DE L'EAIP DE LA MOSELLE AVAL	83
FIGURE 45 - TYPOLOGIE DES OUVRAGES INVENTORIES	84
FIGURE 46 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DES TROIS COURS D'EAU DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	85
FIGURE 47 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES LIES AUX USAGES DE L'EAU DES TROIS COURS D'EAU DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	86
FIGURE 48 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT SUR LA MOSELLE AVAL DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE	87
FIGURE 49 - LES PONTS DE METZ AU XVIII ^{EME} SIECLE	87
FIGURE 50 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES SUR LA MOSELLE AVAL, DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	88
FIGURE 51 - VIADUC LGV DE VANDIERES ENJAMBANT TOUT LE LIT MAJEUR DE LA MOSELLE.....	89
FIGURE 52 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES LIES AUX USAGES DE L'EAU SUR LA MOSELLE AVAL DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	91
FIGURE 53 - ANCIEN MOULIN DE MALROY	91
FIGURE 54 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES DE LA SEILLE, DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE	92
FIGURE 55 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT SUR LA SEILLE DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	93
FIGURE 56 - LE VIADUC LGV DE LA SEILLE A CHEMINOT.....	93
FIGURE 57 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES LIES AUX USAGES DE L'EAU SUR LA SEILLE DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE	94
FIGURE 58 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES SUR L'ORNE, DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE.....	95
FIGURE 59 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT SUR L'ORNE, DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE	96
FIGURE 60 - ÉVOLUTION DES OUVRAGES LIES AUX USAGES DE L'EAU SUR L'ORNE DEPUIS LE XVIII ^{EME} SIECLE	97
FIGURE 61 - LOCALISATION SUPPOSEE DE L'ANCIEN MOULIN DE VITRY-SUR-ORNE	97
FIGURE 62 - ARCHIVE DES PONTS ET CHAUSSEES SUR LA CRUE DE 1844.....	101
FIGURE 63 - LE RESEAU HYDROMETRIQUE RECENT SUR LA BASE DES DONNEES DISPONIBLES SUR LA BANQUE HYDRO ET LE BFG.....	105
FIGURE 64 - STATIONS HYDROMETRIQUES ET PERIODES D'ENREGISTREMENTS ASSOCIEES	106
FIGURE 65 - LES ECHELLES MOSELLOMETRIQUES ET AUTRES ECHELLES LIMNIMETRIQUES ANCIENNES	108
FIGURE 66 - DISPONIBILITE DES HAUTEURS D'EAU AUX DIFFERENTES ECHELLES DE LA MOSELLE AVAL ET SOURCES ASSOCIEES	110
FIGURE 67 - IMPACT DU CHANGEMENT D'ECHELLE SUR LA HAUTEUR D'EAU RETENUE.....	112
FIGURE 68 - EMBLEMENTS DES ECHELLES UTILISEES POUR L'OBSERVATION DU NIVEAU DE L'EAU A UCKANGE	115
FIGURE 69 - HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES DISPONIBLES PAR ECHELLES POUR LE SITE D'UCKANGE.....	115
FIGURE 70 - HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES OBSERVEES AUX ECHELLES D'UCKANGE	116
FIGURE 71 - CORRELATION ENTRE LES HAUTEURS DES POINTES DE CRUE A UCKANGE 2 ET A UCKANGE 3 (1981-1991)	117
FIGURE 72 - HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES OBSERVEES A UCKANGE : PERIODE 1947-2020 HOMOGENEISEE SUR L'ECHELLE D'UCKANGE 3.....	118
FIGURE 73 - HAUTEURS DISPONIBLES AUX STATIONS PROCHES D'UCKANGE 3.....	118
FIGURE 74 - CORRELATION ENTRE LES HAUTEURS A UCKANGE 3 ET LES HAUTEURS AUX STATIONS PROCHES.....	120
FIGURE 75 - SERIE DE HAUTEURS D'EAU MAXIMALES ANNUELLES RECONSTITUEE A UCKANGE 3	121

FIGURE 76 - CRUES LES PLUS IMPORTANTES DES DEUX DERNIERS SIECLES A UCKANGE	122
FIGURE 77 - LOCALISATION DE L'ANCIENNE ECHELLE ET DE LA STATION ACTUELLE A METZ PONT DES MORTS	124
FIGURE 78 - REPERES DE CRUE AU PONT DES MORTS A METZ.....	125
FIGURE 79 - HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES DISPONIBLES PAR ECHELLE POUR LE SITE DE METZ	126
FIGURE 80 - HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES OBSERVEES AUX ECHELLES DE METZ PONT-DES-MORTS	127
FIGURE 81 - SERIE DE HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES OBSERVEES : PERIODE 1834-2020 HOMOGENEISEE SUR L'ECHELLE DE METZ PDM 2	128
FIGURE 82 - DONNEES DISPONIBLES POUR UNE CORRELATION AUX SITES PROCHES DE METZ	128
FIGURE 83 - CORRELATION ENTRE LES HAUTEURS DE CRUE A BESCH ET METZ PDM 2 HOMOGENEISEES (1844-1919 ; 1947-1969).....	129
FIGURE 84 - SERIE DE HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES RECONSTITUEES A METZ PONT DES MORTS 2.....	130
FIGURE 85 - CRUES LES PLUS IMPORTANTES DES DEUX DERNIERS SIECLES A METZ PONT DES MORTS.....	131
FIGURE 86 - HAUTEURS DISPONIBLES PAR SOURCES PRINCIPALES POUR LE SITE DE CUSTINES/MILLERY	132
FIGURE 87 - HAUTEURS OBSERVEES A CUSTINES/MILLERY.....	133
FIGURE 88 - LOCALISATION DES SITES UTILISES POUR LA RECONSTITUTION D'UNE SERIE DE DEBITS A CUSTINES	134
FIGURE 89 - CORRELATION DEBIT CUSTINES / SOMME DES DEBITS TOUL ET MALZEVILLE (1977-2020).....	135
FIGURE 90 - SERIE DE DEBITS MAXIMUMS ANNUELS RECONSTITUES A CUSTINES	136
FIGURE 91 - CRUES LES PLUS IMPORTANTES DES DEUX DERNIERS SIECLES A CUSTINES.....	137
FIGURE 92 - DISPONIBILITE DES DONNEES INSTRUMENTALES AUX STATIONS AVAL DE LA SEILLE ET DE L'ORNE.....	138
FIGURE 93 - DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES DE L'ORNE A ROSSELANGE	139
FIGURE 94 - DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES DE LA SEILLE AU PONT LOTHAIRE	140
FIGURE 95 – SERIE DE HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES RECONSTITUEES AUX SITES DU PERIMETRE MOSELLE AVAL.....	142
FIGURE 96 - CRUES LES PLUS IMPORTANTES DE LA MOSELLE AVAL AU COURS DES DEUX DERNIERS SIECLES, SELON LES DONNEES HYDROMETRIQUES.....	144
FIGURE 97 - STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEES EVENEMENTS	147
FIGURE 98 - TYPES D'EVENEMENTS ET SOUS-CATEGORIES ASSOCIEES	148
FIGURE 99 - LES INONDATIONS HISTORIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA MOSELLE AVAL DEPUIS 1700, CLASSEES SELON LA METHODOLOGIE HISTORISQUE.....	151
FIGURE 100 - EVENEMENTS DE CLASSE 2 ET 3 PROPOSES POUR LES DESCRIPTIONS MONOGRAPHIQUES.....	151
FIGURE 101 - NOUVEAU BRAS DE LA MOSELLE A DIEULOUARD APRES LA CRUE EXCEPTIONNELLE DE JUILLET 1734	152
FIGURE 102 - MISE A SEC DES CANAUX INTERIEURS DE LA SEILLE	156
FIGURE 103 - ARRETE DU 7 JUIN 1735 CONCERNANT LA GESTION DES MOULINS DE LA SEILLE.....	157
FIGURE 104 - EXTRAITS DE L'ARRETE DU 4 JUIN 1817 CONCERNANT LA GESTION DES VANNES DES MOULINS DE LA SEILLE (PAGE 1 ET ARTICLE 2).....	158
FIGURE 105 - EXTRAIT DU PLAN DE LA RIVIERE SEILLE AUX ABORDS DU PONT DE NOMENY	161
FIGURE 106 - RECONSTRUCTION PAR LA COMPAGNIE DE L'EST D'UN PONT DETRUIT PAR LES ALLEMANDS A CONFLANS	163
FIGURE 107 - SITUATION DU LIT DE L'ORNE AU 24 DECEMBRE 1919 AU NIVEAU DU PONT DE CONFLANS (VUE EN PLAN ET EN COUPE).....	163
FIGURE 108 - PLAN DE DERIVATION DE L'ORNE 1	166
FIGURE 109 - PLAN DE DERIVATION DE L'ORNE 2	167
FIGURE 110 – PLAN DE PROJET DE DERIVATION DE L'ORNE.....	168

FIGURE 111 - PLAN DES DEPOTS DE LAITIERS DANS LA VALLEE DE L'ORNE.....	169
FIGURE 112 - PROJET DU NOUVEAU PONT DE CHEMIN DE FER SUR L'ORNE	170
FIGURE 113 - PLAN D'ENSEMBLE DU PROJET DE CONSTRUCTION D'UN PONT EN MAÇONNERIE OU EN FER SUR L'ORNE A JOEUF, OCTOBRE 1886	171
FIGURE 114 - PROFIL EN TRAVERS A L'EMPLACEMENT DU PONT PROJETE SUR L'ORNE A JOEUF, OCTOBRE 1886.....	172
FIGURE 115 - DESSIN DES OUVRAGES DE L'AVANT-PROJET DE CONSTRUCTION D'UN PONT EN MAÇONNERIE OU EN FER SUR L'ORNE A JOEUF, OCTOBRE 1887	173
FIGURE 116 - PLAN D'ENSEMBLE DU PROJET DE CONSTRUCTION D'UN PONT SUR L'ORNE A JOEUF, AOÛT 1886	174
FIGURE 117 - PLAN POUR LA CONSTRUCTION D'UNE PASSERELLE SUR L'ORNE A OLLEY	175
FIGURE 118 - DEMANDE DE CONSTRUCTION D'UNE PASSERELLE SUR L'ORNE A OLLEY EN JUILLET 1890.....	176
FIGURE 119 - EN-TÊTE DU REGLEMENT D'ANNONCE DE CRUE DU DEPARTEMENT DE LA MOSELLE DU 1953.....	182
FIGURE 120 - AUTOMATISATION DE LA STATION EXISTANTE D'UCKANGE.....	183

Table des tableaux

TABEAU 1 - DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA MOSELLE, DE L'ORNE ET DE LA SEILLE (1981-2019).....	30
TABEAU 2 - OCCUPATION DU SOL DES BASSINS VERSANTS ETUDIES	34
TABEAU 3 - HISTORIQUE DE LA CANALISATION DE LA MOSELLE PAR TRONÇON.....	36
TABEAU 4 - DATES DES MISSIONS ORTHOPHOTOGRAPHIQUES UTILISEES.....	45
TABEAU 5 - NOMBRES D'ORTHOPHOTOGRAPHIES GEOREFERENCEES PAR LIEU ET DATE, ET ERREUR QUADRATIQUE MOYENNE (EMS)	60
TABEAU 6 - ERREURS LIEES AU GEOREFERENCEMENT DES CARTES D'ÉTAT-MAJOR.....	64
TABEAU 7 - LES ECHELLES LIMNIMETRIQUES INVENTORIEES POUR LE SITE D'UCKANGE.....	115
TABEAU 8 - LES ECHELLES LIMNIMETRIQUES INVENTORIEES POUR LE SITE DE METZ PONT DES MORTS	124
TABEAU 9 - RECHERCHE DU 0 DE L'ECHELLE THEORIQUE A PARTIR DES REPERES DE CRUES.....	125
TABEAU 10 - DEBITS DE POINTE DES CRUES LES PLUS SIGNIFICATIVES ENREGISTREES DEPUIS 1968 SUR L'ORNE ET LA SEILLE	141

Introduction

Le Syndicat Mixte Moselle Aval (SMMA), créé le 14 décembre 2017, s'est engagé dans une démarche de **Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) d'intention**. Les PAPI ont été créés pour promouvoir une gestion intégrée du risque inondation au sein d'un bassin, à travers sept axes d'actions. Désormais dans sa troisième version² (PAPI 3), il impose dans le cadre de l'axe 1 intitulé « **Amélioration de la connaissance et de la conscience du risque** », une **étude historique de bassin**. Cette étude a été confiée au centre de recherche en géographie LOTERR et porte sur la partie aval du cours d'eau de la Moselle et sur deux de ses affluents, la Seille et l'Orne.

L'étude historique a deux objectifs :

- La réalisation d'une analyse diachronique du tracé des cours d'eau et des aménagements en lit majeur ;
- La reconstitution des crues historiques qui se sont déroulées sur le territoire **au cours des trois derniers siècles**.

Les événements de crue les plus remarquables ont fait l'objet d'une description et d'une recherche documentaire spécifique pour **alimenter la Base de Données Historiques des Inondations (BDHI)**³. La BDHI rassemble et décrit les phénomènes d'inondation survenus sur le territoire français au cours des siècles passés. Elle participe à la diffusion des connaissances dans le cadre des politiques de prévention du risque, en mettant à disposition du public de nombreux documents décrivant des inondations.

La zone cartographiée pour l'analyse diachronique doit reposer, d'après le cahier des charges de l'étude, sur les **Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles (EAIP)**. Ces dernières ont été créées dans le cadre de l'Évaluation Préliminaire des Risques Inondations (EPRI) réalisée en 2011 par les DREAL de bassin et doivent représenter l'emprise potentielle des débordements sans la prise en compte des ouvrages hydrauliques. Ces EAIP, fournies par le Syndicat Mixte Moselle Aval, s'appuient toutefois sur des sources d'informations différentes, possédant des échelles et des précisions variables, les rendant incertaines. Elles *« ne peuvent [donc] pas être utilisées pour déterminer des zones inondables dans les procédures administratives ou réglementaires. En outre, étant donné les échelles des données mobilisées, leur*

² Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, 2017 - Cahier des charges PAPI 3. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Cahier-des-charges_PAPI-3.pdf

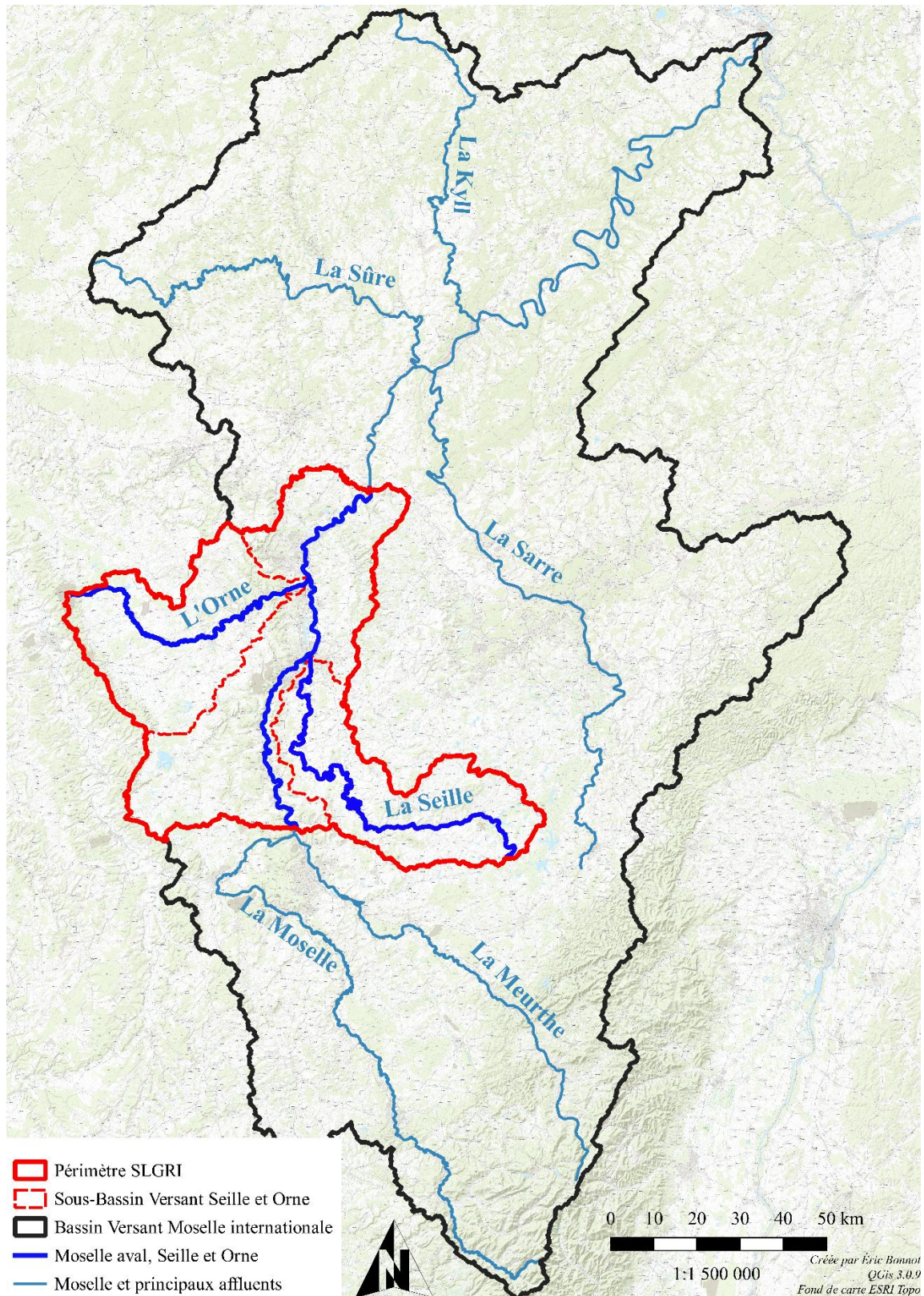
³ <https://bdhi.developpement-durable.gouv.fr>

exploitation graphique n'a de sens que pour des échelles supérieures au 1/100 000^e »⁴. Les EAIP ne constituent donc pas une cartographie des zones inondables, mais elles permettent d'approcher les contours des événements les plus extrêmes.

Cette étude historique s'appuie sur des outils de cartographie et sur des documents historiques. Elle se définit comme une étude géohistorique, discipline aujourd'hui largement utilisée dans le cadre des recherches sur les inondations (Franchomme et al., 2014 ; Martin et al., 2015), mais également comme **une étude « Historique » qui vise à améliorer la connaissance des phénomènes extrêmes comme les inondations** (Coeur et al., 1998 ; Lang et al., 1998). L'approche géohistorique appliquée à la recherche historique sur les crues et inondations est en effet de plus en plus utilisée. On peut par exemple citer l'étude HISTRHÔNE qui s'intéresse au passé hydrologique du Rhône depuis le XIV^{ème} siècle (Pichard et Roucaute, 2014). Elle propose une reconstitution des grandes crues du Rhône ainsi qu'une analyse des grandes mutations de la vallée, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique. Ce travail, qui s'est concrétisé par la mise en place de la base de données HISTRHÔNE a notamment été réalisé dans le cadre du volet inondation du Plan Rhône. Historiquement, on retrouve ces travaux précurseurs sur le contour méditerranéen (Naulet, 2002 ; Valarie et Coeur, 2004), du fait des problématiques de crue éclair et de l'augmentation des zones à enjeux. Le contexte du changement climatique et de ses impacts sur les extrêmes hydrologiques suscite également un intérêt croissant pour les recherches historiques. Il s'agit notamment de repositionner les événements actuels sur le long terme (Blöschl et al., 2020). Les recherches historiques connaissent également un essor important car, comme indiqué plus haut, **l'étude historique constitue désormais un préalable réglementaire pour les collectivités et les établissements engagés dans une démarche de PAPI**. Plusieurs Établissements Publics Territoriaux de Bassin (EPTB) se sont donc lancés dans l'élaboration d'études historiques. Ainsi, l'EPTB Meurthe-Madon a piloté une étude historique dont l'objectif était de réaliser une reconstitution des crues du bassin versant de la Meurthe (Bonnot, 2019) et une étude diachronique de l'évolution des cours d'eau et des enjeux en zones inondables au cours des deux derniers siècles (Lejeune, 2019 ; Pfrimmer et al., 2020). Cette étude historique a été réalisée par le laboratoire LOTERR (LOTERR, 2020) qui bénéficie ainsi d'une expérience méthodologique redéployée dans le cadre de cette étude.

⁴ www.data.gouv.fr – DREAL Auvergne Rhône Alpes

Chapitre 1. Contexte géographique du territoire de la Moselle aval



L'étude porte sur le territoire de compétence du Syndicat Mixte Moselle Aval (SMMA) qui correspond au périmètre de la Stratégie Locale de Gestion des Risques Inondations (SLGRI) (figure 1). D'une superficie de 4 633 km², le périmètre de la SLGRI Moselle aval s'étend de la confluence avec la Meurthe à Custines à la frontière franco-germano-luxembourgeoise et regroupe près de 600 communes et 27 intercommunalités. Le Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Metz-Thionville- Pont-à-Mousson s'inscrit dans ce bassin et occupe la quasi-totalité du linéaire de la Moselle sur ce secteur aval. Sur ce TRI, près de 20 000 habitants sont exposés à une crue fréquente (décennale), plus de 50 000 à une crue moyenne (trentennale) et près de 100 000 à une crue centennale. En outre, on comptabilise 200 000 habitants au sein de l'Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles (DREAL, 2014). Le risque inondation, lié principalement au débordement de la Moselle et de ses affluents, constitue un enjeu très important sur ce territoire. L'étude commandée par le SMMA concerne non seulement la Moselle mais aussi ses deux principaux affluents : l'Orne et la Seille.

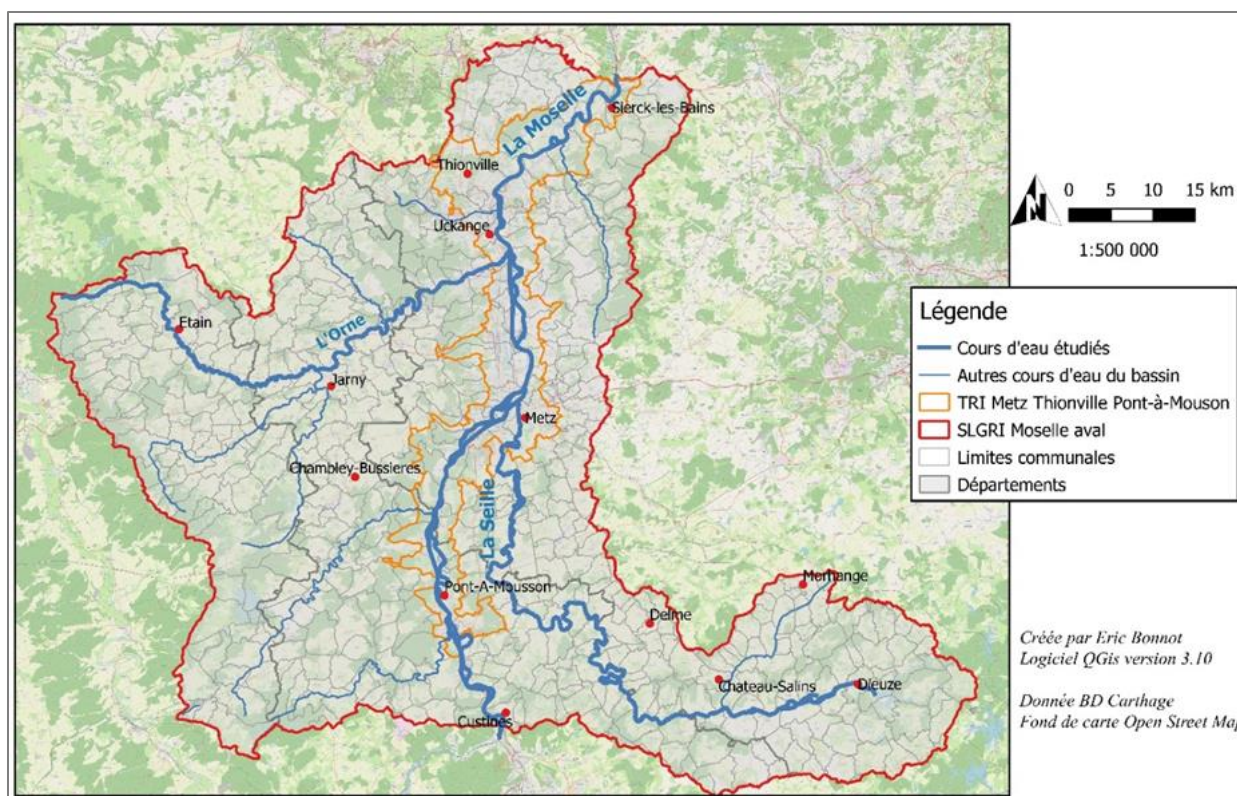


Figure 1 - Périmètre d'action du SMMA

1. Localisation

La Moselle prend sa source dans le massif vosgien, au col de Bussang, et se jette dans le Rhin à Coblenche, en Allemagne (figure 2). Elle draine un bassin versant de près de 28 300 km² dont environ 11 500 km² en France. Depuis sa source dans les Vosges et son entrée dans le Plateau lorrain, la Moselle s'écoule vers le nord-ouest, entaille ensuite la côte de Moselle pour changer de direction au niveau de Toul (figure 3). Elle suit alors une direction nord-est et retransverse cette même côte. Ce changement de direction est lié à la capture de la Moselle (Gamez et al., 1995 ; Losson, 2003) dont l'explication figure dans l'encadré 1. L'écoulement se fait ensuite vers le nord où la Moselle adopte un cours subséquent et découpe le plateau laissant localement sur sa droite une avant côte (encadré 2). A l'aval de Thionville, la Moselle entre progressivement dans le massif de l'Eiffel et présente de nombreux méandres.

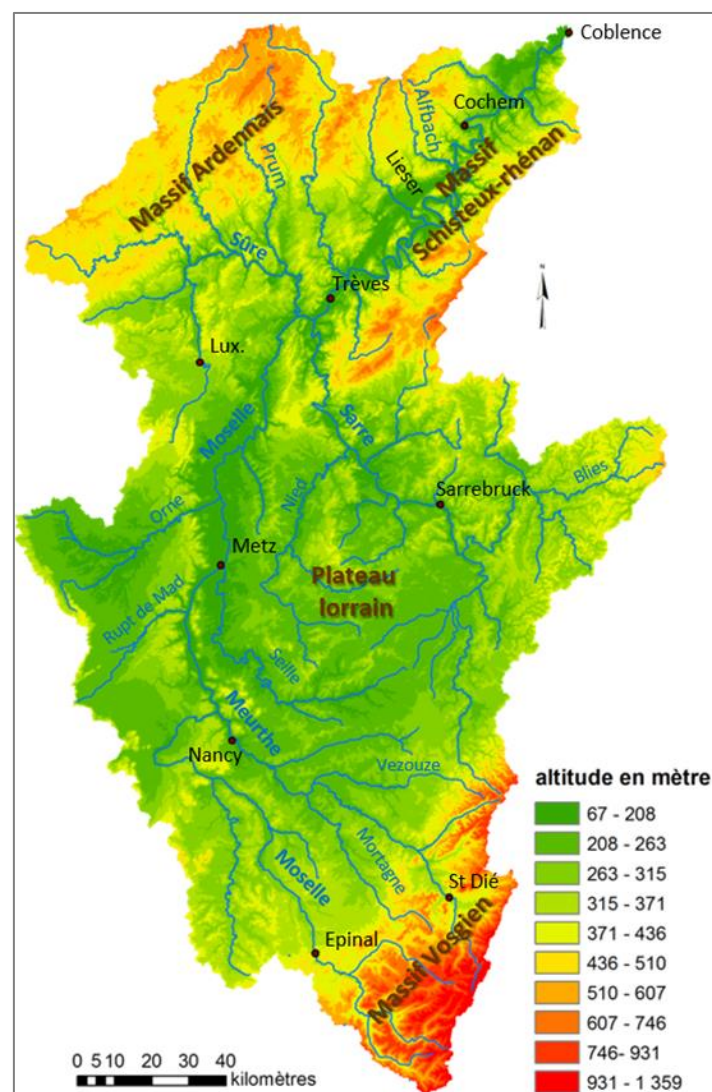


Figure 2 - Relief du bassin versant de la Moselle

ENCADRÉ 1. La capture de la Moselle, d'après Harmand et al. (1995)

Un réseau hydrographique est un système en constante évolution. Les structures de drainage changent au cours du temps et modifient plus ou moins profondément le paysage. Une capture est un phénomène de transition d'une organisation hydrographique à une autre. A Toul, le tracé de la Moselle présente un coude très caractéristique : la rivière infléchit en effet vers le nord-est alors qu'elle s'écoulait jusque-là plutôt vers le nord-ouest. Ce coude est l'expression géographique d'un événement qui s'est produit il y 300 000 ans : la capture de la Haute Moselle au profit de la Meurthe et au détriment de la Meuse (figures A et B).

Le bloc-diagramme (figure B) présente un relief de côte remarquable : côtes de Moselle et de Meuse bien marquées, précédées de buttes-témoins, formant des saillants à Nancy et à Toul. Il montre en outre les traces de la capture de la Moselle : ancienne vallée de la Moselle entre Foug et Pagny-sur-Meuse, coude de capture de celle-ci par le Terrouin et la Meurthe. La traversée des côtes en percées cataclinales et anaclinale (Pompey) ont facilité les communications ouest-est et nord-sud.

Figure A : Les captures anciennes et futures dans l'est de la France

Source : https://f.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/2709/files/2007/06/livret2007_p53-p94.pdf

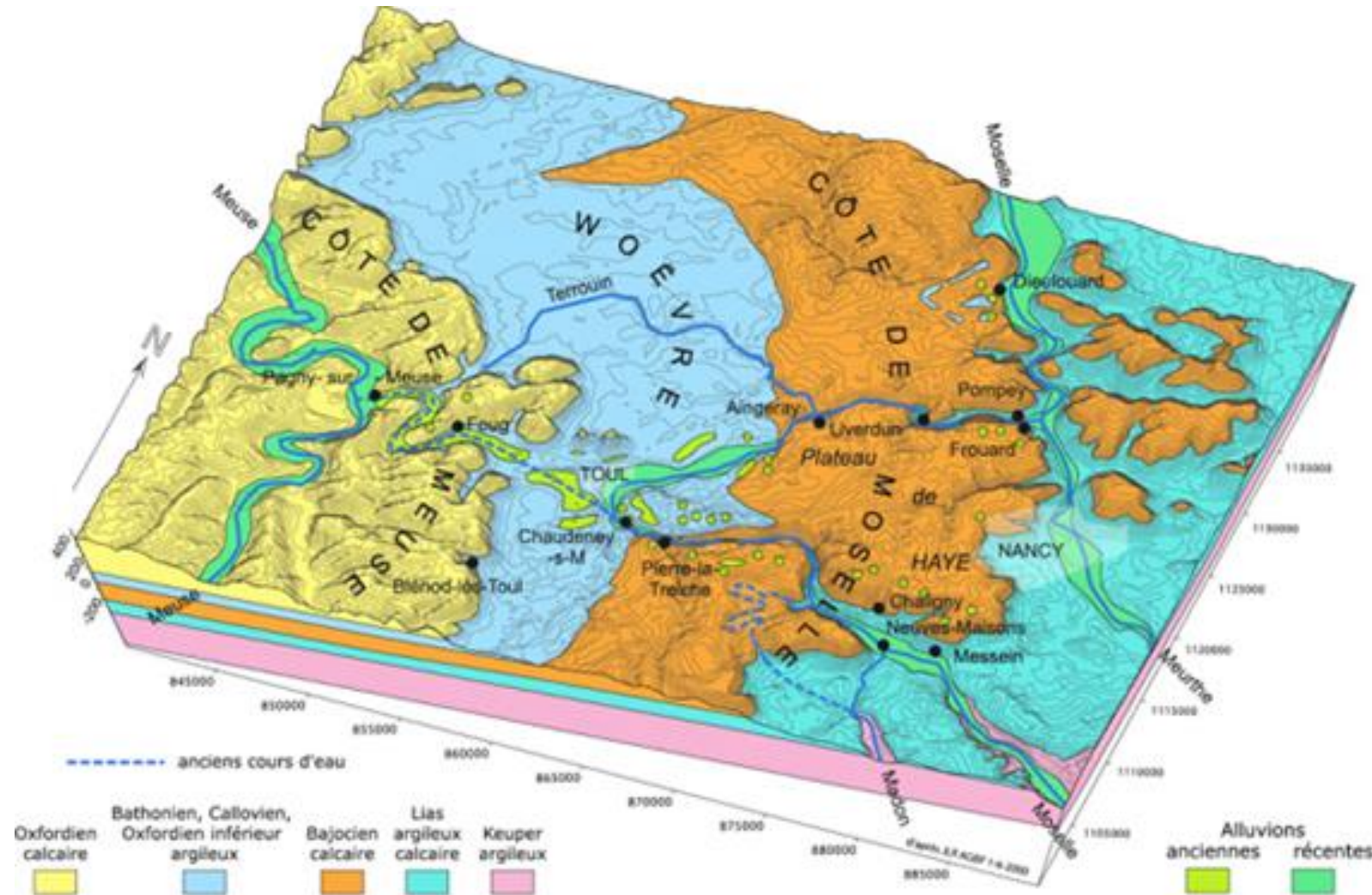
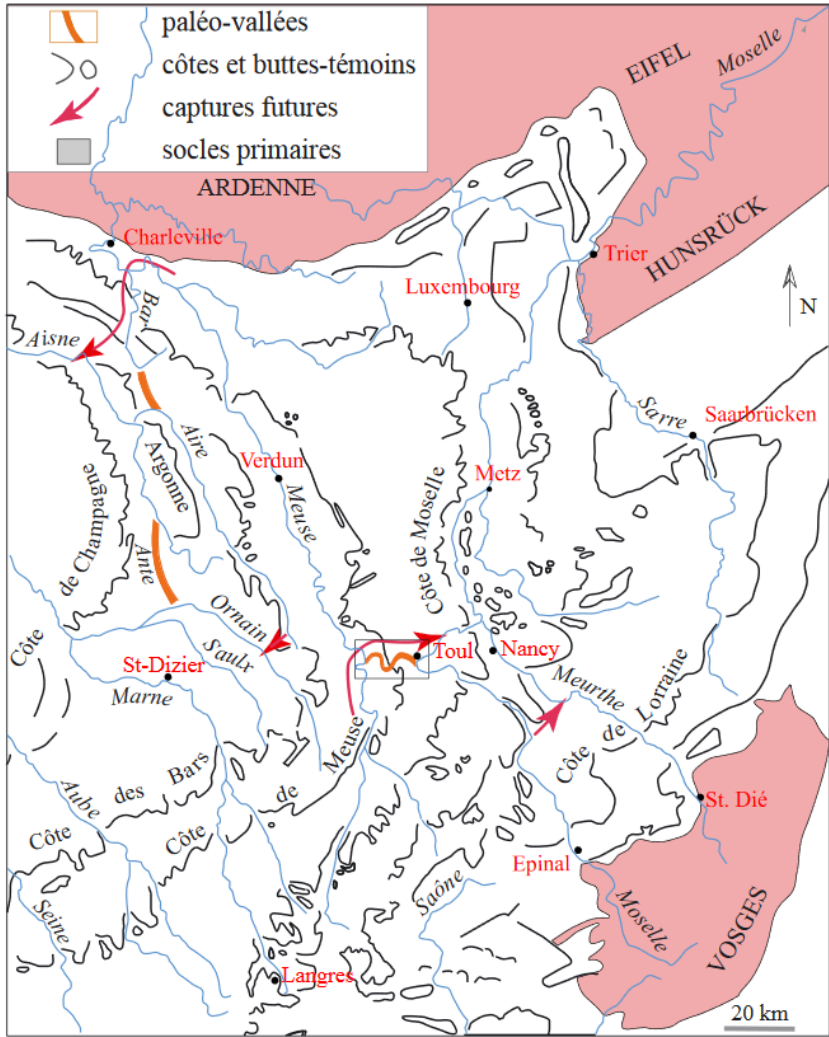


Figure B : Bloc diagramme du site de capture de la Moselle

Source : http://rpn.univ-lorraine.fr/UOH/LEPALOR/co/b_01_c_19.html

La Seille, affluent de rive droite de la Moselle, draine un bassin versant de 1 347 km². Le périmètre retenu dans le cadre de cette étude n'inclut pas le ruisseau de Vallières, ce qui porte la superficie de la zone concernée à 1 280 km². La Seille prend sa source à la sortie de l'étang de Lindre, au sud-est de la commune de Dieuze, et conflue avec la Moselle à Metz. Dans sa partie amont, la Seille traverse le Pays des Etangs et le Saulnois, en suivant une direction est-ouest (figure 3). Elle s'écoule dans une large vallée avant de traverser la côte Infraliasique par une percée cataclinale (encadré 2). Dans sa partie médiane, la Seille s'écoule vers le nord-ouest et dessine de grandes boucles encaissées. A partir de la commune de Cheminot, la Seille suit un tracé vers le nord et draine la dépression de la côte de Moselle, au pied des buttes témoins. Le tracé y est assez rectiligne, parfois entrecoupé de sinuosités. La description du système fluvial de la Seille est disponible de manière détaillée dans la thèse d'El Ghachi (2007).

L'Orne, affluent de rive gauche de la Moselle, draine un bassin versant de 1 274 km². Elle prend sa source à l'ouest de la commune d'Ornes, sur le front de la côte de Meuse, et se jette dans la Moselle à Richemont, après sa traversée de la côte de Moselle (figure 3). L'Orne parcourt ainsi 86 km suivant une direction générale ouest-est et s'écoulant dans la dépression argileuse de la Woëvre à l'amont, avant de s'encaisser dans le plateau calcaire du Pays Haut dans sa partie aval (cours anaclinal, voir encadré 2).

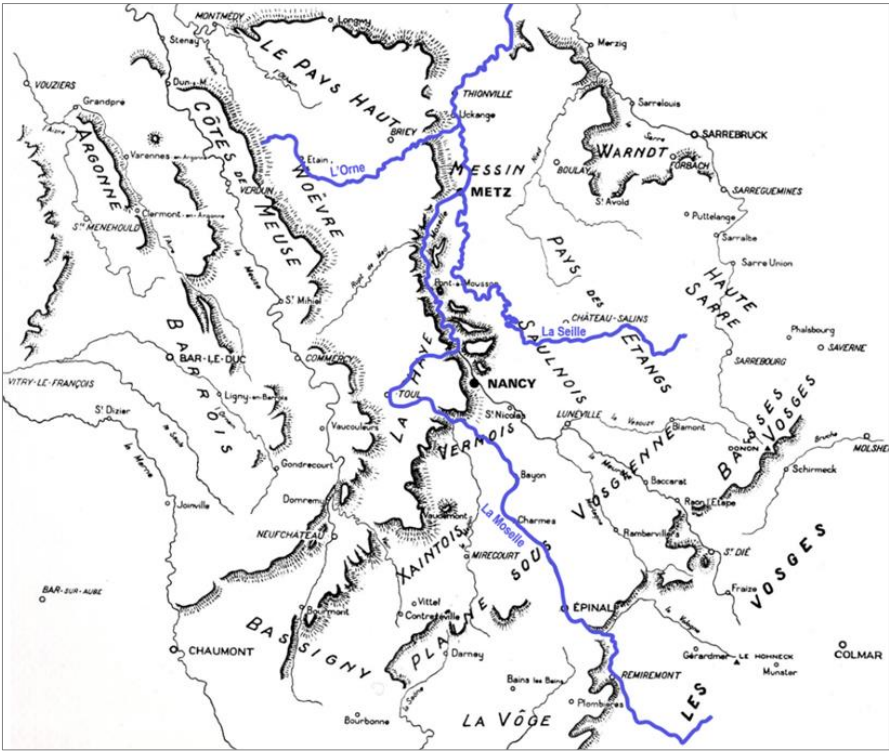


Figure 3 - Le tracé de la Moselle, de la Seille et de l'Orne au sein des grandes régions naturelles de la Lorraine (Source : Reitel (s.d.) modifié)

ENCADRÉ 2. Le relief de cuesta et l'organisation du réseau hydrographique (d'après Derruau, 2010)

Le bassin versant de la Moselle aval s'inscrit dans le Plateau lorrain, c'est-à-dire dans la partie orientale du Bassin parisien qui se caractérise d'un point de vue paysager par son relief de côtes (ou **cuesta**) (figure A). On appelle **cuesta** un relief dissymétrique réalisé par une couche résistante modérément inclinée et interrompue par l'érosion. La **cuesta** comprend un front, qui est un abrupt dû à l'interruption de la couche résistante, une dépression orthoclinale (ou subséquente), dépression qui suit le pied de l'abrupt, un revers qui correspond en première approximation au dos de la couche dure inclinée.

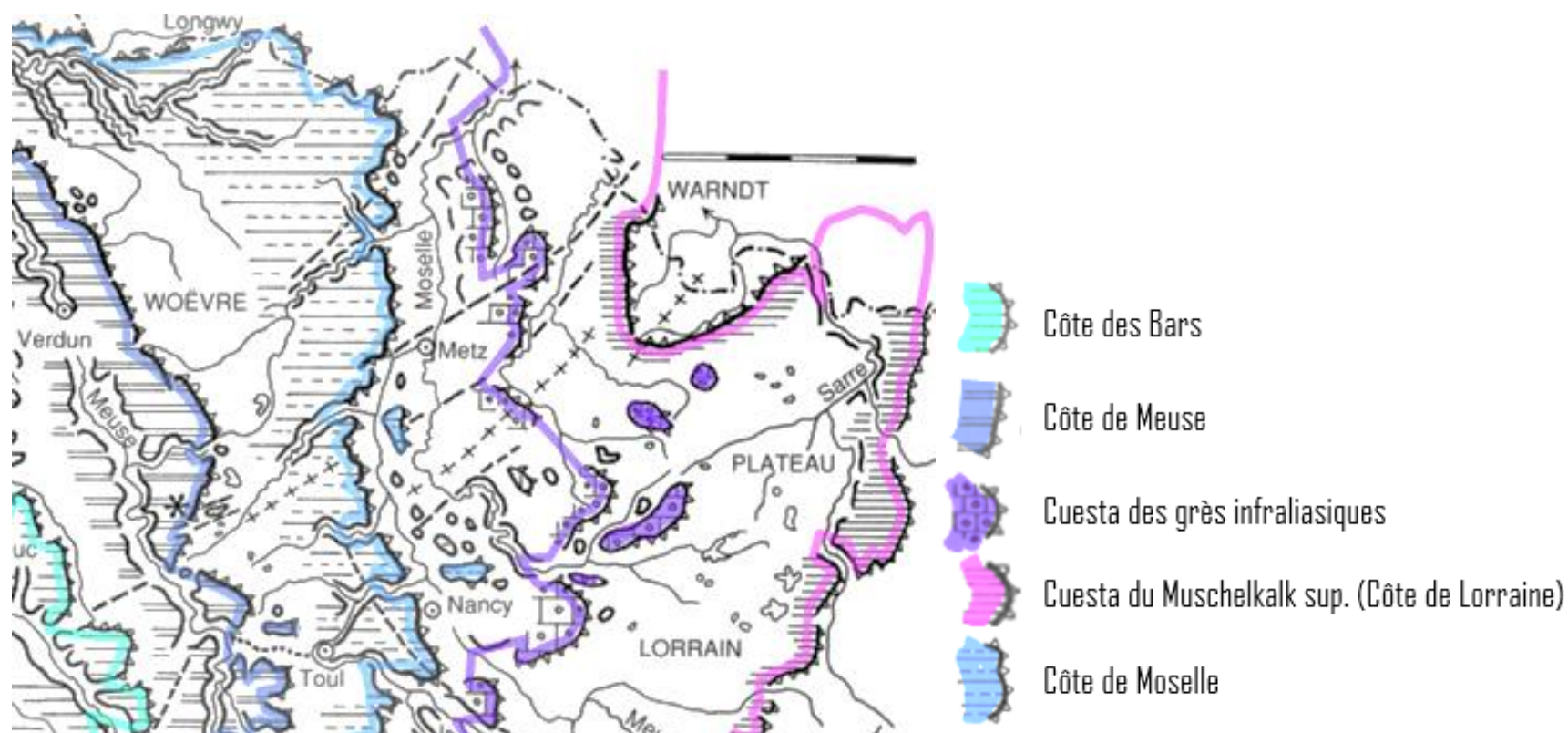


Figure A : Fond de carte d'Yvonne Battiau-Queney, Le relief de la France - Coupes et croquis (1993) Complété par Jean Gallier (Source : <https://chemindeleau.com/Le-Plateau-de-Langres-son-relief.html>)

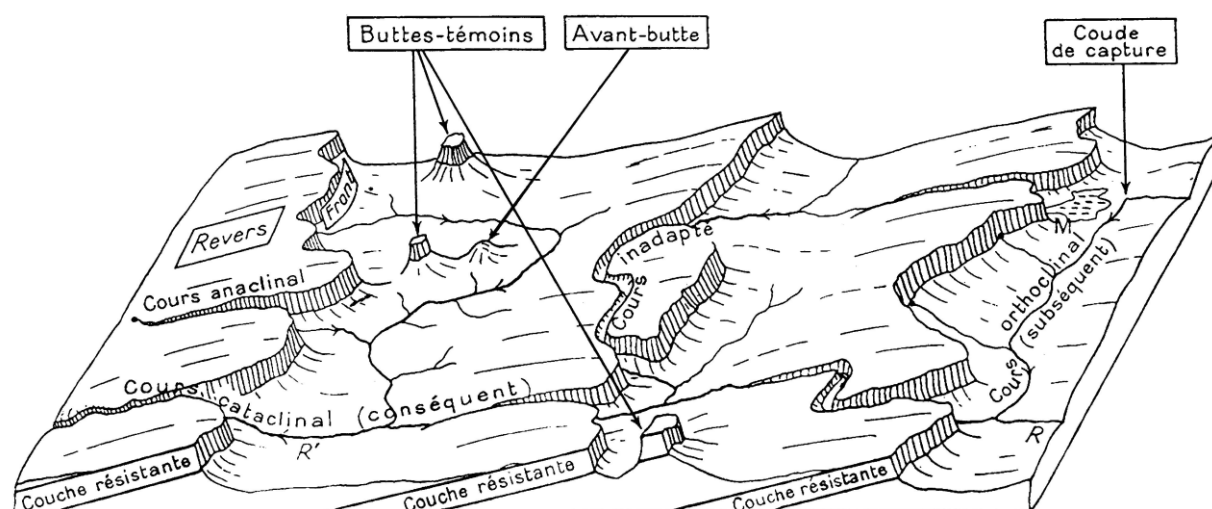


Figure B : Schéma montrant la disposition théorique des cuestas et de leur réseau hydrographique (Derruau, 2010)

Le tracé est celui d'un relief continu, seulement interrompu par des échancrures de rivières qui suivent le pendage général des couches et entaillent le front de manière à dessiner en plan une espèce d'entonnoir (figure B). On dit qu'une telle rivière est cataclinale (ou conséquent, mot qui ne veut pas dire importante, mais « suivant la pente générale du terrain », ici le pendage des couches) et qu'elle pénètre dans la zone du revers par un entonnoir de percée cataclinale ou conséquent (la Seille entaille la cuesta des grès infraliasiques). Toutes les rivières ne suivent pas le pendage des couches. Certaines peuvent se loger au pied d'un front de cuesta : elles sont dites orthoclinales, ou subséquentes. D'autres ne sont adaptées ni au pendage, ni à la disposition des fronts. L'Orne suit un cours anaclinal, qui s'écoule dans le sens inverse du pendage des couches. En avant du front, c'est-à-dire vers l'amont-pendage, il arrive que des buttes, formées par la couche résistante responsable de la cuesta, témoignent de l'ancienne extension de cette couche. Ce sont des buttes-témoins (exemple : la butte de Pont-à-Mousson). Une fois le chapeau de roche résistante disparu, la butte dégradée est appelée avant-butte.

Vidéo illustrant le relief de côte disponible sur : http://rpn.univ-lorraine.fr/UOH/LEPALOR/co/c_01_e.html

2. Contexte hydroclimatologique

Le bassin versant de la Moselle est exposé à un climat océanique dégradé, caractérisé par la prédominance des temps d'ouest et sud-ouest amenant, avec les perturbations, des masses d'air maritime humides et des températures modérées. Les précipitations sont relativement bien réparties tout au long de l'année et l'amplitude thermique moyenne annuelle est de l'ordre de 17°C (figure 4).

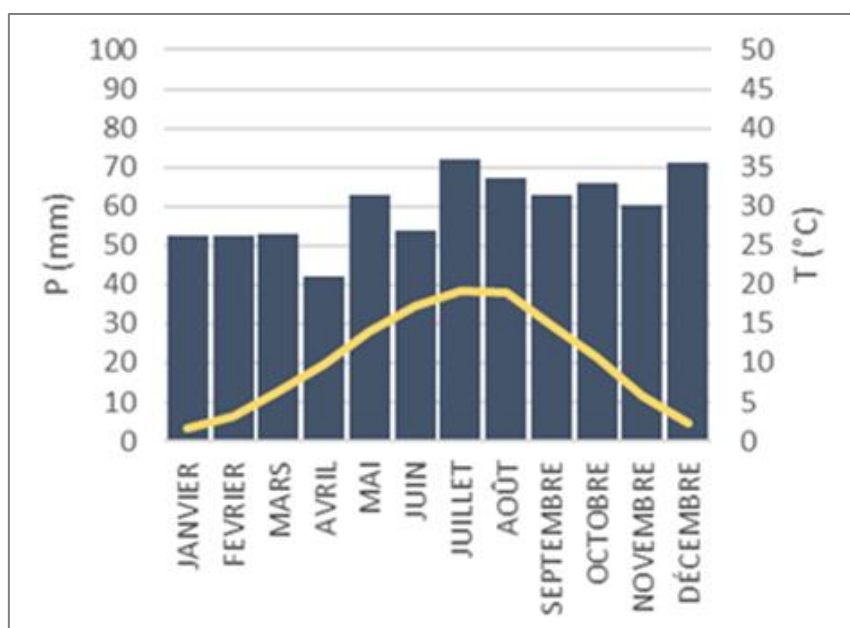


Figure 4 - Diagramme ombro-thermique de la station de Metz-Frescaty (1981-2010) (Source : Infoclimat)

Les précipitations moyennes annuelles du bassin versant de la Moselle sont de l'ordre de 900 mm, mais cette valeur masque d'importantes disparités spatiales (figure 5). La diversité pluviométrique résulte surtout du phénomène des pluies orographiques sur les reliefs exposés aux courants maritimes humides nord-ouest, ouest, sud-ouest et sud, touchant le versant ouest des Vosges, mais aussi les côtes de Meuse et les côtes de Moselle ; ces reliefs placent, sur leurs flancs est, **des plaines en situation d'abri, bénéficiant de précipitations plus faibles (moins de 700 mm) : plaine de la Woëvre, à l'abri des côtes de Meuse, et plaine de la Seille, au-delà des côtes de Moselle**. Dans le haut-bassin de la Moselle, sur le versant ouest des Vosges, les précipitations dépassent les 2000 mm par an. On observe en effet sur le massif des Vosges un très fort gradient pluviométrique : on passe ainsi, sur une distance d'un peu moins de 50 km, de 1080 mm à la station de Golbey (330 m d'altitude), à 1764 mm à Gérardmer (675 m) et plus de 2000 mm sur les sommets des Hautes-Vosges sur la période 1971 à 2000 (Delus et al., 2019).

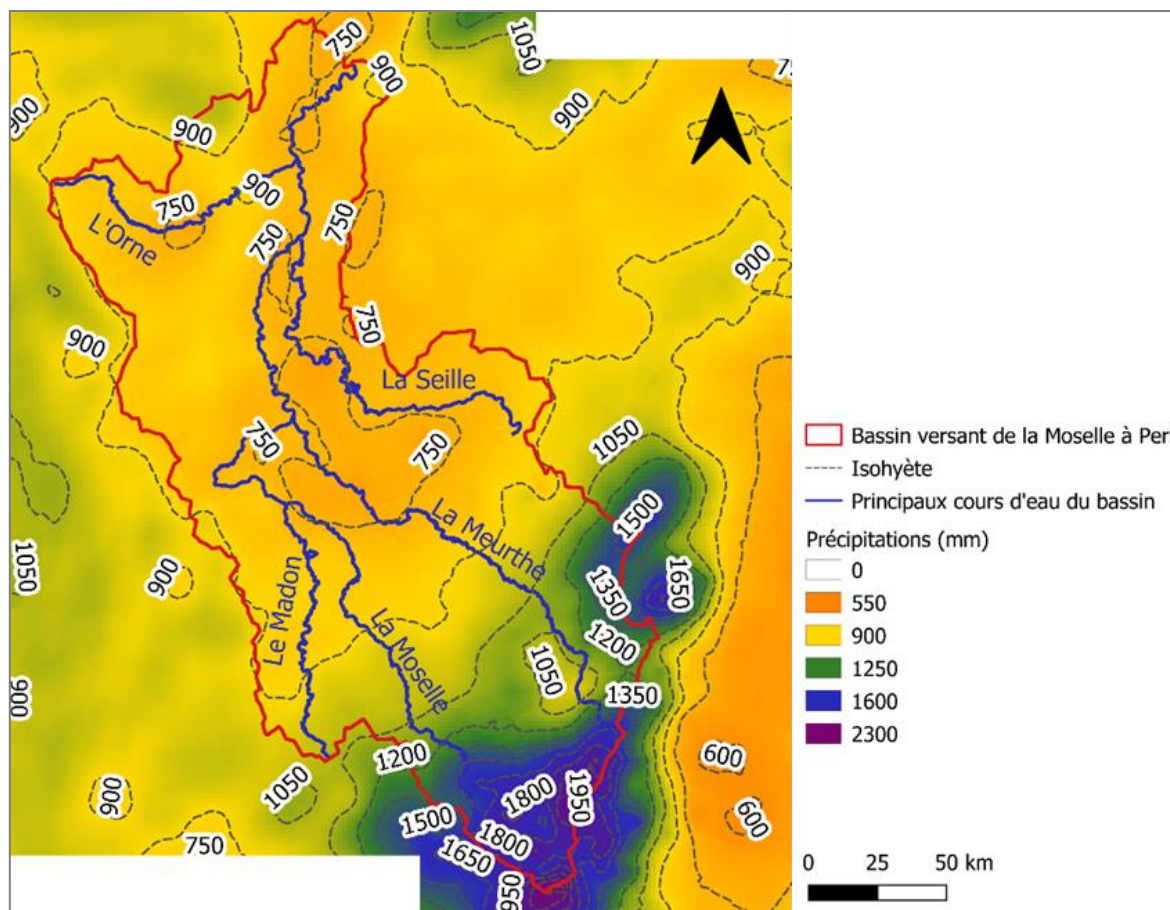


Figure 5 - Précipitations moyennes annuelles dans le bassin versant de la Moselle française (1971-2005)

Les types de temps perturbés d'origine maritime dominant en toutes saisons. Leur durée moyenne est brève (2 à 6 jours), tout comme celle des types de temps anticycloniques (2 à 5 jours).

Les « types de temps à crues » (Frécaut, 1973) sont à l'origine d'épisodes pluvieux en saison froide et d'averses génératrices de crues généralisées.

Les types de temps anticycloniques continentaux sont responsables en saison froide des « grands hivers » caractérisés par des vagues de froid. La relative stabilité de ces types de temps entraîne lors de « grands étés » des déficits pluviométriques importants et une forte évapotranspiration (Frécaut, 1973).

Le régime hydrologique de la Moselle et de ses affluents est de type pluvial-océanique (figure 6). Ce sont essentiellement les précipitations qui sont à l'origine des écoulements de hautes eaux. Les basses eaux sont liées à une hausse des températures qui génèrent une augmentation des prélèvements évapotranspiratoires.

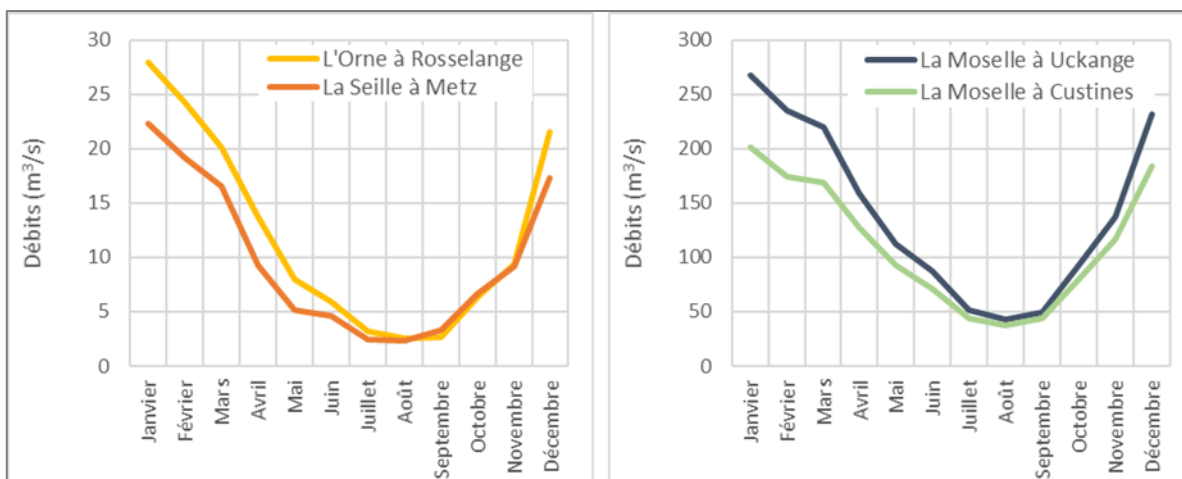


Figure 6 - Régimes hydrologiques des cours d'eau de l'étude (1981-2019) (Source : Banque Hydro)

Dans le périmètre du Syndicat Mixte de la Moselle aval, on compte actuellement une trentaine de stations hydrométriques en fonctionnement. Les débits caractéristiques de la Moselle et de ses deux principaux affluents (objets de cette étude) sont étudiés à partir de quatre stations hydrométriques. Une sur la Seille à Metz, une sur l'Orne à Rosselange et deux sur la Moselle :

- Custines située à environ 4 km en aval de la confluence Moselle-Meurthe permet de connaître les écoulements qui entrent dans le périmètre ;
- Uckange fournit une estimation partielle de ce qui en sort car elle est installée bien en amont du véritable exutoire à la frontière franco-germano-luxembourgeoise ;

Le tableau 1 présente des débits caractéristiques de ces stations qui proviennent de la Banque Hydro. La plus longue période commune d'enregistrement entre les quatre stations, s'étend de 1981 à 2019 et constitue notre période de référence. Les valeurs du tableau proviennent d'une procédure statistique « basique » de la Banque Hydro. Il aurait été nécessaire de vérifier la stationnarité de cette période pour les quatre stations avant d'en extraire des valeurs fréquentielles mais ce travail sort du cadre de cette étude.

Tableau 1 - Débits caractéristiques de la Moselle, de l'Orne et de la Seille (1981-2019)

		STATIONS	MOSELLE A CUSTINES	SEILLE A METZ	ORNE A ROSSELANGE	MOSELLE A UCKANGE
		Surface (km²)	6830	1280	1226	10770
MODULE ⁵		m³/s	111.61	9.82	12.09	140.25
		l/s/km²	16.34	7.67	9.86	13.02
QIX ⁶	max	Date	10/04/1983	26/11/1997	22/12/1993	11/04/1983
		m³/s	2000	174	318	2360
		l/s/km²	293	136	259	219
	1/10	m³/s	1460	125	254	1550
		l/s/km²	214	98	207	144
QMNA ⁷	min	Date	07/2019	07/2019	09/1996	09/2019
		m³/s	14.6	0.78	0.426	16.4
		l/s/km²	2.14	0.61	0.35	1.52
	1/5	m³/s	20.5	1.14	1.17	22.3
		l/s/km²	3.00	0.89	0.95	2.07

L'emprise du bassin versant géré par le Syndicat Mixte correspond à 37 % du bassin de la Moselle à Uckange. À l'échelle annuelle, son apport moyen ne représente que 1/5^{ème} du débit de la Moselle à Uckange. Ce rendement modéré provient d'une pluviométrie plus faible sur cette partie du bassin (voir plus haut) et se traduit également dans les valeurs de débits spécifiques (Qsp) : plus de 16 l/s/km² à Custines contre 7 à 10 l/s/km² en aval.

Ce constat vaut aussi pour les crues et les étiages. En amont de Custines la crue décennale de la Moselle est supérieure à 210 l/s/km² alors qu'à Uckange elle est inférieure à 150 l/s/km². Cependant pour l'Orne la crue décennale atteint un niveau très élevé comparable à la Moselle amont avec 207 l/s/km². Pour les débits d'étiage, il est important de rappeler que les trois cours d'eau subissent des influences qui peuvent avoir un impact en période d'étiage :

- La Moselle bénéficie d'un soutien d'étiage à partir du lac de Vieux-Pré situé sur un affluent de la Meurthe en amont de Raon-l'Étape (88) ;
- L'exploitation minière dans le Pays-Haut a considérablement influencé les écoulements de l'Orne et de ses affluents ;
- L'étang de Lindre peut perturber certaines années les étiages de la Seille avec une apparition plus précoce liée à des vidanges en fin de période de basses-eaux (Masson et al., 2005).

⁵ Débit moyen interannuel d'un cours d'eau

⁶ QIX : Débit instantané maximum d'une année hydrologique

⁷ QMNA : Débit mensuel le plus bas de l'année civile

Ces considérations mises à part, les rendements d'étiage en aval de la confluence de la Meurthe ne dépassent pas 1 l/s/km² contre 3 en amont de Custines.

En raison de valeurs de précipitations modérées, entre 700 et 900 mm/an, et la présence de ressources souterraines limitées, **le bassin de la Moselle aval dispose donc de ressources en eau de surface modérées. En moyenne, le bassin aval concourt relativement peu au débit de la Moselle.** La figure 7 présente l'évolution du débit moyen annuel de la Moselle, de sa source jusqu'à Cochem, et permet d'illustrer l'apport des affluents aux écoulements de la Moselle.

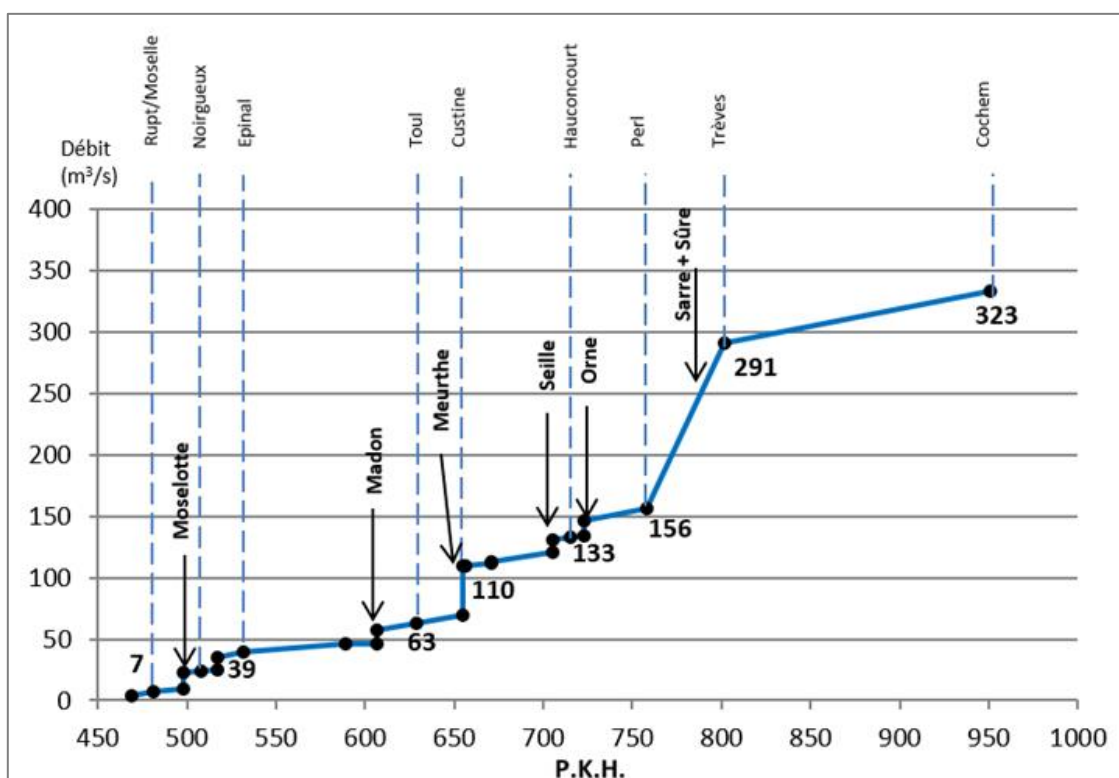


Figure 7 - Évolution du débit moyen annuel de la Moselle depuis sa source jusqu'à Cochem (Source : Lebaut, 2019)

Concernant les extrêmes hydrologiques, les crues du bassin de la Moselle sont relativement bien connues pour la période post 1900, notamment grâce aux travaux de Frécaut (1973) et au rapport d'étude hydrologique des crues du bassin français de la Moselle (Gille, 1993). L'inventaire réalisé dans le cadre de l'application de la Directive européenne inondation (Lang et Coeur, 2014) contient également de nombreuses informations consultables sur le site de la BDHI⁸. Durant le XX^{ème} siècle, les événements de 1919 et 1983 sont particulièrement exceptionnels, mais **c'est la crue de 1947 qui fut la plus dommageable et qui constitue souvent l'événement historique de référence pour la Moselle.** La reconstitution des crues historiques de ces trois derniers siècles fait l'objet des chapitres 4 et 5 de ce rapport.

⁸ <https://bdhi.developpement-durable.gouv.fr>

Les sécheresses constituent des épisodes moins spectaculaires mais aux enjeux socio-économiques tout aussi prégnants. La Moselle a connu des épisodes secs assez graves à la fin du XIX^{ème} siècle, notamment en 1893, et au début du XX^{ème} siècle (1906 et 1911), mais la fréquence des épisodes secs du XXI^{ème} siècle (2003, 2015, 2017, 2018, 2019 et 2020) est sans équivoque et se traduit par des étiages sévères (François et al., 2020) qui peuvent générer des tensions sur la ressource en eau.

3. Géologie

Le bassin versant de la Moselle présente une importante diversité géologique (figure 8). A l'amont du bassin versant, les roches cristallines des Hautes-Vosges (granites) prédominent. **L'aval se situe dans les schistes du Massif schisteux rhénan. Les plaines sont dégagées dans des milieux marneux et argileux.** Ces formations constituent des milieux peu perméables, qui favorisent un écoulement direct en surface. Le bassin versant s'inscrit également dans des terrains perméables, notamment les calcaires de la côte de Moselle (calcaires du Bajocien) et de la côte de Lorraine (calcaires du Muschelkalk supérieur) ainsi que les Grès Vosgiens et d'Ardenne qui constituent des réservoirs souterrains très capacitifs.

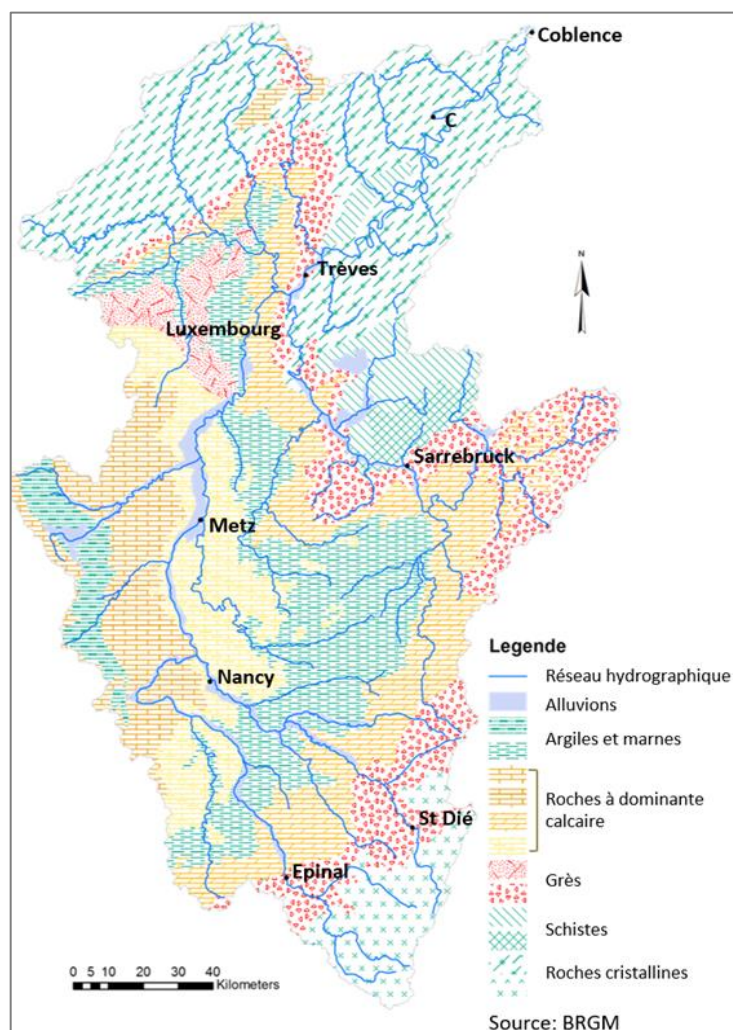


Figure 8 - Principales formations lithologiques dans le bassin versant de la Moselle (Source : Lebaut, 2019)

La Seille s'inscrit dans des formations essentiellement imperméables (74 %) ou peu perméables (21 %). L'amont est caractérisé par les terrains marneux et argileux du Trias supérieur et l'aval se situe dans les marnes du Lias supérieur. Dans sa partie médiane, la Seille traverse le plateau liasique dégagé dans les marnes et calcaires à Gryphées.

L'Orne se partage entre la dépression argileuse de la Woëvre à l'amont et le plateau calcaire du Pays-Haut dans sa partie aval.

A l'échelle de bassins versants aussi grands il n'est pas possible d'établir un lien simple entre les formations géologiques et les écoulements des cours d'eau. On peut toutefois souligner le caractère à dominance imperméable des bassins versants de la Seille et de l'Orne, ce qui contribue à favoriser les écoulements de surface à l'origine des crues.

4. Occupation du sol

Le bassin versant de la Moselle est majoritairement agricole (54 %) et forestier (38 %) (tableau 2 et figure 9). Les surfaces urbanisées représentent un peu plus de 7 % du territoire. Sur le bassin de la Moselle aval, la part de la forêt diminue (27 %) au profit des territoires agricoles (64 %), ce qui s'explique par le poids du massif vosgien, essentiellement forestier, dans l'occupation du sol du bassin versant total. Dans cette partie aval, **les forêts se retrouvent surtout sur les reliefs de côtes alors que les territoires agricoles occupent les dépressions**. Enfin, **les zones artificialisées représentent environ 8 % de l'occupation du sol** et cette valeur s'explique par l'urbanisation **particulièrement importante en fond de vallée**, notamment le long du « sillon mosellan » qui s'étend de la Métropole de Metz jusqu'à l'Agglomération Thionvilloise.

L'Orne se partage entre la zone amont située dans la plaine de la Woëvre qui est essentiellement agricole (67 %) et le plateau du Pays-Haut forestier et urbanisé dans sa partie aval. Les surfaces forestières sont plus faibles sur le bassin versant de la Seille (17 %) qui constitue une région rurale, avec des exploitations agricoles importantes, à l'exception des zones urbanisées situées dans la région de Metz, en aval.

Les zones humides et les surfaces en eau représentent moins de 1 % des superficies (près de 2 % de surface en eau dans la Moselle aval du fait des nombreuses gravières et étangs).

Tableau 2 - Occupation du sol des bassins versants étudiés

	Territoires artificialisés (%)	Territoires agricoles (%)	Forêts et milieux semi-naturels (%)	Zones humides (%)	Surfaces en eau (%)
Moselle	7,4	53,5	38,1	0,1	1,0
Moselle aval	8,2	63,6	26,5	0,0	1,6
Orne	6,5	66,6	26,4	0,2	0,4
Seille	5,9	76,5	16,7	0,1	0,8

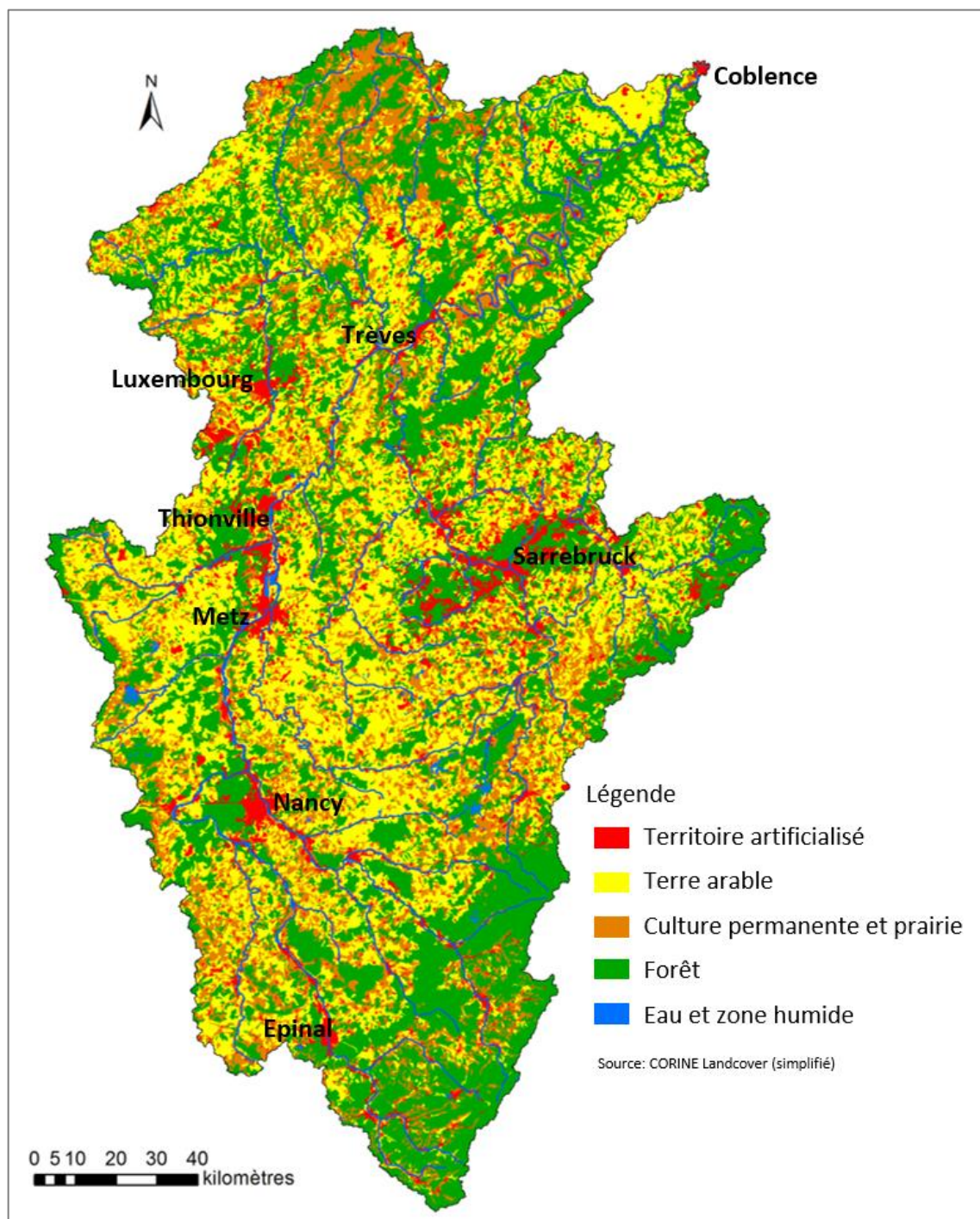


Figure 9 - Occupation du sol du bassin versant de la Moselle (Source : Lebaut, 2019)

5. Démographie

Entre 1968 et 2017, le taux de croissance démographique au sein des bassins versants a été de 41 % pour la Moselle aval, 46 % pour la Seille et 7 % pour l'Orne. Ces chiffres masquent d'importantes disparités :

- L'évolution pour la Seille concerne essentiellement l'aval avec des communes comme Marly où la population passe de 2 014 à 10 104 habitants sur cette même période ;
- Pour l'Orne, si quelques communes voient leur population grandement augmenter, comme Doncourt-lès-Conflans (506 à 1185 habitants), ou Amanvillers (1043 à 2161 habitants), on observe une baisse démographique sur 86 des 170 communes qui composent le bassin versant de l'Orne, avec en moyenne une population divisée par 1,25.

6. Activités économiques et utilisation de l'eau

Les trois cours d'eau présentent des caractéristiques spécifiques en termes d'usage de l'eau.

La Moselle a été exploitée très tôt pour la navigation et le transport de marchandise (lien avec le Luxembourg, l'Allemagne et plus largement le Rhin et donc la mer du Nord). Elle est aujourd'hui navigable depuis Épinal jusqu'à sa confluence avec le Rhin à Coblenze, mais la mise en place de sa canalisation aura été semée d'embûches (Berger, 2015 ; Bour, 1956). **L'historique de la canalisation de la Moselle française** (Fournier, 2014 ; Frécaut, 1959 ; Schontz, 2004) **permet d'identifier trois grandes phases d'aménagement** (tableau 3). Durant la période d'annexion allemande, la Moselle a été canalisée jusqu'à la frontière de l'époque. Ensuite, le seul aménagement qu'a connu la Moselle pendant près d'un siècle a été le CANal des Mines de FEr de la MOselle (CAMIFEMO) terminé en 1932. Durant les années 1960 et 1970, la Moselle est canalisée au grand gabarit de Pont-Saint-Vincent à la frontière.

Tableau 3 - Historique de la canalisation de la Moselle par tronçon (Source : VNF : Abèle et al., 2015)

Voie	Date de mise en service
Moselle canalisée au petit gabarit de Frouard à Ars	1870
Moselle canalisée au petit gabarit de Neuves-Maisons à Toul	1875
Moselle canalisée au petit gabarit de Ars à Metz	1877
Moselle canalisée au petit gabarit de Metz à Thionville (CAMIFEMO)	1932
Moselle canalisée au grand gabarit de Thionville à Coblenze	1964
Moselle canalisée au grand gabarit de Metz à Thionville	1965
Moselle canalisée au grand gabarit de Frouard à Metz	1972
Moselle canalisée au grand gabarit de Toul à Frouard	1978
Moselle canalisée au grand gabarit de Neuves-Maisons à Toul	1979

La Moselle a par ailleurs fait l'objet d'une intense exploitation alluviale qui soulève aujourd'hui des questions de gestion et de reconversion de ces espaces (Edelblutte, 2000 ; Mathis et al., 2012). D'autres usages plus anciens, tels que le flottage du bois, ont été pratiqués (annexe 2).

La vallée de la Seille constitue le cœur du Saulnois, bassin salifère riche qui doit sa salinité aux évaporites⁹ des terrains du Keuper (BRGM, s.d.). On y retrouve notamment le village de Vic-sur-Seille, haut lieu de l'exploitation du sel. Les villages de Moyenvic et Marsal connaissent également d'anciennes salines mais elles sont surtout des anciennes places fortifiées, notamment Marsal où les fortifications de Vauban sont encore très visibles dans le paysage. La Seille possède une histoire riche (Mathis, 2009) et est, depuis le Moyen-Âge au moins, largement anthropisée. Le cours d'eau présente en de nombreux endroits un tracé rectiligne ce qui permet notamment de drainer les nombreux prés alentours.

Durant le XX^{ème} siècle, la vallée de l'Orne (comme la vallée de la Fensch plus au nord) a été le théâtre d'une exploitation minière très importante avec la multiplication d'aciéries le long de son linéaire (Rogé et Walterspieler, 1982) afin d'utiliser l'eau pour refroidir les organes des hauts-fourneaux principalement. Ainsi, à partir de Conflans-en-Jarnisy, l'Orne est totalement anthropisée et on trouve encore de nombreuses traces de son passé sidérurgique, qu'elles soient paysagères (Picon, 2014), environnementales (Nasseh et al., 1999) ou même démographiques (Chalard, 2007). Dans sa partie amont, l'Orne traverse un bassin très rural et les interactions Homme/Milieu se limitent aux nombreuses pâtures.

⁹ Les évaporites sont des roches sédimentaires avec une forte présence de sels minéraux. Ces derniers ont précipité suite à une concentration saline trop importante dans l'eau qui recouvrait une partie du bassin versant durant le Keuper, ou le Trias supérieur (il y a plus de 200 millions d'années).

L'annexe 2 présente les grandes étapes historiques de ces trois cours d'eau dont l'usage de l'eau est essentiellement tourné autour de la navigation pour la Moselle, de l'exploitation du sel dans la vallée de la Seille, et de l'industrie dans la vallée de l'Orne.

L'annexe 3 rassemble de nombreuses cartes, croquis et documents iconographiques qui ont pu être consultés dans le cadre des recherches bibliographiques.

Chapitre 2. Les sources historiques



L'analyse diachronique réalisée dans le cadre de cette étude historique repose sur la collecte d'un **corpus de données essentiellement cartographiques**, décrit dans la partie 1 (1. *Les sources cartographiques*). Les ressources disponibles couvrent la période entre 1728 et aujourd'hui, mais l'analyse diachronique démarre au début du XIX^{ème} siècle, avec les premières sources cartographiques véritablement fiables. L'étude historique des crues repose également sur un important travail de collecte de données qui s'appuie sur les recommandations de la BDHI. Il s'agit en effet de rassembler l'ensemble des données hydrométriques relatives aux hauteurs d'eau, repères de crue, débits, etc., ainsi que tout document témoignant de manière directe ou indirecte d'un événement de crue. L'inventaire des sources présenté dans la partie 2 (2. *Les sources pour la reconstitution des crues historiques*) n'est pas exhaustif. Il vise à donner un aperçu de la nature et de l'origine des documents qui ont constitué les sources les plus intéressantes. L'ensemble des ressources consultées dans le cadre de cette étude est détaillé dans l'état général des sources fourni en annexe 7.

1. Les sources cartographiques

1.1. L'Atlas de Trudaine

L'Atlas de Trudaine, réalisé entre 1745 et 1750 sur ordre de Charles Daniel Trudaine, administrateur des Ponts et Chaussées, comporte les routes faites ou à faire, et leurs abords. Il s'agit d'une collection de 62 volumes totalisant plus de 3 000 planches manuscrites soigneusement aquarellées (figure 10). Ces plans sont disponibles sur le site des Archives nationales¹⁰. Bien que les atlas aient été produits pour la quasi-entière de la France actuelle, **cette source ne peut pas être utilisée pour cartographier le tracé des cours d'eau ou l'évolution du bâti, car seules les routes et leurs abords immédiats y sont représentés**. Aussi, ces atlas ne sont pas géoréférencés mais disponibles uniquement pour visionnage. Ils constituent **néanmoins** une source précieuse pour inventorier certains ouvrages, notamment des ouvrages de franchissement de cours d'eau.

Sur la zone d'étude, la région cartographiée correspond à l'ancienne généralité¹¹ de Metz qui représente trois atlas, ce qui ne permet pas de recouvrir tout le territoire étudié.

¹⁰ <http://www2.culture.gouv.fr/documentation/archim/atlasdetrudaine.html>

¹¹ A la date d'édition des atlas, la généralité de Metz regroupait les Trois-Évêchés (les villes libres de Metz, Toul et Verdun et leurs territoires), le Luxembourg français (partie septentrionale de la Moselle actuelle) et la principauté de Sedan.



Figure 10 - Exemple de cartographie par Trudaine, extrait de son Atlas pour la généralité de Metz. Cartes des Routes du Département des Trois-Evêchés, 1744. N°1 (Source : Archives nationales)

1.2. Les cartes des Naudin

Ces cartes ont été réalisées entre 1728 et 1739 par des ingénieurs géographes de l'atelier des Naudin sur la Lorraine de l'époque. L'ancienne région Lorraine est entièrement cartographiée et ce document constitue **la première source cartographique avant la carte de Cassini et d'Etat-Major**. Ces cartes illustrées par la figure 11 **représentent les territoires ruraux et urbains et à défaut d'être géométriquement exactes, elles fournissent une information qualitative et ponctuelle non négligeable** (gué, bac, passerelle, moulin, industrie, étang, etc.).



Figure 12 - Extrait de la carte de Cassini dans le secteur de Metz (Source : geoportail.gouv.fr)

1.4. Les cartes d'État-Major

Créées à partir de 1802, puis révisées durant tout le XIX^{ème} siècle, **les cartes dites de l'Etat-Major viennent compléter la carte de Cassini avant de totalement l'occulter** (Chappart et Reynard, 2007). Les premières feuilles sont publiées à partir de 1830 au 1/80 000, puis révisées surtout au 1/40 000 jusqu'en 1880. Pour la zone d'étude, les levés ont été terminés en 1831 (Bigourdan, 1899). Ces feuilles sont construites dans la projection de Bonne, permettant la conservation des surfaces mais pas des angles (projection équivalentes), comme c'est le cas pour la plupart des projections modernes. De ce fait, elles sont utilisables pour la digitalisation du lit mineur mais des décalages peuvent apparaître (figure 13). De plus, les feuilles manquent de précision (pixellisation) rendant les zones bâties incomparables au bâti actuel. **La carte d'état-major constitue néanmoins une référence incontournable dans l'étude des dynamiques historiques d'usage du sol** (Dupouey et al., 2007 ; Rochel et al., 2017). La valeur de cette source dans la région a déjà été étalonnée, notamment par Rochel et al. (2017) : on sait que **la représentation des surfaces forestières est très exacte, mais que des précautions doivent être prises avec les autres catégories d'usage du sol**. Les surfaces bâties sont difficiles à mesurer, de même que les jardins, les vignes, les vergers et tout ce qui se présente sous la forme de petits îlots de faible surface. Cette carte sera tout de même utilisée dans le cadre de la cartographie du bâti, car elle constitue **le premier et le seul document exploitable pour le XIX^{ème} siècle dans la zone d'étude**.

Les cartes d'État-major sont accessibles sur le site internet Géoportail et peuvent être téléchargées sur l'espace professionnel de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) (IGN, 2016) où elles sont géoréférencées dans le système de coordonnées Lambert 93.

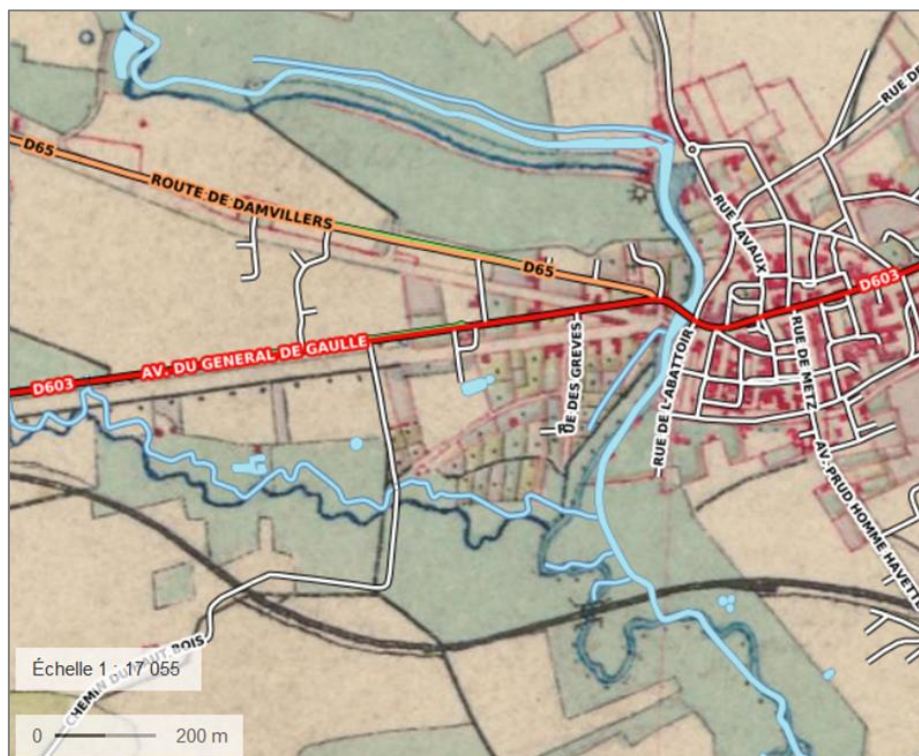


Figure 13 - Extrait de la carte d'État-Major à Étain.

Sur ce document on identifie un décalage de la carte d'Etat-Major vers le sud, en comparant notamment la position des routes départementales D65 et D603 et des cours d'eau.

(Source : geoportail.gouv.fr)

1.5. Les orthophotographies

Une orthophotographie (figure 14) est une « *image photographique dont on a corrigé les déformations dues au relief du terrain, à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et à la distorsion de l'objectif. Il s'agit donc d'une source superposable à une carte (géoréférencée) et facilement intégrable dans un SIG* » (Orthophotographie - Géoconfluences, s. d.).

De très nombreuses missions constituent aujourd'hui un patrimoine inestimable, utile à l'étude rétrospective des territoires. Une grande partie de ce patrimoine est accessible via le portail « Remonter le temps¹³ » ou par l'offre professionnelle de l'IGN. Il s'agit des **meilleures sources exploitables pour les décennies 1930 à aujourd'hui**. Les orthophotographies, lorsqu'elles ont été prises dans de bonnes conditions météorologiques,

¹³ <https://remonterletemps.ign.fr/>

peuvent fournir une image de très bonne qualité permettant de déterminer, par photo-interprétation, le tracé du lit mineur.



Figure 14 - Orthophotographie, Thionville.
Photo A : Le 28 mai 1928, cliché 96078 de la mission C3411-0561.
Photo B : Le 18 octobre 2012, cliché 5781 de la mission CP2000332_FD5457.
(Source : remonterletemps.ign.fr)

Les missions sont choisies de façon à ce que leurs dates se rapprochent au mieux des années-objectif (par exemple, si une cartographie est prévue pour 1950, mais qu'il n'y a pas de mission à cette date, on se reporte sur 1948-49 ou 1950-51) (tableau 4).

Tableau 4 - Dates des missions orthophotographiques utilisées

	Moselle	Orne	Seille
Années 1930	25 avril 1928 27 & 28 mai 1928 4 juillet 1932 1 ^{er} octobre 1932	25 & 26 avril 1928 27 août 1934	23 juillet 1935 21 & 23 août 1935 21 septembre 1935
Années 1950	Département de la Meurthe-et-Moselle : 1953 Département de la Moselle : 1955		
Années 1980	30 août 1979 31 août 1981 12, 13 & 15 mai 1982	13 mai 1982	6 & 18 septembre 1981 12 & 15 mai 1982

Pour cette étude, les orthophotographies sont regroupées en trois missions :

- **Les années 1930**, pour lesquelles **164 images** ont pu être collectées sur le site « Remonter le temps ». D'une **emprise inférieure à 5 km²**, elles couvrent la Moselle (de Marbach à Dieulouard, de Pagny-sur-Moselle à Ars-sur-Moselle et d'Hauconcourt à la frontière) ; l'Orne (d'Étain à St-Jean-lès-Buzy et d'Auboué à la confluence avec la Moselle) ; la Seille (de l'étang de Lindre à Cheminot avec trois lacunes, une de Dieuze à Mulcey, une en aval de Chambrey et une au niveau de Phlin) ;
- **Les années 1950**, achetées auprès de l'offre professionnelle de l'IGN. Au total, **598 clichés** d'une **emprise d'1 km²** permettent de couvrir l'ensemble des EAIP à cartographier ;
- **Les années 1980**, téléchargées sur « Remonter le temps », regroupent **56 clichés de 16 km²** et couvrent également l'entièreté des EAIP.

1.6. Les données actuelles du territoire

Il s'agit des données vectorielles utilisées pour représenter le territoire actuel. Les limites administratives (limites départementales, intercommunales, communales) sont issues de la base Admin Express sur le site [data.gouv.fr](https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/admin-express/)¹⁴. Le réseau hydrographique est issu de la BD Carthage de l'IGN¹⁵. La BD Topographique¹⁶ provenant également de l'IGN, a été utilisée pour décrire certains éléments du territoire tels que les infrastructures ou le bâti. Enfin, les photographies aériennes récentes sont utilisées pour faciliter l'étape de géoréférencement des orthophotographies historiques, expliquée dans la partie suivante. Ces photographies sont chargées directement sous un Système d'Information Géographique (SIG) à partir d'un serveur Web Mapping Services (WMS) de l'IGN.

¹⁴ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/admin-express/>

¹⁵ <http://www.sandre.eaufrance.fr/>

¹⁶ <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>

Synthèse des données exploitables et autres sources

La figure 15 présente l'ensemble des documents qui ont été utilisés dans le cadre de l'analyse diachronique.

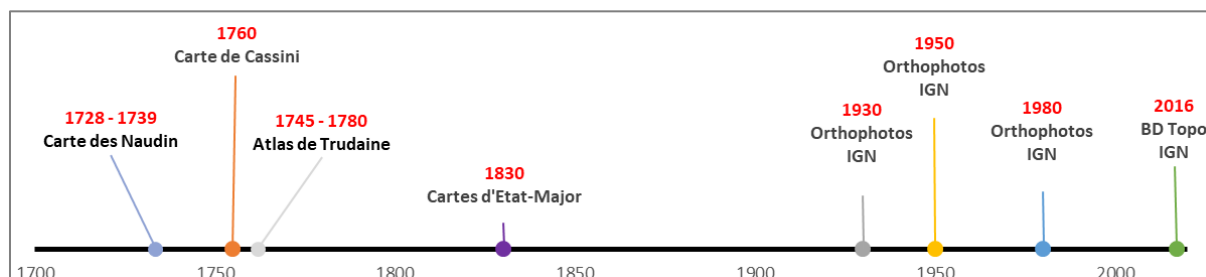


Figure 15 - Synthèse des documents cartographiques utilisés pour l'analyse diachronique

La frise chronologique met en évidence l'importante lacune temporelle entre 1830 et 1930. Des documents cartographiques sont disponibles durant cette période, notamment des plans directeurs de la Première Guerre Mondiale ou des cartes topographiques datant du début du XX^{ème} siècle. Mais **la principale difficulté réside dans la nécessité de disposer d'une même source et à la même date, sur l'ensemble des trois vallées étudiées**. L'histoire régionale explique pour partie l'absence de source homogène et centralisée. Le site Arcanum¹⁷, qui rassemble à l'échelle de l'Europe des cartes topographiques géoréférencées datant de la fin du XIX^{ème} siècle, permet d'illustrer ce problème d'homogénéité des sources. La figure 16, qui présente cette cartographie au niveau de l'ancienne frontière entre la France et l'Allemagne, met en exergue la différence entre les cartes topographiques allemandes, très précises et exploitables, et les cartes disponibles côté français qui le sont beaucoup moins. Une demande d'abonnement au nouveau portail GeoGrandEst¹⁸ a été réalisée en juillet 2020, mais les ressources disponibles à ce jour sur ce site ne permettent pas d'apporter de source cartographique complémentaire.

L'absence de modifications profondes du territoire entre ces deux dates, point abordé dans le chapitre 3, permet de relativiser l'impact de ce long hiatus entre les sources de la première moitié du XIX^{ème} siècle et les premières missions aériennes IGN des années 30, sur l'interprétation de l'analyse diachronique.

¹⁷ Géographie historique européenne : <https://maps.arcanum.com/en/>

¹⁸ Portail géographique du Grand Est : <https://www.geograndest.fr/portail/fr>

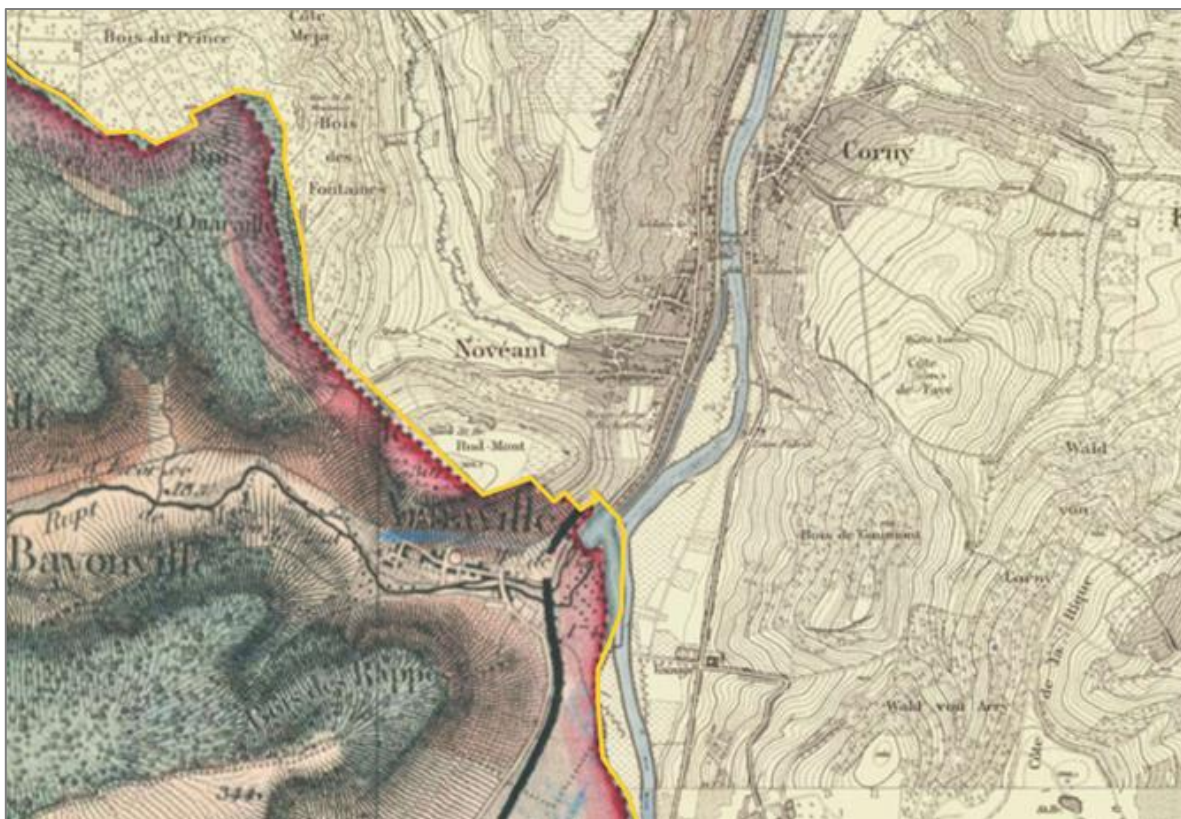


Figure 16 - Cartes topographiques de l'Europe au XIX^{ème} siècle. Ancienne frontière entre la France (à gauche) et l'Allemagne (à droite) dans le secteur de Novéant-sur-Moselle. (Source : <https://maps.arcanum.com/en/>)

Une autre difficulté réside dans le manque de précision des cartes d'Etat-Major, notamment en ce qui concerne le bâti ou le tracé exact des cours d'eau (cf. Chapitre 3, 4. Incertitudes liées à l'utilisation des documents anciens). **A ce titre, le cadastre napoléonien établi entre 1804 et 1845 dans la zone d'étude peut constituer une source complémentaire intéressante.** Les plans cadastraux sont disponibles aux Archives Départementales, parfois en ligne en format numérisé. C'est par exemple le cas du plan de la commune de Novéant-sur-Moselle, présenté en figure 17. Les plans cadastraux s'organisent sous la forme de tableaux d'assemblage et de feuilles parcellaires. Pour cette commune, 16 feuilles réalisées au 1/2500^{ème} permettent de couvrir l'ensemble de la superficie communale. La collecte et le géoréférencement des plans du cadastre napoléonien constituerait un temps de travail qui n'est pas envisageable dans le cadre de cette étude.



Figure 17 - Cadastre napoléonien, commune de Novéant-sur-Moselle. Plan minute, sections A-E. Echelle 1/2500^{ème}. (Source : Archives Départementales de la Moselle)

2. Les sources pour la reconstitution des crues historiques

Les sources disponibles pour reconstituer les crues historiques sont extrêmement riches et variées. Outre les données instrumentales, il existe une multiplicité d'autres sources d'information dans les archives : presse, sociétés d'agriculture, archives de sociétés industrielles, statistiques administratives départementales, etc. **Ces documents permettent en effet d'identifier des inondations suivant des techniques indirectes, car ces épisodes ont des impacts sur les sociétés.** Ils peuvent occasionner des dommages que l'on déduit donc de certaines données économiques (flottage du bois, chômage des moulins, navigation, etc.) ou sociétales (dommages, décès, rituels religieux, récoltes, etc.). L'inventaire des sources présenté ci-dessous est principalement organisé par lieu de consultation des différentes archives.

2.1. Les archives nationales

Des recherches aux archives nationales de Pierrefitte-sur-Seine ont été menées, notamment dans les séries F2 et F14, mais elles ne contiennent que peu d'informations sur les inondations de la Moselle. **Les dossiers 1 à 20 de la série F/14/6668, qui par exemple concernent le département de la Moselle et la rivière de la Moselle, rassemblent essentiellement des dossiers sur ses affluents.** On y trouve toutefois quelques documents intéressants, par exemple concernant les dégâts de la débâcle des glaces qui s'est produite en 1838. Les documents les plus exploitables ont été collectés dans la série 92/29 MI 11 et ils concernent les inondations de décembre 1982, avril et mai 1983.

2.2. Les archives départementales

Les Archives Départementales de Moselle (AD57) et de Meurthe-et-Moselle (AD54) représentent le fonds le plus important de ressources sur le territoire d'étude. Des documents concernant l'Orne ont également été consultés aux Archives Départementales de la Meuse (AD55).

Pour le département de la Moselle, nos recherches ont repris les éléments de Mellard (2016). D'abord, les archives allemandes de la période d'annexion regroupées au sein de la série AL. Plus précisément, **c'est la sous-série 15 AL concernant les voies de communication qui est la plus pertinente.** Dans cette sous-série, on retrouve les cotes 15 AL 806 à 15 AL 820 qui concentrent des hauteurs d'eau, et 15 AL 821 qui concerne les inondations. Ces cotes sont des documents originaux du « Wasserbau-Bezirk » de Metz. Dans les nombreuses cotes concernant les hauteurs d'eau, les cotes 15 AL 808 à 15 AL 820 rassemblent des chroniques de hauteurs d'eau journalières sur la plupart des échelles allemandes de la Moselle française. La cote 15 AL 806 est divisée en deux dossiers, le premier étant le « Wasserstandsbeobachtungen » (synthèse hydrologique de 1891 à 1900 du bassin) (figure 18). Le second dossier « Nivellements und

Fixpunktverzeichnis »¹⁹, regroupe des originaux des Ponts et Chaussées ainsi que des informations sur les différents nivellements. La cote 15 AL 807 reste certainement la plus intéressante de la sous-série 15AL. En plus de rassembler des chroniques de hauteurs d'eau journalières aux échelles de Malroy, Olgy, Ay, Metz-écluse et Metz Pont des Morts, dans le dossier « Pegelbeobachtungen »²⁰, le second dossier « Pegelbeobachtungen » du Wasserbau Bezirk de Metz reprend des originaux des Ponts et Chaussées ainsi que l'historique des stations existantes en 1895. Malgré toute la richesse de l'information contenue dans les documents de la série AL, la mauvaise qualité de conservation de certains documents en écriture manuscrite allemande rend leur utilisation parfois impossible. C'est surtout le cas du dossier 15 AL 807 qui contient de nombreux brouillons raturés et mal conservés.

Figure 18 - Annuaire hydrologique des bassins de l'Ill, de la Moselle, de la Sarre, et d'autres sous-bassins, 05-1891.
Source : Archives Départementales, 15 AL 806

Pour les archives du XX^{ème} siècle, c'est la série S-Travaux Publics et Transport qui est la plus intéressante. On y retrouve les archives du Service de la Navigation de la subdivision de Metz (2 S 358 - 2 S 369 et 5 S 42 - 5 S 157). On peut également citer le versement 44 J qui concerne spécifiquement le CAMIFEMO.

L'essentiel des fonds des Archives Départementales de Moselle est conservé à St-Julien-les-Metz, mais le site de Saint-Avold (Centre des Archives Industrielles et Techniques de Moselle CAITM) dédié spécifiquement à la mémoire des grandes industries qui ont marqué l'histoire de la Moselle conserve

¹⁹ « Fixpunktverzeichnis » correspond à des tableaux rassemblant les points de nivellement de référence.

²⁰ « Pegelbeobachtungen » correspond à des annuaires hydrométriques rassemblant les observations au droit des différentes échelles de hauteur d'eau.

également des documents intéressants pour cette étude, avec les versements 1661 W et 2204 W provenant de Voies Navigables de France (VNF).

Pour le département de la Meurthe-et-Moselle la sous-série 3 S - Navigation intérieure regroupe de nombreux documents du Service de la Navigation (3 S 701 à 3 S 794) ainsi que des documents allemands concernant les relevés hydrométriques et les annonces de crue (3 S 2146 - 3 S 2148 - 3 S 2348 - 3 S 2349 - 3 S 2442). Les cotes 3 S 88 et 3 S 112 sont également importantes car elles rassemblent des documents sur les inondations de l'Orne et de la Seille. On retrouve aussi les versements 2358 W et 2401 W provenant de VNF qui regroupent quelques relevés de hauteurs d'eau ainsi que des informations sur les annonces de crues. Les inventaires des Archives Départementales 54 signalent également plusieurs documents intéressants dans les séries des archives anciennes (séries B, C, H et G, cf. état général des sources en annexe 1). Cette partie n'a pas encore pu être consultée en raison de la fermeture du site des archives et le sera dès réouverture des locaux au public.

2.3. Les archives communales

Les archives communales constituent un fonds à ne pas négliger mais qui est relativement long à exploiter. La liste des communes traversées par la Moselle, la Seille ou l'Orne a été effectuée et les communes identifiées selon leur département d'appartenance. Sauf exception, les archives communales sont en général conservées aux archives départementales. Pour le département de la Moselle, l'inventaire en ligne des versements municipaux²¹ a permis de mettre en évidence plusieurs cotes qui ont été consultées. La procédure a été la même pour la Meuse²². Les Archives Départementales de Meurthe-et-Moselle ne possèdent par contre pas d'inventaire en ligne, ce qui a rendu la recherche plus fastidieuse. Il a fallu se concentrer sur quelques communes importantes notamment Pont-à-Mousson, Custines et Millery sur la Moselle ; Jarny, Homécourt et Jœuf pour l'Orne ; Nomeny, Moncel-sur-Seille et Brin-sur-Seille pour la Seille.

Au sein de ces archives communales, les séries les plus intéressantes sont : la série DD-Biens communaux, Eaux et Forêts, Voiries qui concerne les archives antérieures à 1790. La série 3 O-Navigation et Régime des Eaux, et la série 5 J-Hygiène et salubrité qui concerne les archives postérieures à 1790. La série 3 N-Biens communaux (Eaux) peut contenir des plans mais cette dernière s'est avérée assez indigente pour les communes recherchées.

²¹ <http://www.archives57.com/index.php/recherches/inventaires/category/12-2-communes>

²² <http://archives.meuse.fr/ark:/52669/a0114748840180rg5cc>

Il existe par ailleurs des communes qui possèdent encore leurs propres archives, c'est notamment le cas de Thionville, Metz et Nancy. Le service des archives de la ville de Thionville a été contacté, il ne possède pas de documents propres à la Moselle, mais dispose d'un fonds photographique de la canalisation qui n'a pas été consulté dans la mesure où l'étude ne portait pas sur cet aspect. Les archives municipales de Metz possèdent un service d'archives bien spécifique et très bien documenté. **Les cotes les plus importantes appartiennent à la série 3 O et DD, pour Metz et ses communes voisines (uniquement Magny possède des documents intéressants).** La classification y est légèrement différente de celle des archives communales déposées aux Archives Départementales. Par exemple, la série J-Police, Hygiène publique, Justice devient la série I et le classement prend également en compte la période de l'annexion allemande. En revanche, on retrouve les séries DD, 3 O et 5 J devenues 5 I. **Enfin, les archives municipales de Nancy conservent dans la série 3 O 37 les rapports d'ingénieurs des inondations de 1910 et 1919.**

2.4. Les ressources des services gestionnaires

Les archives des services gestionnaires sont incontournables, mais parfois difficiles à localiser. Les documents ont été dispersés, parfois perdus, du fait des nombreuses restructurations de ces services. Les archives des Ponts et Chaussées et du Service de la Navigation ont généralement été transférées aux archives départementales lors de la suppression de ces services. La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand-Est, qui dispose d'un portail documentaire, conserve certains rapports de crue²³ ainsi que d'anciens Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI). **L'ensemble des documents qui concernent la mise en place des stations hydrométriques dans le bassin de la Moselle est par ailleurs archivé à la DREAL Grand-Est de Metz** et nous remercions M. Delolme (chef de l'unité hydrométrie Meuse-Moselle) de les avoir mis à notre disposition. Des hauteurs d'eau relevées à Metz Pont des Morts durant tout le XX^{ème} siècle ont par ailleurs été retrouvées dans ces documents. **La DREAL Grand-Est de Metz conserve aussi les cahiers de crue du Service de la Navigation Nord Est** (figure 19). Il s'agit de tableaux de synthèse qui rassemblent les hauteurs observées en période de grande crue aux différentes échelles d'annonce de crue du bassin. **Les cahiers de crue constituent une donnée essentielle pour la reconstitution des hauteurs d'eau des crues les plus importantes.** Pour cette étude, les hauteurs des échelles de Custines/Millery (1922-1991), Metz Pont-des-Morts (1947-1991) et Uckange (1958-1991) ont été utilisées.

²³ Cote 3302E DIREN crue du 16 octobre 1981, cote 425 DIREN crue de décembre 1982 et avril-mai 1983

notamment une courbe de tarage à Millery²⁴. Enfin, **une importante partie des archives issues des services gestionnaires allemands durant la période de l'annexion est disponible aux Archives Départementales de la Moselle** qui lui consacre, comme indiqué en partie I.1., une série spécifique (série AL).

2.5. Les ressources universitaires

Les ressources « universitaires », ou plus largement bibliographiques, sont assez abondantes et de nombreuses publications apportent donc des informations sur les crues de la Moselle et de ses principaux affluents. Outre le travail de synthèse et d'analyse issu de ces travaux, ces documents fournissent un premier état des lieux des sources bibliographiques disponibles. Parmi les ressources universitaires, on peut citer quelques documents de référence :

- L'œuvre de Maurice CHAMPION (1863) qui offre une synthèse des inondations en France depuis le V^{ème} siècle ;
- Les monographies de CHASTELLUX (1854) et JACQUOT (1868), qui abordent le réseau hydrométrique mosellan ;
- L'ouvrage de VON TEIN (1905) qui s'intéresse plus particulièrement à la période de l'annexion et qui rassemble des informations sur la mise en place du réseau hydrométrique allemand, ainsi que des hauteurs d'eau annuelles à Millery, la Lobe, Jouy-aux-Arches et Metz ;
- La thèse de FRÉCAUT (1971) qui décrit les principales crues du bassin versant de la Moselle ;
- Les deux articles scientifiques de ZUMSTEIN ET AL. (1985), parus dans le numéro spécial sur les crues de 1983 de la revue Mosella, dans lesquels des séries de hauteurs de crue sont reconstituées en différents sites, notamment Custines, Metz Pont des Morts et Uckange ;
- La revue de la Société Hydrotechnique de France (SHF), *Houille Blanche*, qui a publié plusieurs articles sur les crues de la Moselle (notamment 1947) ;
- Des articles scientifiques à caractère monographique, qui décrivent les inondations historiques de 1919 ou de 1947 (BOUDOU, 2015 ; NICOD, 1949 ; ROTHÉ, 1948).

²⁴ Cette courbe de tarage n'a pu être rattachée à aucune échelle à ce jour ; elle reste donc à ce stade inexploitable.

2.6. Autres sources documentaires

Il existe par ailleurs une multiplicité de sources d'informations qui peuvent renseigner sur le déroulement d'un épisode hydrologique exceptionnel, dans la mesure où ces épisodes impactent les sociétés et peuvent occasionner des dommages (perturbation des transports, de l'activité agricole ou industrielle, arrêt de la navigation, destructions d'ouvrages, décès, rituels religieux, etc.). Les sources sont abondantes et peuvent concerner les archives de la presse, de sociétés d'agriculture, de sociétés industrielles, les statistiques administratives départementales, les rapports et délibération des conseils généraux, etc. Les archives de la presse lorraine sont consultables sur le site Limédia kiosque²⁵ qui met à disposition les journaux anciens numérisés jusqu'en 1959. Pour la période récente, les archives de la presse sont à consulter aux archives départementales ou au sein de certaines bibliothèques, mais les journaux ne sont pas numérisés. Le site Gallica, de la Bibliothèque Nationale de France (BNF), permet d'accéder à de nombreux documents statistiques, rapports ou annales. Enfin, les archives de la Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF) peuvent ponctuellement contenir des renseignements sur les inondations dans la mesure où ces événements ont engendré des impacts sur les voies du chemin de fer et sur la circulation des trains. Une recherche au Centre national des archives historiques de la SNCF a permis d'identifier plusieurs cotes pertinentes pour cette étude. Nous remercions à ce titre Mme Ben Iken, responsable des recherches historiques, qui nous a orienté dans nos recherches.

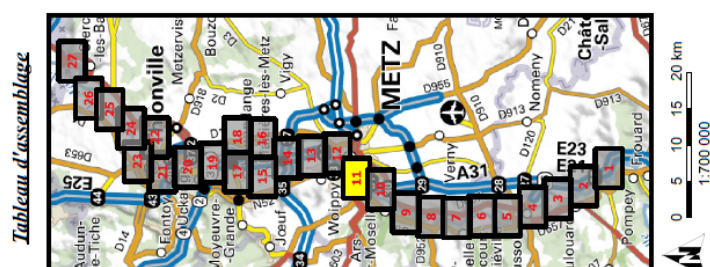
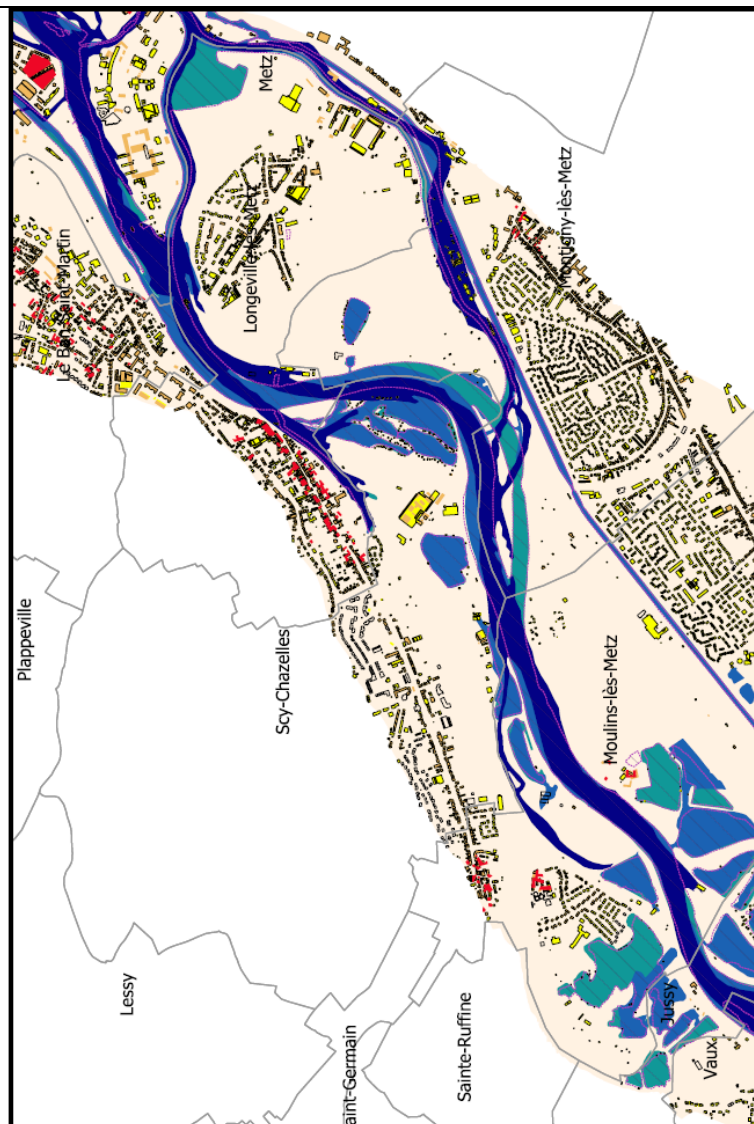
Enfin, une campagne de recherche de documents iconographiques a été entreprise à l'égard des communes situées dans le fond de vallée de la Moselle, de la Seille et de l'Orne. Au total, ce sont près de 140 communes qui ont été contactées, la liste se trouve en annexe 5.

A l'issue de ce travail de collecte et dans la suite du rapport, nous distinguerons : (i) les données instrumentales, à partir desquelles des séries de hauteur d'eau ou de débits sont reconstituées, (ii) les sources documentaires à partir desquelles une chronologie des inondations peut aussi être réalisée. Le croisement des données instrumentales et documentaires permet d'établir l'historique des inondations qui ont touché le territoire de la Moselle aval et aboutit à une identification des événements les plus graves.

²⁵ <https://kiosque.limedia.fr/>

Chapitre 3. Analyse diachronique de l'évolution du tracé des cours d'eau et des aménagements en lit majeur

Planche II



L'analyse diachronique réalisée dans le cadre de cette étude historique porte sur l'évolution : (i) du tracé de la Moselle, de l'Orne et de la Seille, (ii) du bâti et des gravières au sein des EAIP de ces trois cours d'eau, (iii) de l'évolution des ouvrages en lit mineur ou majeur susceptibles de perturber les écoulements. Ce travail s'appuie sur le corpus cartographique décrit précédemment, qui est analysé dans un SIG afin de produire une analyse diachronique pour suivre l'évolution du tracé des cours d'eau (Malavoi et Bravard, 2010) et des aménagements.

1. Méthodologie de l'analyse diachronique : l'intégration des données historiques à un SIG

Un SIG est un outil permettant d'organiser et de représenter des données spatialement référencées. Il permet de superposer des documents de différentes dates afin de mener une analyse diachronique de l'évolution d'un territoire. Les documents anciens sont très nombreux, mais ceux présentant une précision planimétrique suffisante pour pouvoir être géoréférencés le sont beaucoup moins et se résument ici aux cartes d'Etat-Major et aux orthophotographies. **L'exploitation de ces documents sous un SIG passe par deux étapes clés : le géoréférencement**, qui conditionne la bonne superposition des différentes images, puis **la digitalisation** des données du territoire que l'on souhaite étudier.

Dans le cadre de cette étude, deux logiciels de SIG aux formats compatibles ont été utilisés, à savoir QGIS et ArcGIS. Ce travail cartographique sous SIG aboutit à la réalisation d'un atlas cartographique qui contient l'ensemble des données historiques (annexe 1).

1.1. Le géoréférencement

Le **géoréférencement** (ou calage) consiste à attribuer des coordonnées géographiques à un document (photographie aérienne, carte, etc.) afin de le **repositionner spatialement** au sein d'un SIG. Le Système de Coordonnées de Référence (SCR) utilisé est « RGF93 Lambert 93 » qui constitue le système national de référence.

Le calage des images est à effectuer sur les sources historiques non géoréférencées, ce qui, dans notre corpus, concerne les orthophotographies des années 1930 et 1980, soit 220 documents (les cartes d'Etat-Major ainsi que les orthophotographies des années 1950 sont déjà géoréférencées par l'IGN). Pour qu'un géoréférencement soit de bonne qualité, il est nécessaire d'opter pour des paramètres de transformations optimaux. Les orthophotographies étant déjà rectifiées géométriquement, elles ne nécessitent qu'un bon positionnement dans l'espace et une transformation simple devrait être suffisante.

Cependant, après avoir effectué différents tests, et étant donné que les images sont très anciennes pour certaines, une légère distorsion a été appliquée et la transformation de type polynomiale 1 adoptée. **La méthode de géoréférencement utilisée ici est dite « en mode relatif » et reprend le guide du logiciel QGIS** (Lejeune et al., 2019). Elle consiste à repérer le plus précisément possible des mêmes points, sur l'orthophotographie historique et sur les images aériennes actuelles. En cas de modification importante du territoire, cette étape peut s'avérer délicate.

La qualité du géoréférencement dépend du choix des points de calage qui doivent être espacés et dispersés sur toute l'orthophotographie, l'idéal étant de les choisir aux quatre coins de l'image. **La qualité du géoréférencement s'apprécie par sa superposabilité** avec les autres couches SIG, **mais aussi par son erreur quadratique moyenne RMSE** (Root Mean Square Error) qui doit être la plus faible possible. Cette valeur provient des erreurs de chaque point, appelés résidus :

$$RMSE = \sqrt{\frac{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + \dots + R_n^2}{nb \ R}}$$

Avec R_1, R_2 le résidu du point 1, 2 et $nb \ R$ le nombre de résidus (nombre de points).

Quatre points constituent un minimum qui s'est avéré suffisant dans la majorité des cas pour parvenir une erreur acceptable. Il a quelques fois été nécessaire d'ajouter un ou deux points pour minimiser l'erreur augmentée par un relief important sur le terrain (côte de Moselle ou vallée aval de l'Orne notamment).

Au total, 164 images ont été géoréférencées pour la mission des années 1930 et 56 pour les années 1980 (tableau 5). L'emprise spatiale des orthophotographies des années 1930 est beaucoup moins importante que pour les années 1980, ce qui explique un nombre plus important d'images à géoréférencer. Les erreurs moyennes des différents regroupements d'orthophotographies sont rassemblées dans le tableau 5 et généralement inférieures à 5 m, ce qui pour ce type de document est tout à fait acceptable.

Tableau 5 - Nombres d'orthophotographies géoréférencées par lieu et date, et erreur quadratique moyenne (EMS)

Mission	Nombre d'orthophotographies	EMS (m)
1928 - Aval Moselle	79	2,959
1928 - Orne aval	23	3,499
1932 - Moselle amont	10	2,803
1932 - Moselle centrale	12	3,469
1934 - Orne centrale	12	3,642
1935 – Seille amont et centrale	28	3,426
1981 - Seille 1/2	4	3,315
1982 - Seille 2/2	13	2,386
1982 - Moselle 1/2	13	2,373
1982 - Moselle 2/2	13	2,649
1982 - Orne	13	4,358

1.2. La vectorisation

La vectorisation (ou digitalisation) consiste à redessiner la géométrie des éléments de l'image que l'on souhaite étudier. Cette étape a été réalisée à partir des cartes d'État-Major et des orthophotographies. Les objets à cartographier sont les lits des cours d'eau (Moselle, Orne et Seille) ainsi que les gravières et le bâti situés dans l'EAIP.

- La couche des EAIP a été fournie par le SMMA pour l'ensemble du bassin versant de la Moselle aval ; elle a été redécoupée pour obtenir individuellement l'EAIP de la Moselle, de la Seille et de l'Orne (figure 20) ;
- Les cours d'eau sont vectorisés à partir de polygones composant leurs contours (berges) car la largeur de leur lit est importante, sauf l'Orne amont qui est représenté sur une partie de son tronçon par un figuré linéaire ;
- Les gravières sont également vectorisées par des polygones composant le contour de ces objets ;
- Concernant le bâti, la procédure diffère selon la source historique à partir de laquelle la vectorisation est effectuée :

- Sur la carte d'État-Major, les bâtiments ne sont pas individualisés ; la vectorisation a donc parfois porté sur le pourtour des îlots représentant un ensemble de bâtiments ;
- Sur les orthophotographies, les bâtiments sont bien identifiables, mais ils n'ont pas fait l'objet d'une vectorisation systématique. En effet, la plupart des bâtiments visibles sur les orthophotographies historiques existent toujours et leur contour n'a pas changé. La couche du bâti actuel, disponible dans la BDTOPO, a été superposée aux orthophotographies et utilisée comme point de départ : le bâti inexistant sur l'image ancienne est supprimé, et dans quelques cas du bâti a dû être ajouté.
- Enfin, les ouvrages sont représentés par des figurés ponctuels.

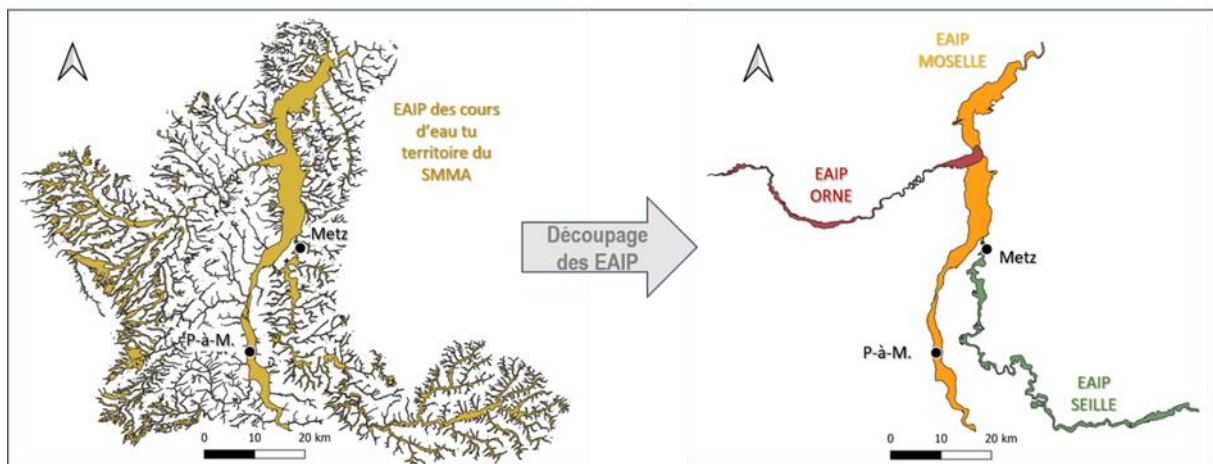


Figure 20 - Découpage des EAIP des trois cours d'eau étudiés

L'ensemble des données historiques est fourni sous la forme d'un atlas (annexe 1) et de couches SIG dont l'organisation est présentée dans l'annexe 8.

1.3. Incertitudes liées à l'utilisation des documents anciens

Les données vectorielles issues de ce travail sont assorties d'une incertitude dont l'origine dépend de la nature du document utilisé. Ainsi, sur les **orthophotographies** il est parfois **difficile d'identifier clairement le chenal d'écoulement** du cours d'eau, notamment lorsque la ripisylve est très développée. La figure 21 présente un exemple de délimitation du lit mineur de l'Orne à Rosselange rendue difficile par la présence de la ripisylve qui génère une ombre sur le cours d'eau. La présence d'une ripisylve n'impacte pas l'emplacement du tracé du cours d'eau, mais peut engendrer des imprécisions sur la largeur du chenal.



Figure 21 - L'Orne à Rosselange. Source : Cliché 57-1955-0923-6911, IGN

Des décalages peuvent par ailleurs apparaître entre les orthophotographies et les données actuelles utilisées en référence. La figure 22 illustre le cas d'un important décalage entre le bâti actuel (en rouge) et le bâti de l'époque (la route peut servir de repère pour identifier l'importance de ce décalage). L'erreur sur le géoréférencement reste néanmoins faible car elle ne dépasse pas 5 m en moyenne, ce qui est négligeable puisque les atlas sont fournis au 1/25000^{ème}, soit une erreur équivalente à 0,2 mm sur la carte. Ces décalages posent surtout problème à l'opérateur qui doit, lors de la digitalisation du bâti, retrouver l'emplacement de l'ancien bâtiment par rapport aux données actuelles.

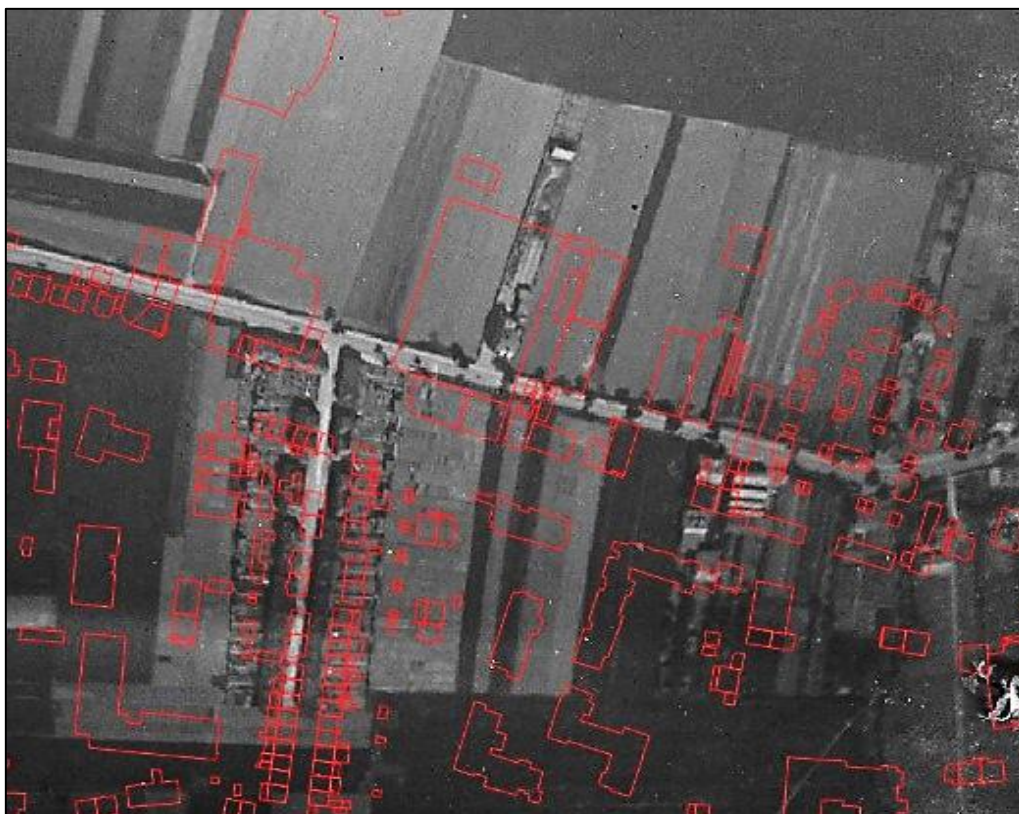


Figure 22 - Mise en évidence du décalage du bâti. Décalage important du bâti actuel (rouge) par rapport au bâti de l'époque : Cité Jeanne d'Arc à Terville. (Source : Cliché 96080 de la mission C3411-0561 de 1928, IGN)

Mais la principale difficulté est liée aux sources d'incertitudes planimétriques des cartes d'Etat-Major. Duquesne et al. (2020) ont estimé à plus de 30 mètres l'erreur quadratique moyenne obtenue à partir de ce type de documents (tableau 6). Les feuilles d'Etat-Major utilisées dans le cadre de cette étude ont été géoréférencées par l'IGN ; les décalages constatés ne sont donc pas inhérents à une mauvaise procédure de géoréférencement, mais bien à des problèmes planimétriques.

Tableau 6 - Erreurs liées au géoréférencement des cartes d'État-Major. (Source : Duquesne et al., 2020)

Carte	Année	Référence de la carte	Taille du pixel (m)	Erreur brute des données	Erreur de géoréférencement	Erreur de digitalisation	Estimation de l'erreur globale (m)	Erreur quadratique totale (m)
Carte d'Etat-Major	1866	IGNF Scan Saintes	1,69	±1,69	±36,11	±3,38	±41,18	36,31
	1866	IGNF Scan Cognac	1,69	±1,69	±26,61	±3,38	±31,68	26,88
	1866	IGNF Scan Bourg Charente	1,69	±1,69	±39,42	±3,38	±44,49	39,60
	1866	IGNF Scan Angoulême	1,69	±1,69	±24,23	±3,38	±29,30	24,52

Sur le territoire d'étude, des décalages ont été constatés par comparaison du positionnement du lit mineur dans des secteurs où la morphologie fluviale n'a, a priori, pas évoluée (figure 23). La comparaison entre les limites communales actuelles et celles de l'État-Major a également permis de mettre en évidence certains décalages (figure 24).



Figure 23 - Exemple de décalage visible sur la feuille d'État-Major. Comparaison entre le lit actuel (jaune) et le lit à l'époque (bleu) : vallée de la Seille.

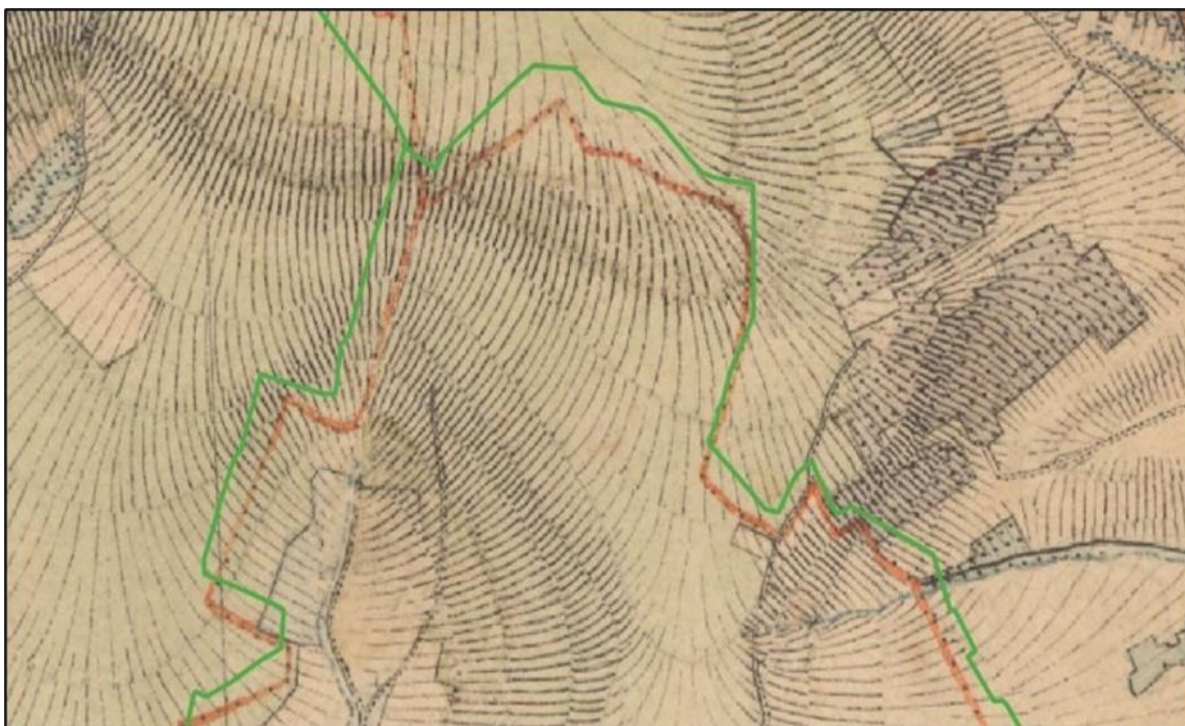


Figure 24 - Exemple de décalage visible sur la feuille d'État-Major. Comparaison entre le découpage administratif actuel (vert) et le découpage à l'époque (rouge) : Vallée de la Seille. (Source : Géoportail.fr)

L'inventaire des décalages observés sur les trois cours d'eau étudiés a permis de conclure à un **écart présent en ordonnée mais très peu en abscisse**. Ainsi, la **vallée de l'Orne** qui s'écoule principalement d'ouest en est **montre des décalages fréquents entre la carte d'Etat-Major et les données actuelles**. La **vallée de la Seille** est surtout concernée dans sa partie amont alors que la **vallée de la Moselle** ne connaît quasiment aucun décalage.

Lors de l'étape de vectorisation, **ces problèmes de planimétrie peuvent faire apparaître un tracé de cours d'eau décalé par rapport au chenal actuel** dans des secteurs où la morphologie fluviale n'a pas évolué. **Les tronçons qui apparaissent décalés** par rapport au cours d'eau actuel, et dont l'écart est jugé lié à une incertitude planimétrique par l'opérateur, ont été **cartographiés par un figuré pointillé spécifique dans les atlas** (figure 25).

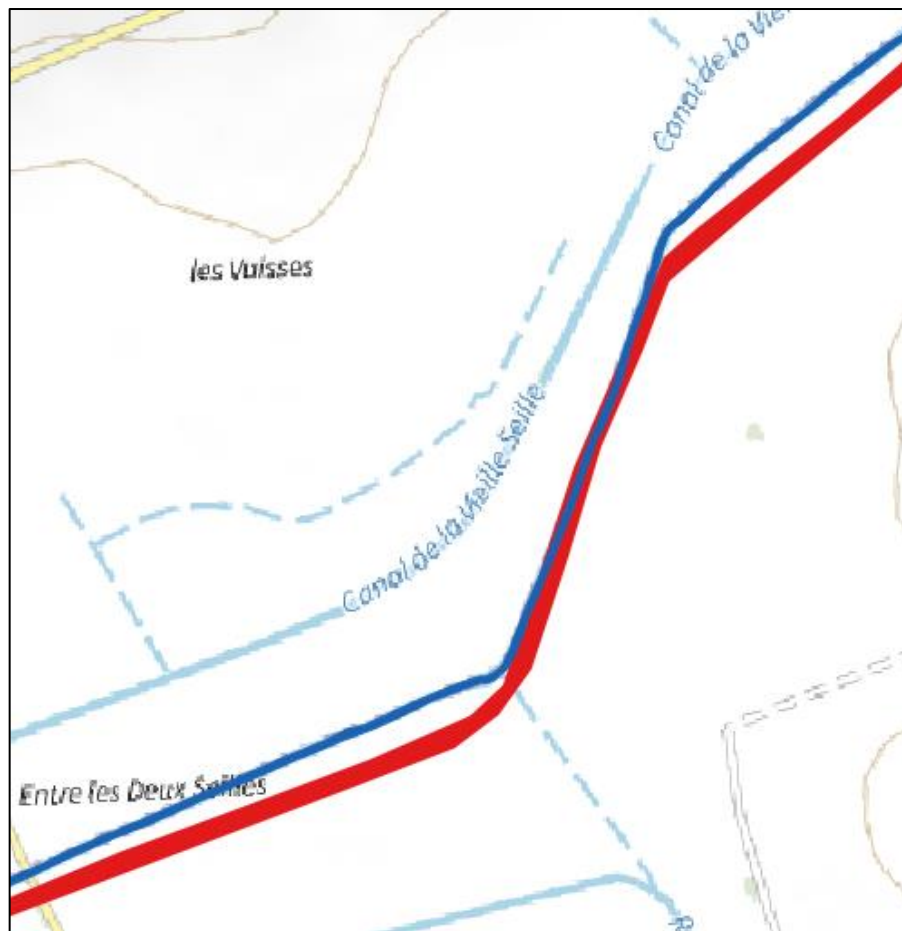


Figure 25 – Identification des secteurs décalés. Cours de la Seine actuel (en bleu) et celui de l'État-Major (en rouge) au niveau de Mulcey. On observe que sur la partie centrale (cours d'eau nord-sud) les deux tracés se superposent, ce qui n'est pas le cas sur la partie gauche et droite (cours d'eau est-ouest). De cette manière on a pu identifier les secteurs pour lesquels le tracé de l'État-Major apparaît comme décalé.

Les erreurs de géoréférencement constituent la principale source d'incertitude, mais **des erreurs de digitalisation peuvent également apparaître**. Elles correspondent à l'incertitude liée à l'interprétation des **limites du chenal** à vectoriser. Comme expliqué plus haut, ces erreurs ont été estimées à environ 30 m par Duquesne et al. (2020), mais des essais sur la Meurthe ont mis en évidence des erreurs qui pouvaient être bien plus importantes (Lejeune et al., 2020). **Le recours au cadastre napoléonien constitue une des meilleures pistes pour réduire l'erreur moyenne**, mais son utilisation est très chronophage et sa généralisation à l'échelle du territoire d'étude n'est donc pas envisageable dans le cadre ce travail.

2. Évolution du tracé des cours d'eau et des aménagements

2.1. La mobilité des cours d'eau

L'analyse diachronique, qui fournit à différentes dates l'emplacement du lit du cours d'eau, permet de connaître la mobilité historique des cours d'eau. Les rivières produisent en effet une érosion latérale qui conduit à la formation d'une plaine alluviale.

La Moselle, dans sa partie aval, possède peu de possibilité de divagation latérale²⁶ de son lit durant la période étudiée. À l'époque gallo-romaine, la Moselle était déjà connue comme étant une artère fluviale majeure et des projets de canalisation émergent dès 52 avant J-C (Cermakian, 1975). Ce cours d'eau est utilisé très tôt pour la navigation, conduisant à des interventions humaines plus ou moins importantes pour stabiliser son cours. A partir du XV^{ème} siècle, la Moselle a connu d'importantes transformations et une multiplication des infrastructures hydrauliques et fluviales, comme les digues, les vannes, les moulins ou même les ponts (Ferber, 2016). Les textes montrent qu'une grande partie des aménagements tentés au cours de cette période étaient des travaux de défense, et dans de rares cas la remise de la rivière dans son lit que les crues lui avaient fait quitter (Bonnefont et Carcaud, 1997). La Guerre de Trente Ans (1618-1648) entraîne l'arrêt quasi total de la navigation sur la Moselle et restreint toutes les activités (Schontz, 2004). La Moselle était négligée et l'ensablement du lit a empêché toute navigation importante ; seul le flottage continue à être pratiqué sur certaines sections (Frécaut, 1959). A partir de 1830, des aménagements plus lourds démarrent (Bonnefont et Carcaud, 1997). Des travaux sont réalisés dans le lit de la Moselle : le dragage, le dérochage, la construction de digues et de chenaux artificiels, ainsi que l'aménagement de chemins de halage et de quais. Depuis ces travaux, la navigation sur la Moselle a pris un essor extraordinaire (Schontz, 2004). En 1877, la Moselle est canalisée à petit gabarit sur le tronçon Ars-sur-Moselle – Metz, puis la canalisation est généralisée avec la création de 14 écluses. Le CAMIFEMO est ouvert à la navigation en 1932 (figure 26), et la mise à grand gabarit est opérée dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, réduisant le nombre d'écluses. Ces travaux nécessitent des modifications du tracé de la rivière, notamment des recoupements de méandres²⁷ (figures 27, 28 et 29) ou des élargissements de lit. Les principaux changements de tracé, identifiés lors de l'analyse diachronique, sont donc à attribuer à des interventions anthropiques.

²⁶ La divagation latérale du lit d'un cours d'eau correspond à son espace de mobilité. Cette dynamique fluviale génère des érosions de berge à l'origine de la formation et de la migration de méandres.

²⁷ Il s'agit de recoupements anthropiques ; l'origine de recoupements naturels est expliquée dans l'encadré 3

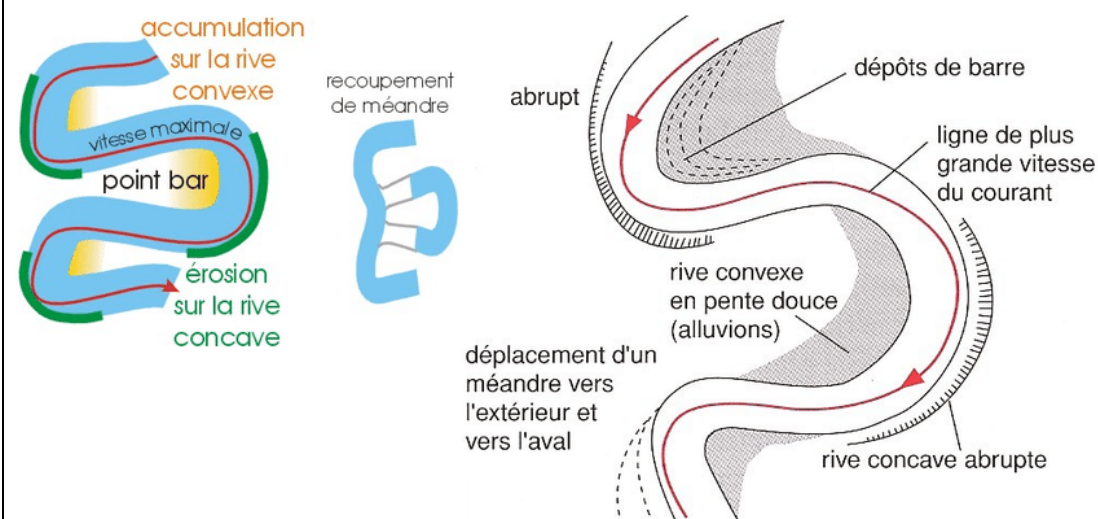
ENCADRE 3. Recoupement de méandre (d'après Boulvain, 2014)

L'érosion latérale produite par les cours d'eau est fortement contrôlée par la résistance des roches à l'érosion. La largeur de la plaine alluviale est donc variable et généralement réduite dans les roches dures. Le mécanisme de l'érosion latérale est lié principalement au développement des méandres. Une fois formés, les méandres ont tendance à se déplacer vers l'extérieur et vers l'aval du cours d'eau par érosion sur la rive concave (où la vitesse du courant est la plus forte) et dépôt sur la rive convexe (où la vitesse est la plus faible). L'accumulation des sédiments se fait sous la forme de point bars ou lobes de méandre. Le recoupement des méandres génère des méandres abandonnés (figure A).

Le potentiel de mobilité de la Moselle dans la zone d'étude est fortement réduit par de nombreux aménagements et les recoupements de méandres observés sont majoritairement anthropiques.

Figure A : Formation des méandres par érosion de la rive concave et sédimentation sur la rive convexe. L'ensemble se déplace vers l'aval. Recoupement de méandre et développement d'un méandre abandonné.

Source : Boulvain, 2014



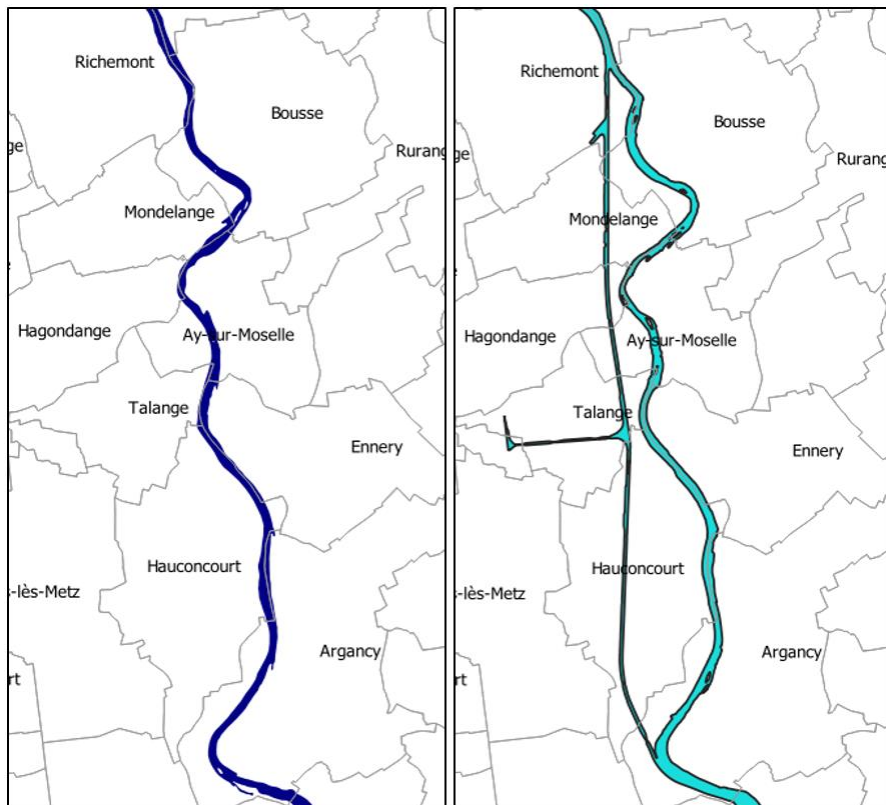


Figure 26 - Évolution du tracé de la Moselle entre Hauconcourt et Richemont. Apparition du CAMIFEMO à l'ouest du lit de la Moselle sur l'image de droite. Gauche : tracé réalisé à partir de la carte d'État-Major ; Droite : tracé actuel.

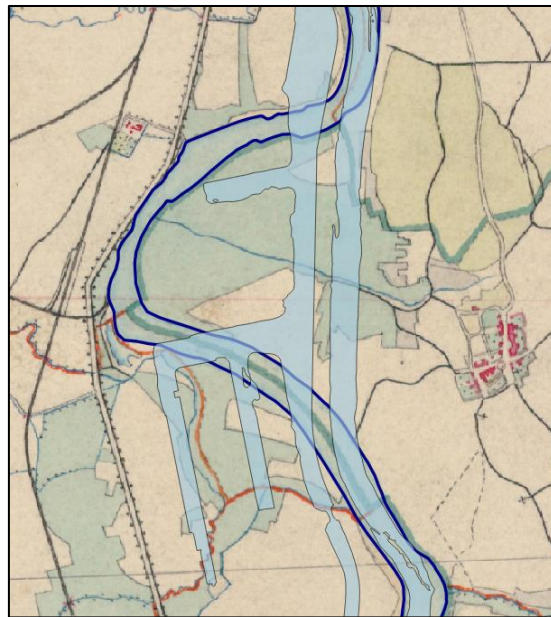


Figure 27 - Recoupement de méandre artificiel à l'ouest de la commune d'Illange dans le cadre de la réalisation du CAMIFEMO et de l'aménagement du port de Thionville-Illange. Le fond de carte correspond à l'État-Major sur lequel l'hydrographie actuelle a été ajoutée. Lit mineur sous État-Major en contour bleu foncé et lit mineur actuel en bleu clair.

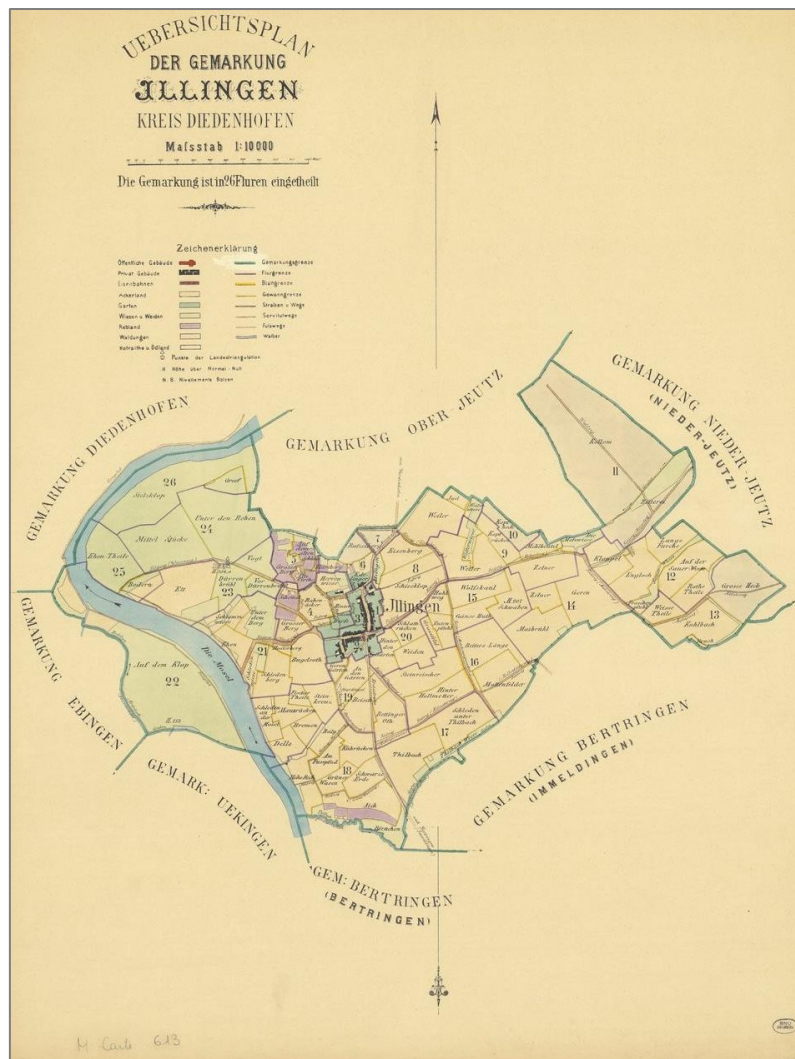


Figure 28 - Plan général du district d'Illingen (Illange). Le district d'Illingen (Illange), district de Diedenhofen (Thionville), en 1891, avant la rectification du tracé. (Source : gallica.bnf.fr)

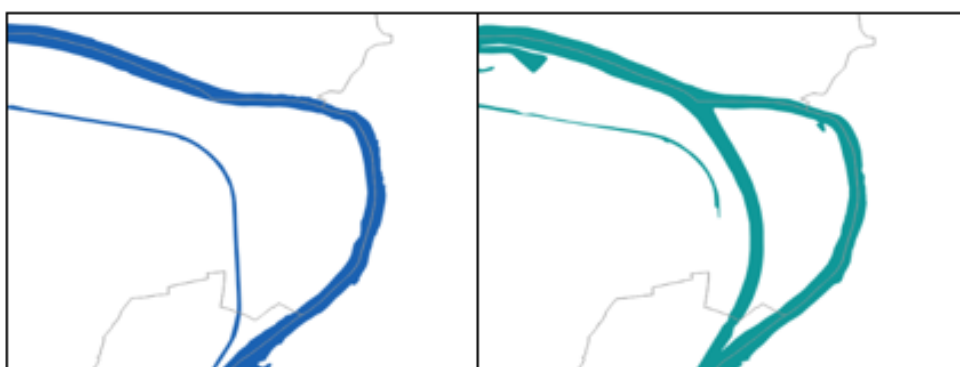


Figure 29 - Mise en place de la navigation à grand gabarit sur la Moselle. Tracé de la Moselle et recoupement de méandre artificiel pour accueillir les grands gabarits dans la commune de Belleville (54). Tracé réalisé à partir des orthophotographies des années 1950 à gauche et 1980 à droite.

La Seille est aménagée dès l'Antiquité pour le transport du sel. Au début du XVI^{ème} siècle, le lit de la Seille est tellement encombré par les alluvions que le transport de marchandises par bateau y est abandonné, ce qui entraîne la disparition des bateliers installés aux abords de cette rivière (Ferber, 2016),

alors que la partie supérieure de la Seille est utilisée pour transporter par flottage les bois destinés aux Salines de Dieuze (Schontz, 2004). En 1629 apparaissent les premières mentions de grandes actions de curage et d'élargissement du chenal (El Ghachi, 2007). La carte d'Etat-Major permet d'identifier de nombreuses dérivations réalisées pour alimenter les moulins (figure 30). **Le cours d'eau subit une rectification et un recalibrage importants, en particulier durant la période de l'annexion allemande, et son tracé n'a que peu changé depuis le XIX^{ème} siècle.** Après la première guerre mondiale, de grandes actions de nettoyage (figure 31) et des travaux de remise en état des ponts ont été menés pour enlever tous les débris et réparer les dommages de guerre (El Ghachi, 2007) provenant des nombreux ouvrages de franchissements (une trentaine) liés à l'activité agricole principalement. **Les travaux sont particulièrement visibles sur les orthophotographies des années 50, avec des bourrelés de curage bien identifiables sur la quasi-entièreté du linéaire** (figure 32).

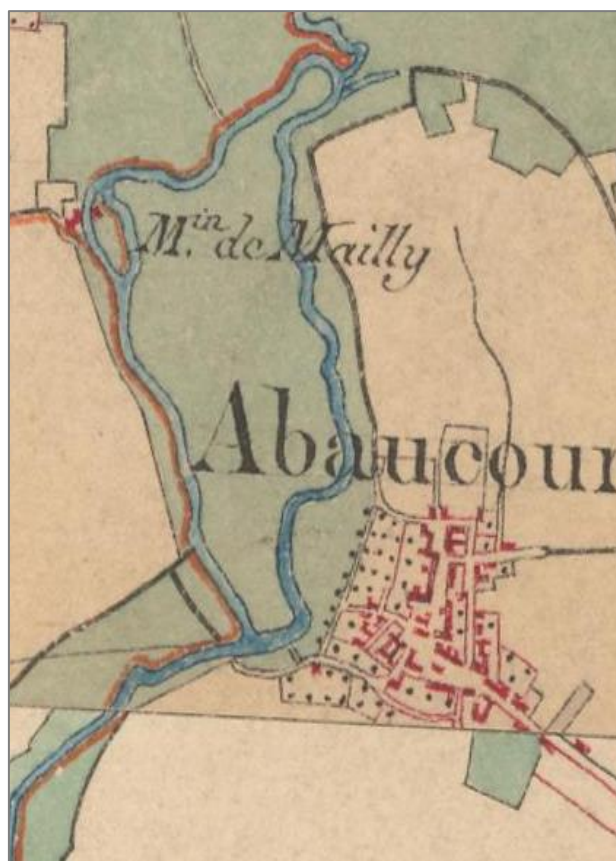


Figure 30 - Dérivation (à gauche) de la Seille pour l'alimentation du moulin de Mailly sur la carte d'État-Major. (Source : Geoportail.fr)

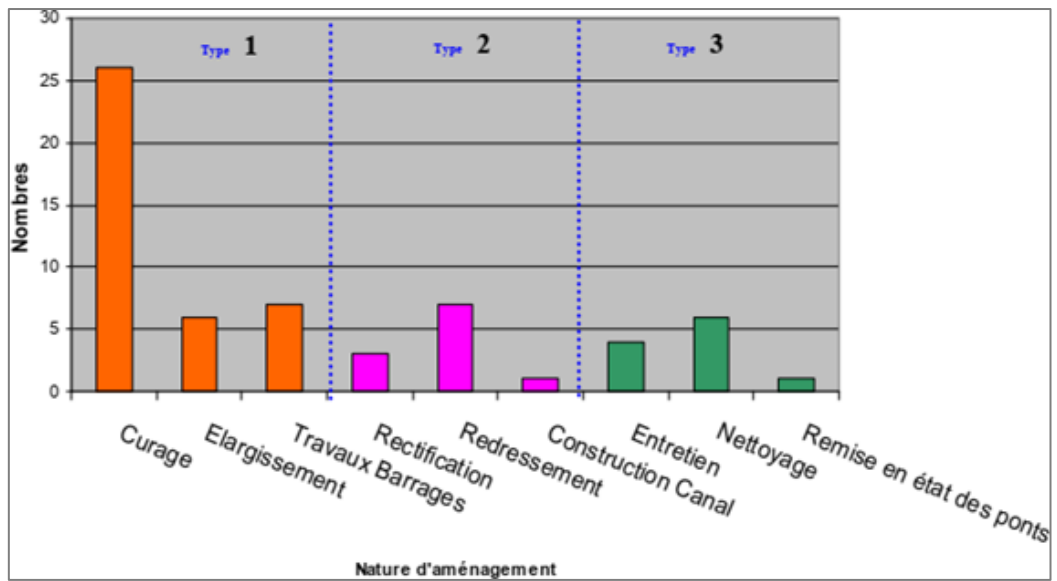


Figure 31 - La nature des actions anthropiques dans la vallée de la Seille. Période XIII^{ème} siècle - 1970). (Source : El Ghachi, 2007)



Figure 32 - Bourrelés de curage (en blanc) le long de la Seille rectifiée en aval de Moyenvic, 1950 ; (Source : Cliché 57-1955-0960-6860, IGN)

L'Orne a connu une anthropisation plus récente (XIX^{ème} siècle) et se retrouve, dans sa partie aval, très **contrainte**. Les documents consultés n'abordent l'histoire de l'Orne qu'à partir de 1789, lorsque les fermiers domaniaux du duché de Lorraine sollicitent le privilège de rendre l'Orne navigable, mais ce projet n'a pas été réalisé (Schontz, 2004). Avec la création du syndicat intercommunal pour le curage de l'Orne en Meurthe et en Moselle en 1949, des travaux d'élargissement, de curage et de calibrage de la rivière ont été réalisés (Martinois, 2014). Le tracé de l'Orne depuis Rosselange jusqu'à la confluence avec la Moselle est totalement rectifié en raison des activités liées à l'industrie sidérurgique (figure 33).

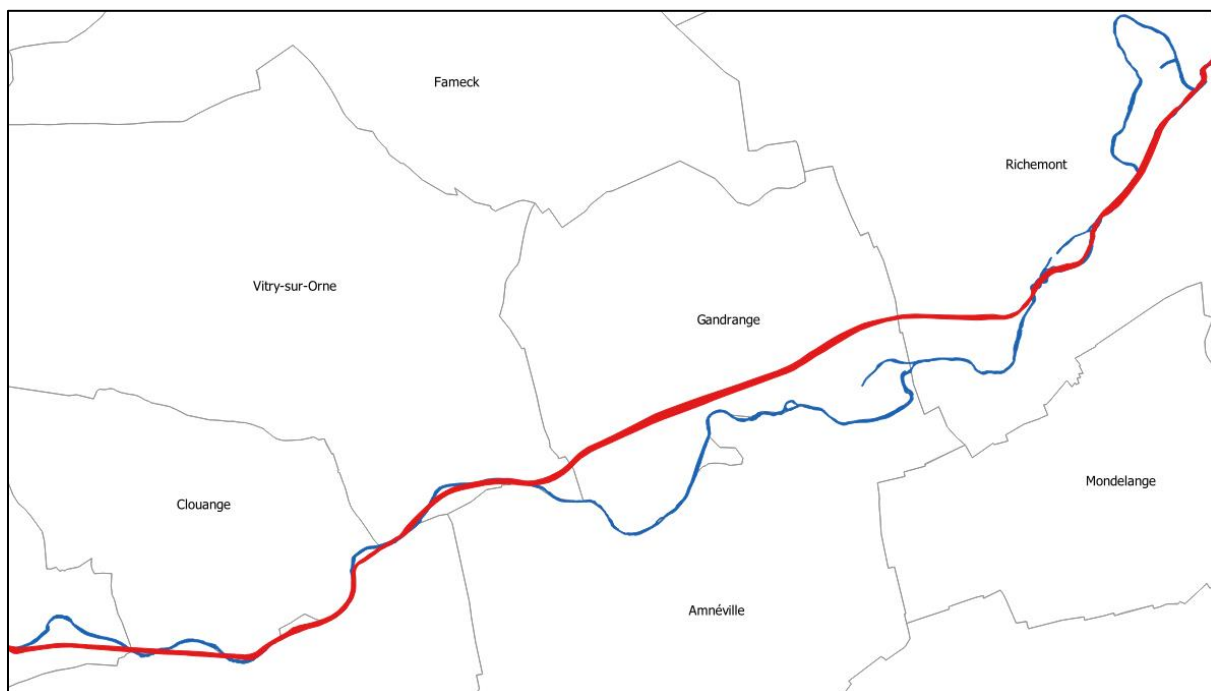


Figure 33 - Tracé de l'Orne et rectification de son cours, de Rosselange à la confluence. *Bleu* : années 1950 ; *Rouge* : années 1980.

Les principales modifications observées dans le tracé des lits mineurs sont rassemblées en annexe 4. Ces cours d'eau portent l'héritage des différentes étapes de valorisation de leurs fonds de vallée. Les nombreuses actions anthropiques, anciennes ou récentes, qui visent également à contrôler les extrêmes hydrologiques des cours d'eau (Bonnetfont et Carcaud, 1997), ont eu pour effet de diminuer la dynamique fluviale (Corbonnois et Zumstein, 1994 ; El Ghachi, 2007 ; Frécaut, 1973 ; Maire et Corbonnois, 2000). Ainsi, ces cours d'eau sont aujourd'hui peu mobiles, surtout la Moselle qui dispose d'une mince bande délimitée par les nombreuses gravières de la vallée.

2.2. L'exploitation du matériel alluvial dans la vallée de la Moselle aval

Le paysage de la vallée de la Moselle aval est marqué par de nombreuses gravières (figure 34, encadré 4). Elles occupent actuellement 18,5 km², soit près de 8,5 % de la superficie totale de l'EAIP de la Moselle aval (figure 35). L'apparition des gravières dans le paysage de la vallée de la Moselle est visible sur les orthophotographies dès les années 1930. A partir de cette période, on note une importante augmentation de l'exploitation, puis un ralentissement à partir des années 1980.



Figure 34 - Le sillon mosellan à l'aval d'Argancy, entre gravières et bâti. (Source : *Lecture des paysages lorrains*, M. Deshaies, 2017. Photographie A. Humbert.)

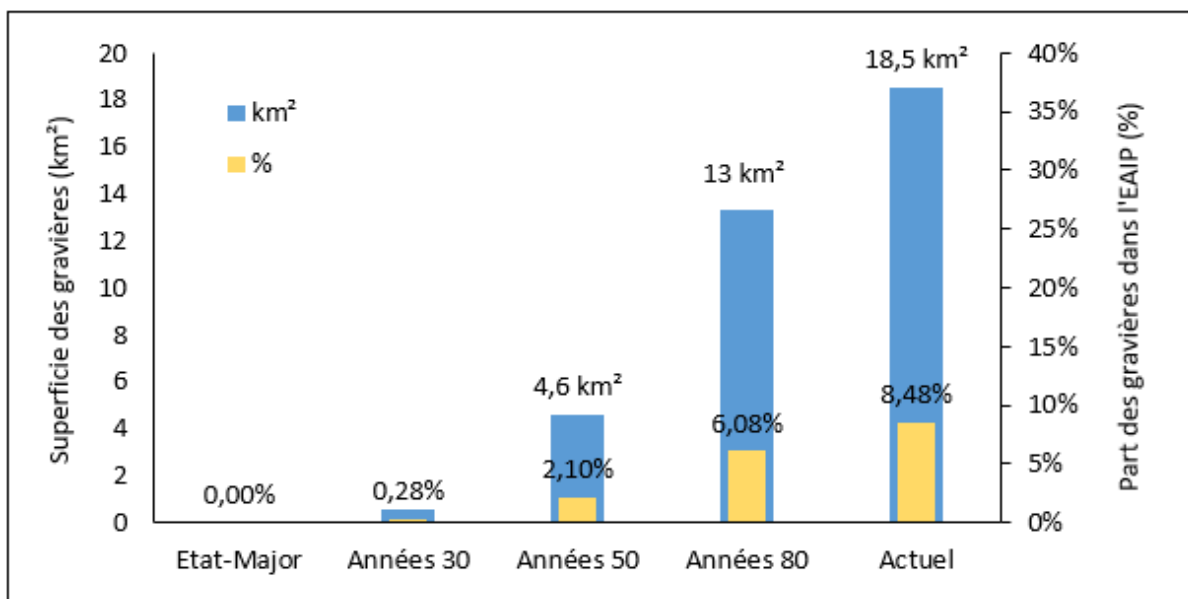


Figure 35 - Évolution de l'emprise des gravières au sein de l'EAIP de la Moselle aval

Pour apprécier l'évolution spatiale de l'emprise des gravières le long de la Moselle, l'EAIP a été découpée en 45 tronçons, soit tous les 2,5 km de linéaire, à partir des Points Kilométriques Hydrographiques (PKH) (figure 36).

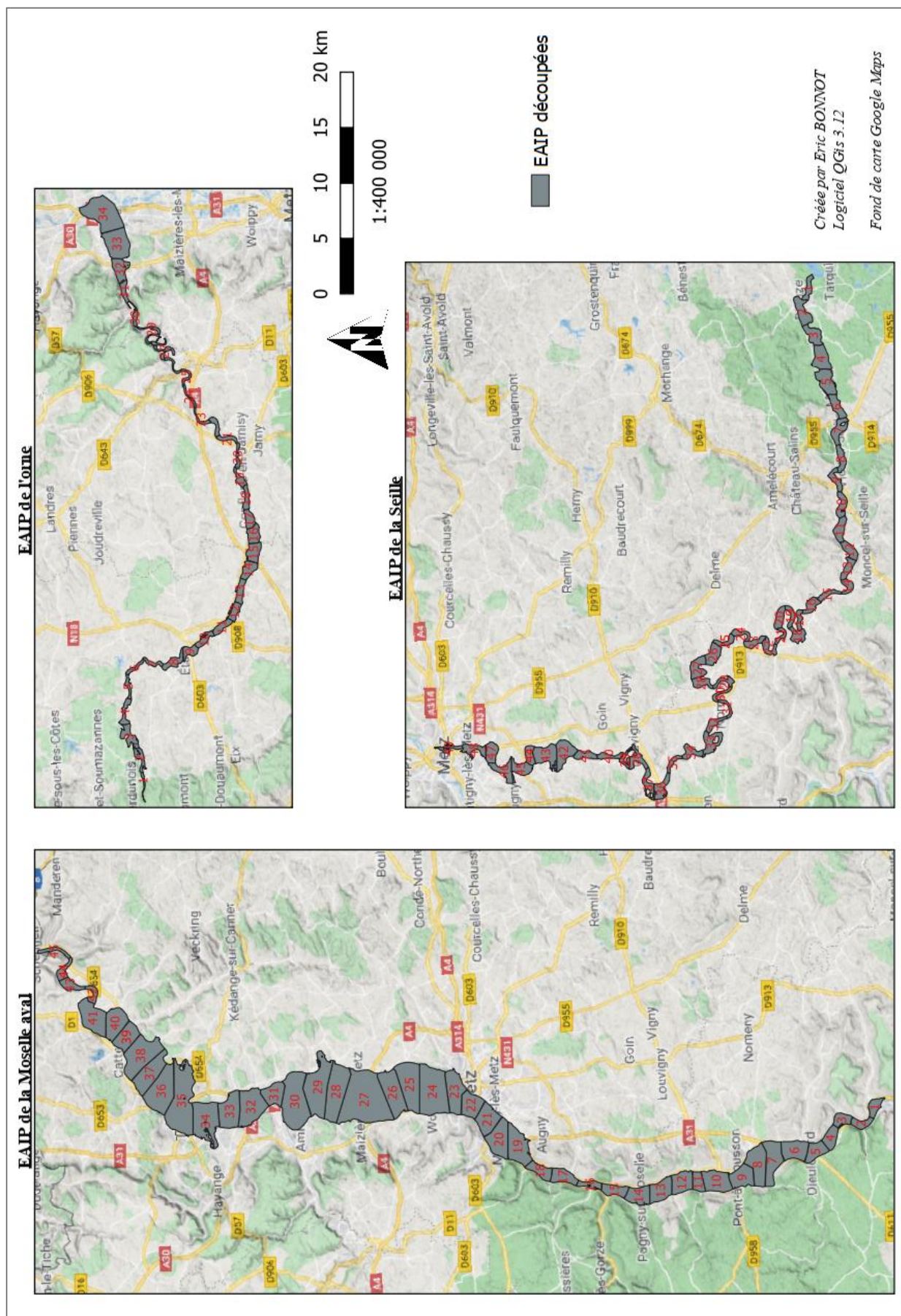


Figure 36 - Découpage des EAIP en tronçons

L'emprise des gravières a été calculée au sein de chacune de ces zones (figure 37). Ainsi, on observe que les premiers secteurs à accueillir des gravières sont situés entre Novéant-sur-Moselle et Metz, en 1930 (vert), avec des superficies relatives de l'ordre de 5 %. Par la suite, les gravières occupent 10 à 15 % de ces zones (jaune). Entre 1950 et 1980, les gravières se sont installées massivement tout le long du linéaire (orange), excepté aux abords des grandes agglomérations comme Pont-à-Mousson, Metz ou Thionville. Finalement, entre 1980 et aujourd'hui (rouge), les superficies ont augmenté légèrement dans le Sillon mosellan et aux alentours de Cattenom, ou fortement dans la partie amont, entre Custines et Novéant-sur-Moselle. On note des zones où la superficie a diminué du fait du comblement des gravières, notamment près de Custines et sur une zone entre Novéant-sur-Moselle et Metz. Aujourd'hui, l'ensemble du fond de vallée est marqué par l'emprise des gravières, à l'exception des abords de Metz et de l'aval de la confluence avec l'Orne, où les surfaces bâties ont limité leur extension.

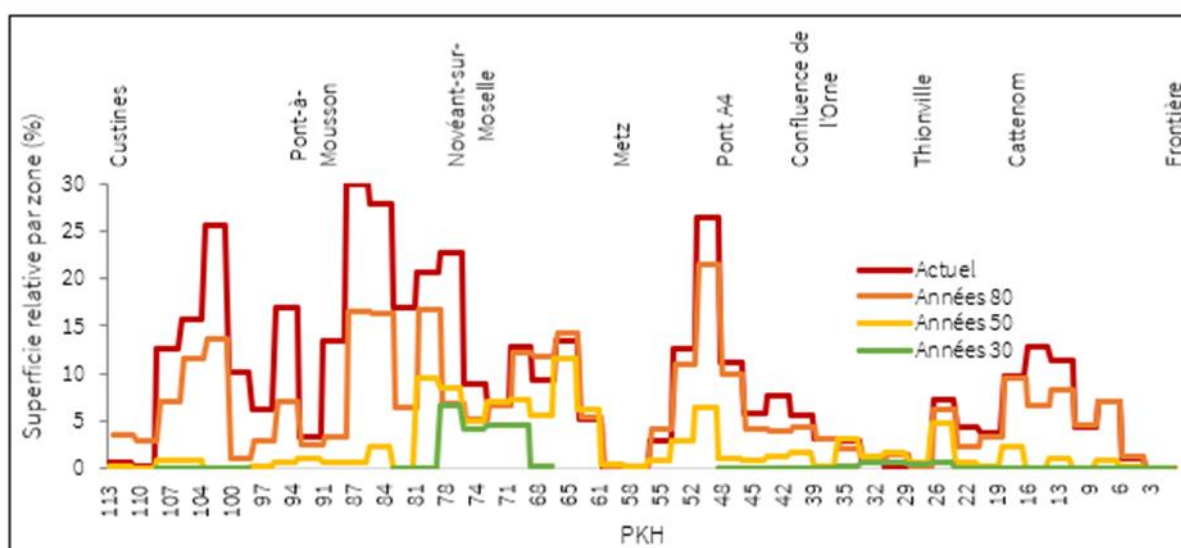


Figure 37 - Évolution de l'emprise des gravières au sein de l'EAIP dans la vallée de la Moselle aval. L'EAIP a été découpée en tronçons, tous les 2,5 km de linéaire de cours d'eau. La superficie de chaque zone n'étant pas homogène en raison de la largeur variable de la zone inondable, l'emprise des gravières est exprimée en %.

ENCADRE 4. Le risque de capture des cours d'eau par les gravières (d'après Gazelle, 2016)

Aujourd'hui l'extraction de granulats en lit mineur est interdite. De ce fait, les gravières ne devraient plus avoir d'impact sur l'écoulement fluvial. Or, les excavations continuent en lit majeur, parfois à proximité immédiate du cours d'eau. Il existe alors un risque de capture du lit mineur par la ou les gravières, comme on peut le voir sur la figure A. Ce type de phénomène se produit généralement brutalement, suite à différents épisodes de crues, mais aussi sur le long terme, par érosion latérale.

Figure A : Exemple de capture de la Moselle par l'étang de Griport Source : remonter le temps



En plus de voir la dynamique générale du cours d'eau modifiée du fait de la mutation de son tracé, la capture engendre un changement brutal de pente. Cela implique un déficit de débit solide, on observe alors une érosion régressive (en amont de la gravière) et progressive (en aval de la gravière). Le phénomène de capture par des gravières est rare, mais deux facteurs semblent avoir un effet catalyseur, à savoir la position de la gravière en rive concave (rive à l'extérieur d'un méandre, faisant face au courant et particulièrement sujette à l'érosion), et la proximité immédiate avec le lit mineur (l'arrêté du 24 janvier 2001 relatif aux carrières indique que la largeur de la rive doit être supérieure à 50 m).

Le phénomène de capture est rare, mais du fait de la présence très importante de gravières en lit majeur de la Moselle aval, et de l'observation d'une capture de la moyenne Moselle par l'étang de Griport en 1995 (BRGM, 1998), le risque est potentiellement présent. Ainsi, une vérification a été entreprise afin d'étudier la possibilité d'une capture de la Moselle aval par les gravières. A ce jour, le phénomène n'a pas été visible sur le tronçon Moselle aval. Cependant, ce type d'étude nécessite un travail de topographie fine, sur le terrain, et non pas une étude via diverses orthophotographies (fig. B). Effectivement, on ne peut pas écarter la possibilité qu'au cours d'une crue il n'y ait pas d'échange superficiel entre la Moselle et les différentes gravières. Deux facteurs semblent toutefois aller dans le sens d'un faible risque de capture : d'une part, les berges de la Moselle aval sont aménagées depuis longtemps et particulièrement depuis les années 1980, contrairement au secteur de la moyenne Moselle ayant connu ce phénomène et dont le lit ne constitue pas le canal ; d'autre part, la Moselle aval possède un écoulement fluvial différent de la moyenne Moselle plus torrentielle, induit par des pentes plus fortes sous l'influence vosgienne. Cela implique une compétence de la Moselle moindre à l'aval et donc une érodabilité des berges réduites. Aussi, les gravières du secteur sont équipées de seuils ce qui leur permet d'être moins exposées à la pression durant un épisode de crue.



Figure B : Comparaison des rives de la Moselle des années 50 (jaune), 80 (orange) et actuel (rouge) Base de loisirs du Grand Bleu en aval de Pont-à-Mousson Source capture étang de Griport : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-40022-FR.pdf>

2.3. L'évolution du bâti dans les zones inondables de la Moselle, de l'Orne et de la Seille

A l'échelle des trois EAIP (Moselle, Orne et Seille), le bâti occupe actuellement près de 16,5 km², soit environ 5 % de la superficie totale des EAIP (figure 38). Il s'est développé de façon relativement constante entre les années 1930 et les années 1980, passant d'une superficie de 3 à 14 km². On note un léger ralentissement depuis les années 1980.

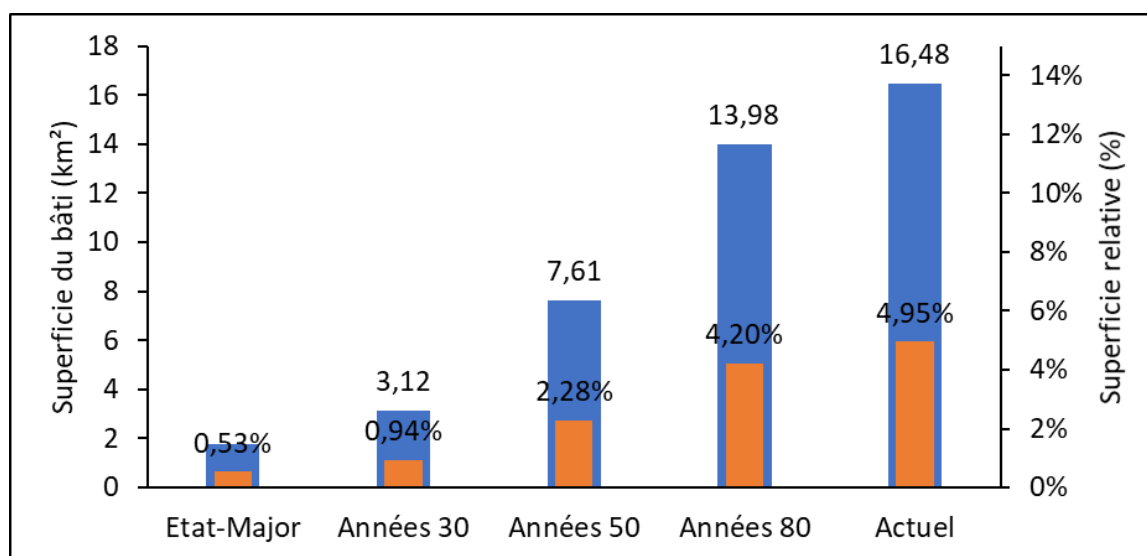


Figure 38 - Évolution du bâti au sein des EAIP étudiées

La figure 39, qui permet une comparaison de l'évolution de la superficie du bâti au sein de chaque EAIP, montre que **ces vallées n'ont pas connu les mêmes phases d'évolution.**

La Seille voit son bâti augmenter de manière modérée, et essentiellement entre les années 1950 et les années 1980. En 1950, le bâti représentait moins de 1 % de la surface de l'EAIP contre 1,4 % en 1980.

Dans la vallée de l'Orne, entre le XIX^{ème} siècle et actuellement, l'emprise du bâti a augmenté de manière régulière. La hausse de la surface bâtie est remarquable entre le XIX^{ème} siècle et les années 1980. A partir de cette période, l'extension du bâti diminue en raison des crises sidérurgiques successives (Freyssenet, 1983) qui provoquent l'arrêt des nombreuses aciéries de la vallée, et plus tard leur démolition.

Enfin, dans la vallée de la Moselle, l'augmentation de la surface bâtie est importante et régulière sur toute la période.

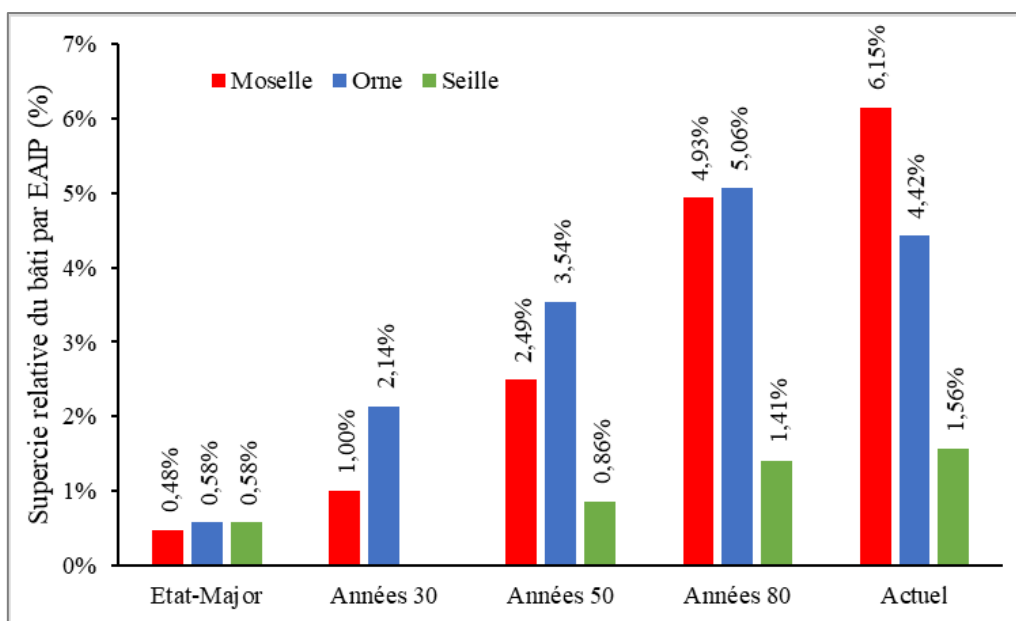


Figure 39 - Évolution de la superficie du bâti au sein des EAIP de la Moselle, de l'Orne et de la Seille

Le découpage présenté en figure 36 a été utilisé afin d'apprécier l'évolution temporelle mais aussi spatiale du bâti le long des EAIP. Cette évolution par tronçon **le long de la Seille** (figure 40) montre uniquement une **augmentation significative au niveau des communes les plus importantes** (Dieuze, Vic-sur-Seille, Marly, Magny, Metz). Les 5 dernières zones de la vallée, qui regroupent les communes de Marly, Magny et Metz, représentent à elles seules plus de 60 % de la superficie totale du bâti de l'EAIP de la Seille, résultat d'une périurbanisation importante durant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle.

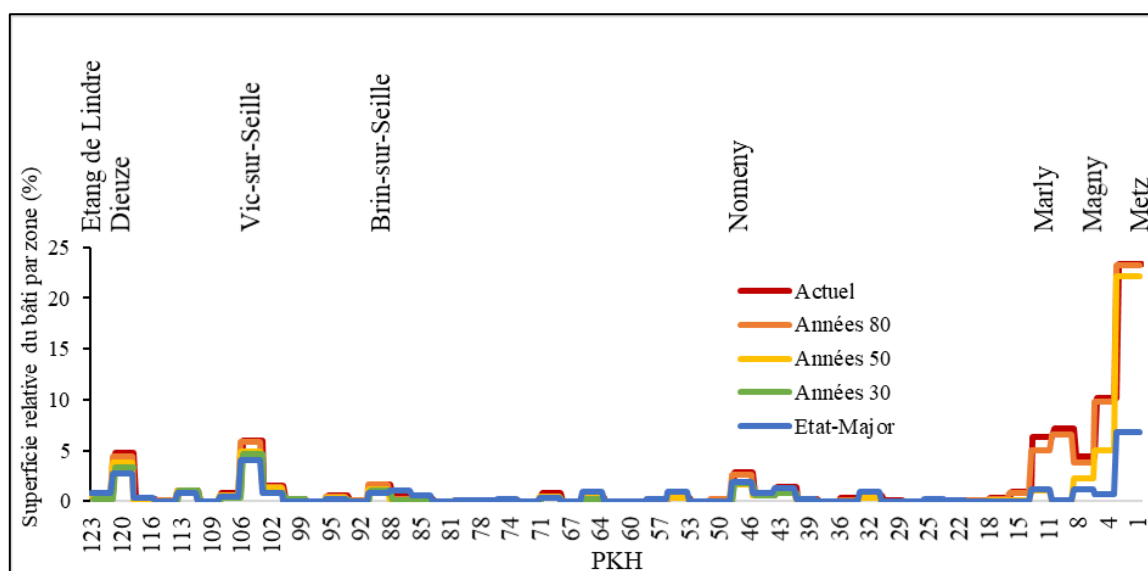


Figure 40 - Évolution de l'emprise du bâti au sein de l'EAIP le long de la vallée de la Seille

L'évolution de l'emprise du bâti dans la vallée de l'Orne (figure 41) peut être divisée en deux secteurs. On retrouve une partie amont, jusqu'à Homécourt, où seules les communes importantes connaissent une augmentation de leur surface bâtie (Étain, Buzy et ses alentours, Conflans-en-Jarnisy), à l'exception de Jarny. La **partie aval (Homécourt à la confluence avec la Moselle) montre un bâti bien plus présent qu'en amont, dès les années 1930**. Les années 1950 et 1980 y sont similaires et semblent marquer le maximum de l'extension du bâti. En effet, celui-ci diminue depuis les années 1980, de Moyeuvre-Grande jusqu'à la confluence avec la Moselle. De nombreuses aciéries se situaient dans ce secteur et sont aujourd'hui remplacées par de grandes friches industrielles (figure 42). La baisse la plus significative se situe en amont de Moyeuvre-Grande où la part du bâti dans l'EAIP passe de 19 % à 2 % entre 1980 et aujourd'hui.

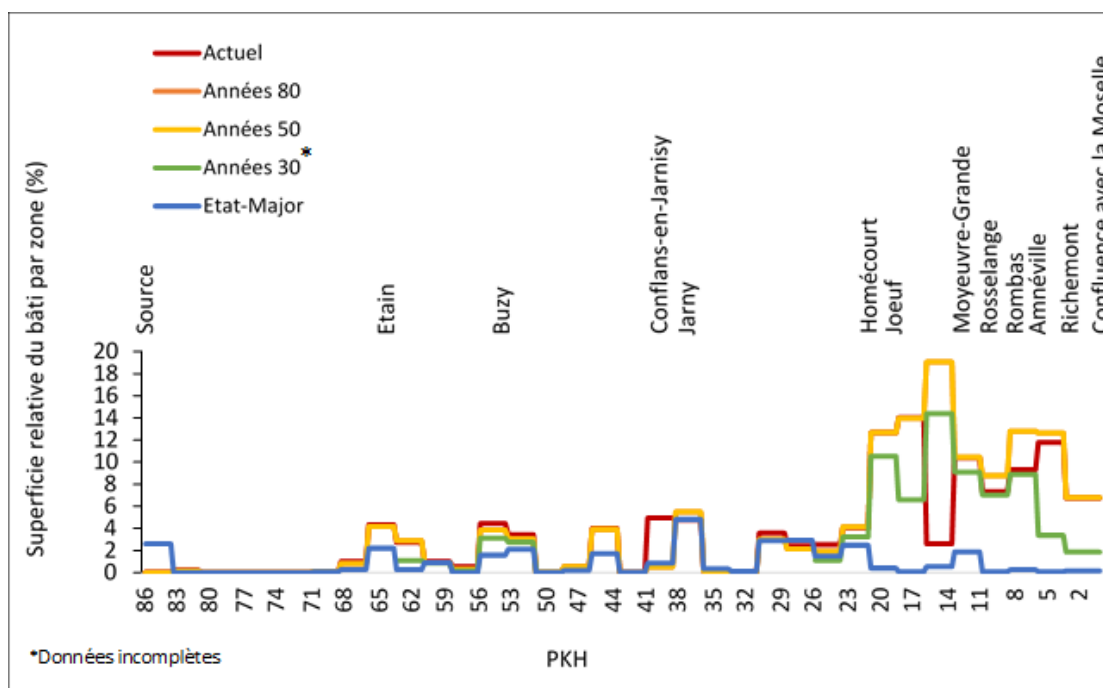


Figure 41 - Évolution de l'emprise du bâti au sein de l'EAIP le long de la vallée de l'Orne



Figure 42 - Évolution du bâti entre 1980 et aujourd'hui en amont de Moyeuvre-Grande. **A gauche** : cliché F3112-3512_0069 des années 80, IGN. **A droite** : actuellement.

Dans la vallée de la Moselle (figure 43), à l'exception de certains secteurs (entre Custines et Pont-à-Mousson, entre Pont-à-Mousson et Novéant-sur-Moselle, juste à l'aval de Saint-Julien-les-Metz et entre Cattenom et Rettel), **l'emprise du bâti est très importante et peut avoisiner 15 %** (Pont-à-Mousson et Thionville). **L'augmentation a débuté dans les années 1930 au niveau des communes les plus importantes** (Pont-à-Mousson, Metz et Thionville). Dans les années 1950 et 1980, l'emprise du bâti continue à s'accroître au niveau de ces agglomérations et s'étend également aux communes voisines, résultat d'une importante périurbanisation. **Entre Metz et Thionville, l'urbanisation est quasiment continue et caractérise le Sillon mosellan.**

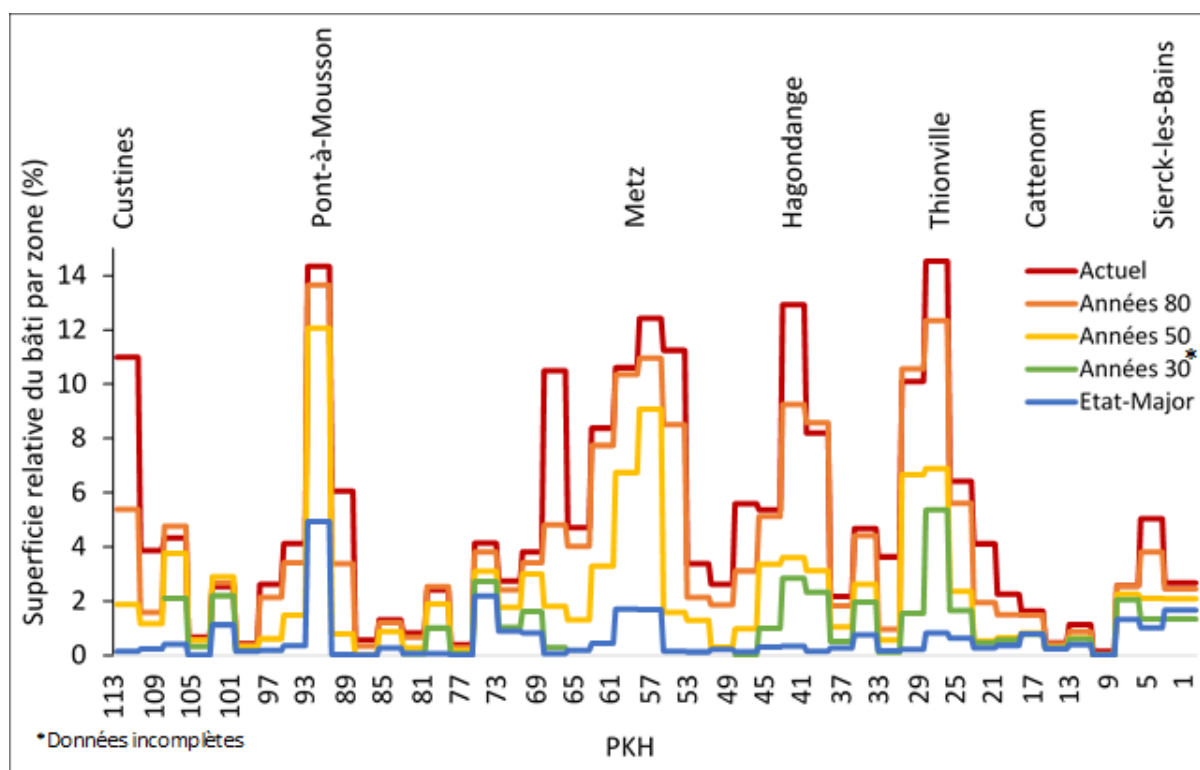


Figure 43 - Évolution de l'emprise du bâti au sein de l'EAIP le long de la vallée de la Moselle

La figure 44, qui présente l'emprise des gravières et du bâti le long de l'EAIP de la Moselle, illustre l'importante anthropisation du fond de vallée, à l'origine de l'augmentation des enjeux et de la vulnérabilité de ce territoire en cas d'inondation.

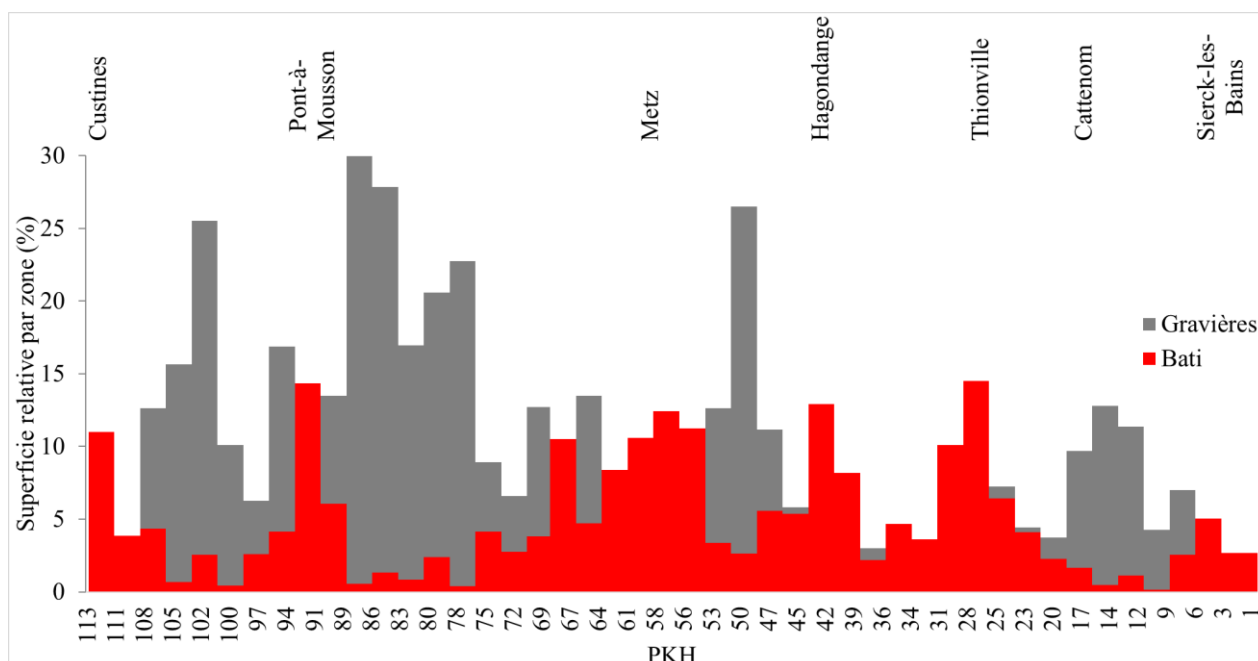


Figure 44 - Emprise du bâti et des gravières le long de l'EAIP de la Moselle aval

2.4. L'évolution des ouvrages et obstacles potentiels à l'écoulement

2.4.1. Méthodologie

Un inventaire des ouvrages installés sur les cours de la Moselle, de l'Orne et de la Seille a été réalisé à partir de différentes sources afin d'observer leur évolution au cours des trois derniers siècles. Les ouvrages présents au XVIII^{ème} siècle sont répertoriés à partir de l'atlas de Trudaine, de la carte de Cassini et de la carte des Naudin. Pour le XIX^{ème} siècle, la collecte d'information repose essentiellement sur les cartes de l'État-Major. L'inventaire des ouvrages pour le XX^{ème} siècle s'appuie sur les profils en longs²⁸ réalisés par le Service des Forces Hydrauliques (SFH), entre 1929 et 1950, ainsi que sur des cartes provenant de la cartothèque du LOTERR datant de l'entre-deux-guerres. Pour la période actuelle, les principales sources utilisées sont les cartes IGN, les photographies aériennes, le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE)²⁹ et l'inventaire VNF³⁰.

Les sources utilisées pour constituer l'inventaire des ouvrages présentent une importante diversité de contenu car elles ont été réalisées par des organismes variés pour répondre à des objectifs parfois très différents. On peut citer en exemple l'atlas de Trudaine, créé pour cartographier les routes du royaume de France de 1745 à 1780 (Blond, 2008), alors que les cartes d'État-Major avaient une vocation plus militaire (Chappart et Reynard, 2007). L'inventaire n'est donc pas exhaustif et doit être interprété avec prudence. Le classement des ouvrages repose sur la typologie présentée en figure 45.

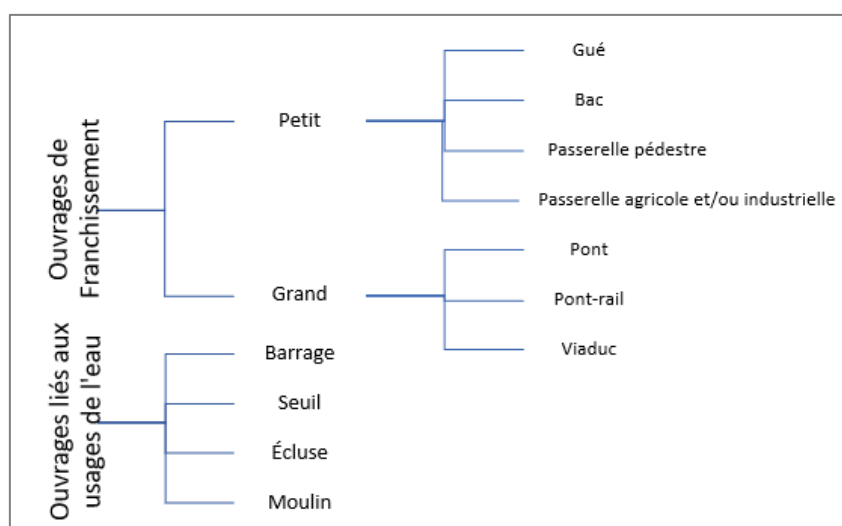


Figure 45 - Typologie des ouvrages inventoriés

²⁸ https://geodesie.ign.fr/fiches/index.php?module=e&action=e_profils&context=accueil

²⁹ <http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search.jsessionid=node0th5nba4r0inp1gakhj2s6fpq06656041.node0#/metadata/070df464-73d3-4c00-be2f-93f2a97ef8f5>

³⁰ <http://www.vnf.fr/ecdis/>

2.4.2. Évolution des ouvrages aménagés sur le périmètre de la SLGRI

La figure 46 présente l'évolution globale (tous cours d'eau confondus) des ouvrages de franchissement, et montre une hausse particulièrement significative entre le XIX^{ème} et le XX^{ème} siècle, en raison de l'essor du chemin de fer et du développement du réseau routier. Ainsi, au XVIII^{ème} siècle on recense 47 « grands » ouvrages de franchissement contre 184 actuellement. Concernant l'évolution des ouvrages liés aux usages de l'eau (figure 47), on note surtout une diversification des ouvrages liée notamment au développement de la navigation à partir du XX^{ème} siècle, qui s'accompagne de l'installation d'écluses et de barrages. **Les ouvrages présents sur la Moselle sont en effet en grande partie liés à la navigation fluviale. Ces derniers ont une double fonction, le maintien d'un niveau d'eau optimal au sein des biefs et l'utilisation hydroélectrique. Les ouvrages installés sur la Seille et sur l'Orne amont sont essentiellement liés aux usages agricoles. Dans la partie aval de l'Orne, les ouvrages sont attachés à l'activité industrielle.**

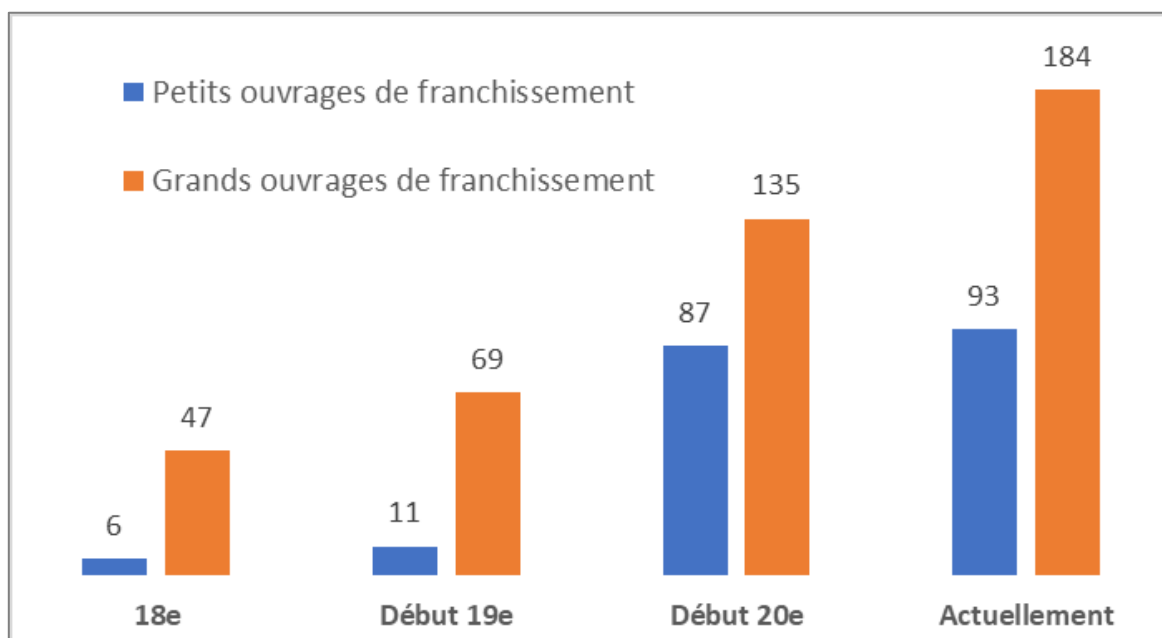


Figure 46 - Evolution des ouvrages de franchissement des trois cours d'eau depuis le XVIII^{ème} siècle

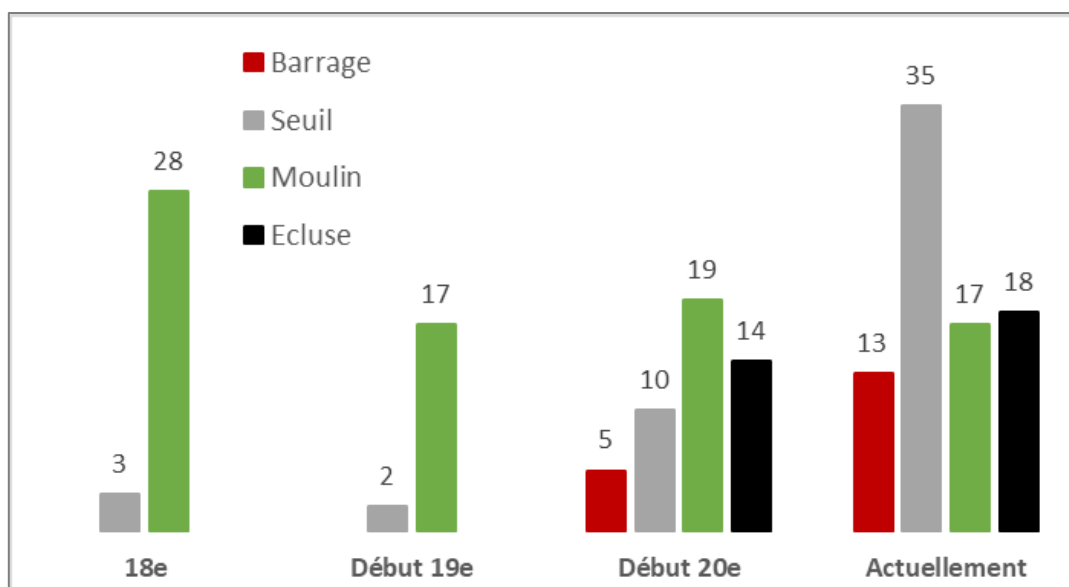


Figure 47 - Évolution des ouvrages liés aux usages de l'eau des trois cours d'eau depuis le XVIII^{ème} siècle

2.4.3. Évolution des ouvrages aménagés sur la Moselle aval

La Moselle aval, du fait de son lit bien plus large que celui de la Seille et de l'Orne, ne présente que peu d'ouvrages de franchissement jusqu'au début du XIX^{ème} siècle. On ne compte ainsi que douze ponts au XVIII^{ème} siècle (figure 48), dont huit construits dans la ville de Metz. La plupart étaient des ponts de faible envergure (de quelques dizaines de mètres) autour de l'île de la Comédie et sur le bras mort de la Moselle, à savoir le Moyen Pont, le Pont Saint-Marcel, le Pont des Roches, le Pont de la Préfecture, le Pont Moreau, le Pont Saint-Georges, le Pont des Grilles et le Pont de l'île du Saulcy (figure 49). Finalement, à cette époque seuls quatre ponts enjambaient entièrement ou quasi entièrement le lit mineur de la Moselle : le Pont Gélot à Pont-à-Mousson (175 m), le Pont des Morts (210 m) et le Pont Tiffroy (175 m) à Metz, ainsi que le Pont des Alliés à Thionville (140 m). **Les franchissements par « grands » ouvrages se font donc sur les axes majeurs, aux abords des villes** (figure 50).

A la même époque on compte déjà 17 ponts sur l'Orne et le même nombre sur la Seille (figure 55 et 59). La largeur moins importante de ces cours d'eau, comparé à la Moselle, facilite techniquement leur franchissement avec des ouvrages d'une moyenne de 10 à 20 mètres de long.

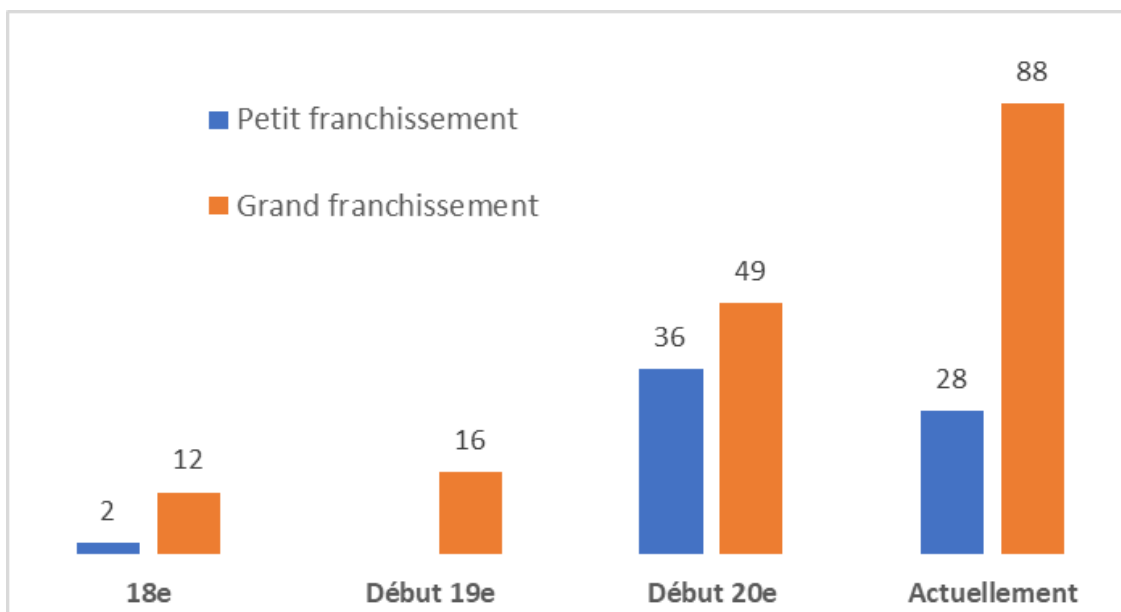


Figure 48 - Évolution des ouvrages de franchissement sur la Moselle aval depuis le XVIII^{ème} siècle

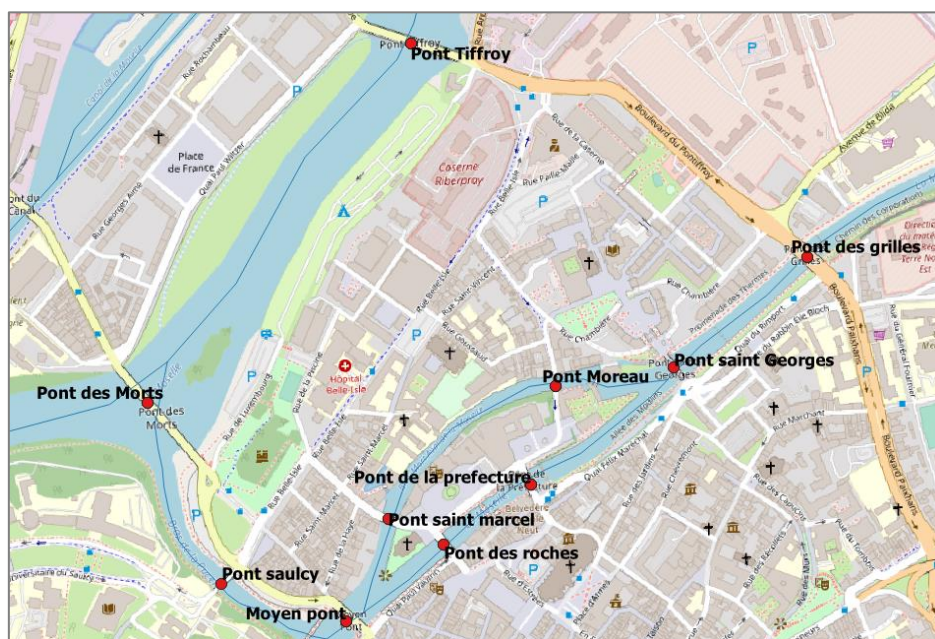


Figure 49 - Les ponts de Metz au XVIII^{ème} siècle. Les ponts existants au XVIII^{ème} siècle (en rouge) sont superposés au fond de carte OpenStreetMap actuel.

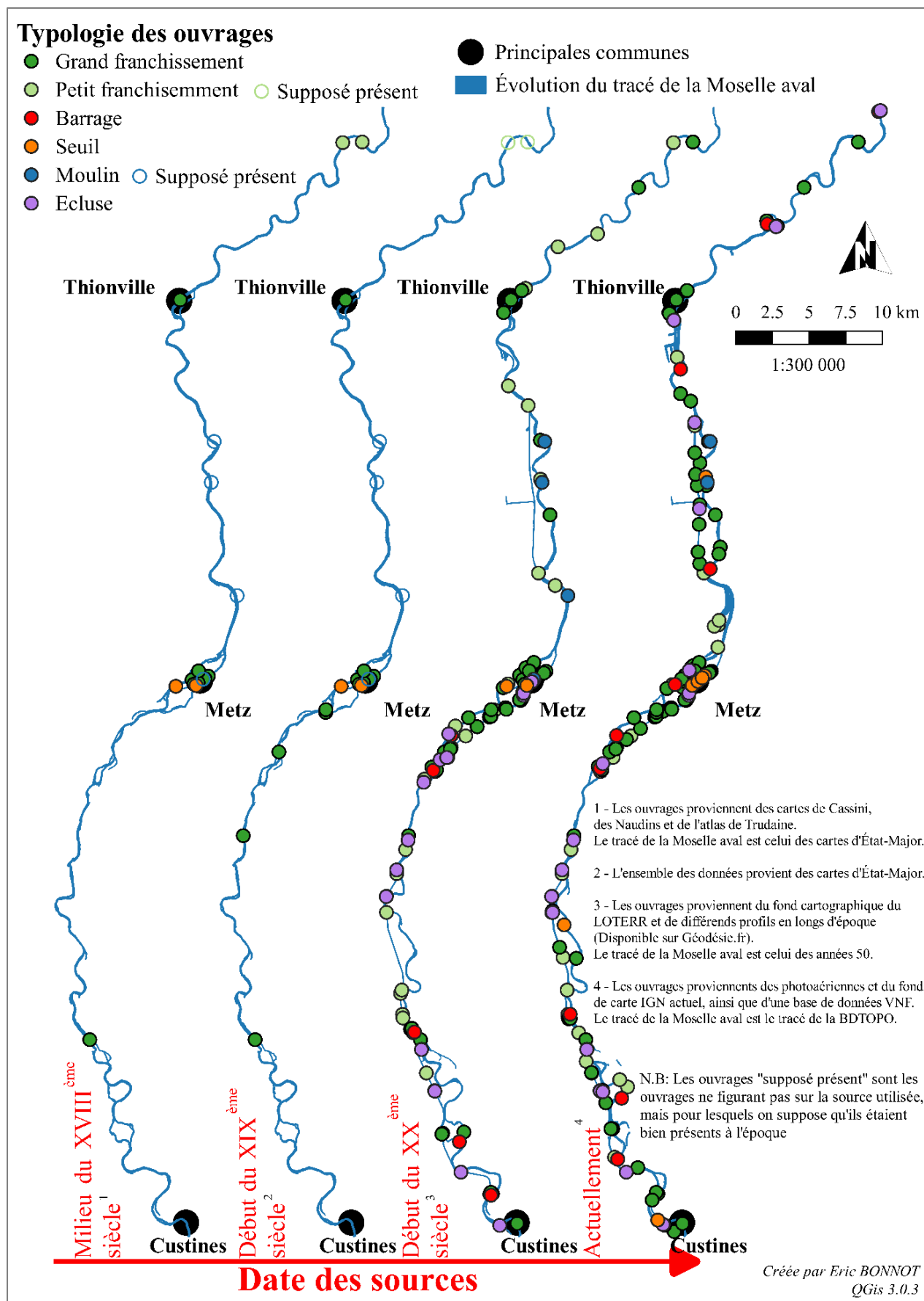


Figure 50 - Évolution des ouvrages sur la Moselle aval, depuis le XVIII^{ème} siècle

Ce n'est qu'à partir de 1830 que des aménagements lourds seront réalisés sur la Moselle (Bonnefont et Carcaud, 1997). On constate une augmentation très importante des ouvrages de franchissements (une quinzaine au début du XIX^{ème} siècle à plus de cent aujourd'hui) aménagés tout le long de la Moselle aval (figure 48). Cette hausse est particulièrement marquée au XX^{ème} siècle en raison du développement industriel, de l'augmentation du trafic routier et ferroviaire et des progrès du génie civil. Ainsi, avec les possibilités quasi infinies de franchissement offertes par le béton précontraint ainsi que les Bétons Hautes Performances, **les « grands » ouvrages seront multipliés par près de deux en moins d'un siècle**. On retrouve parmi les ouvrages les plus imposants le viaduc de l'autoroute A4 à Argancy ainsi que les nombreux viaducs de l'autoroute A31 : le viaduc de Belleville, le viaduc d'Autreville, les viaducs de Metz, le viaduc de Richemont et le viaduc de Beauregard à Thionville. Tous ces ouvrages ont été construits entre la fin des années 1960 et le début des années 1970. Le dernier ouvrage important, qui semble être le plus grand et le plus imposant de la Moselle aval, est le viaduc LGV de Vandières, d'une hauteur moyenne de 23 m et d'une longueur de 1500 m (figure 51).



Figure 51 - Viaduc LGV de Vandières enjambant tout le lit majeur de la Moselle. Photographie : A. Humbert et C. Renard-Grandmontagne, Lecture des paysages lorrains, M. Deshaies

Concernant les « petits » ouvrages de franchissement, ils sont constitués aujourd'hui principalement de passerelles industrielles au niveau des différents ports, mais aussi et surtout de passerelles de services créées par VNF au niveau des écluses de la Moselle navigable. La plupart de ces passerelles n'enjambent donc pas le lit naturel de la Moselle, mais uniquement le canal de la Moselle navigable ou les anciens canaux de l'époque allemande.

Pour ce qui est des ouvrages liés aux usages de l'eau, ils sont peu nombreux avant le XX^{ème} siècle (figures 48 et 52). En effet, même si on navigue depuis longtemps sur ses eaux, la Moselle reste peu maîtrisée à l'époque, ce qui peut expliquer le faible nombre de moulins. D'après les sources utilisées, quatre moulins ont été recensés sur le tronçon Moselle aval au XX^{ème} siècle : le moulin des Thermes à Metz, le moulin de Malroy (figure 53), le moulin d'Ay-sur-Moselle et le moulin de Blettange à Bousse. Mais bien qu'ils n'apparaissent pas sur les documents plus anciens, ces moulins étaient très probablement installés depuis de nombreux siècles. Ils ont la particularité de ne pas posséder de canal d'amenée et d'être donc situés directement sur la rive, au fil de l'eau, réduisant considérablement le nombre de seuils. Ces derniers sont, jusqu'au XX^{ème} siècle, peu présents sur la Moselle à l'exception des digues de la Pucelle et de Wadrineau à Metz.

Les barrages et les écluses apparaissent au cours du XIX^{ème} siècle sur la Moselle aval. Ainsi, quatorze écluses ont été créées par les allemands à la fin du XIX^{ème} siècle pour la navigation de Custine à la frontière actuelle. Elles sont au nombre de dix-huit aujourd'hui, mais seules dix d'entre elles sont en service. Il s'agit des écluses de la Moselle canalisée, gérées par VNF : n°7 écluse de Custines, n°8 écluse de Blénod-lès-Pont-à-Mousson, n°9 écluse de Pagny-sur-Moselle, n°10 écluse d'Ars-sur-Moselle, n°11 écluse de Metz, n°12 écluse de Talange, n°13 écluse de l'Orne-Richemont, n°14 écluse de Thionville, n°15 écluse de Kœnigsmacker, n°16 écluse d'Apach. Enfin, on recense cinq barrages présents au début du XX^{ème} siècle et dix barrages à l'heure actuelle. Neuf d'entre eux sont en fonctionnement, dont huit directement dédiés au maintien d'une ligne d'eau entre les différents biefs de la Moselle canalisée, ainsi que pour la production d'hydroélectricité : le barrage de Liégeot à Belleville, le barrage de Pont-à-Mousson, le barrage de Jouy-aux-Arches, le barrage de Wadrineau, le barrage d'Argancy, le barrage d'Uckange, le barrage de Kœnigsmacker et le barrage d'Apach. Il faut également citer le barrage de Blénod-lès-Pont-à-Mousson qui permet d'alimenter la centrale thermique de Blénod ainsi que les vestiges du barrage de Millery, dont seuls les pylônes sont encore visibles.

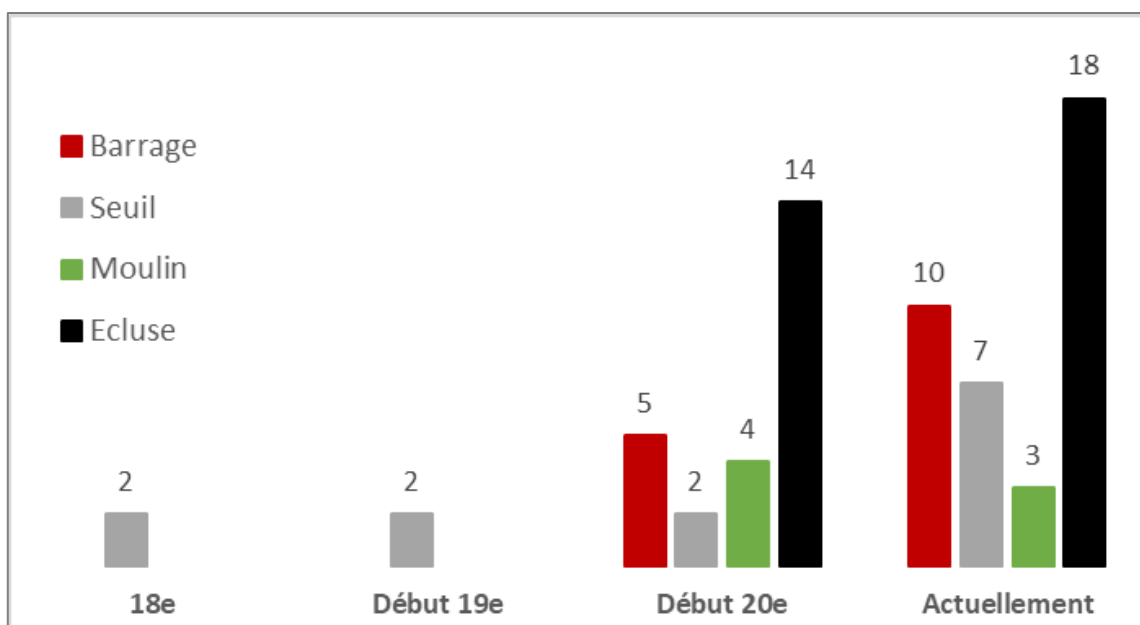


Figure 52 - Évolution des ouvrages liés aux usages de l'eau sur la Moselle aval depuis le XVIII^{ème} siècle



Figure 53 - Ancien moulin de Malroy entre Metz et Thionville. (Syndicat Mixte Moselle Aval© -24/07/2018)

2.4.4. Évolution des ouvrages aménagés sur la Seille

La Seille présente une augmentation régulière des « grands » ouvrages de franchissement (figure 54). Ces « grands » ouvrages constituent en général des ponts de moyenne envergure qui concernent des routes communales ou départementales, excepté pour le viaduc de la Ligne à Grande Vitesse de la Seille à Cheminot (figure 56), construit en 2008, qui vient « couper » en deux le lit majeur de la Seille sur toute sa largeur par un rehaussement de la voie de plus de 5 m par endroit.

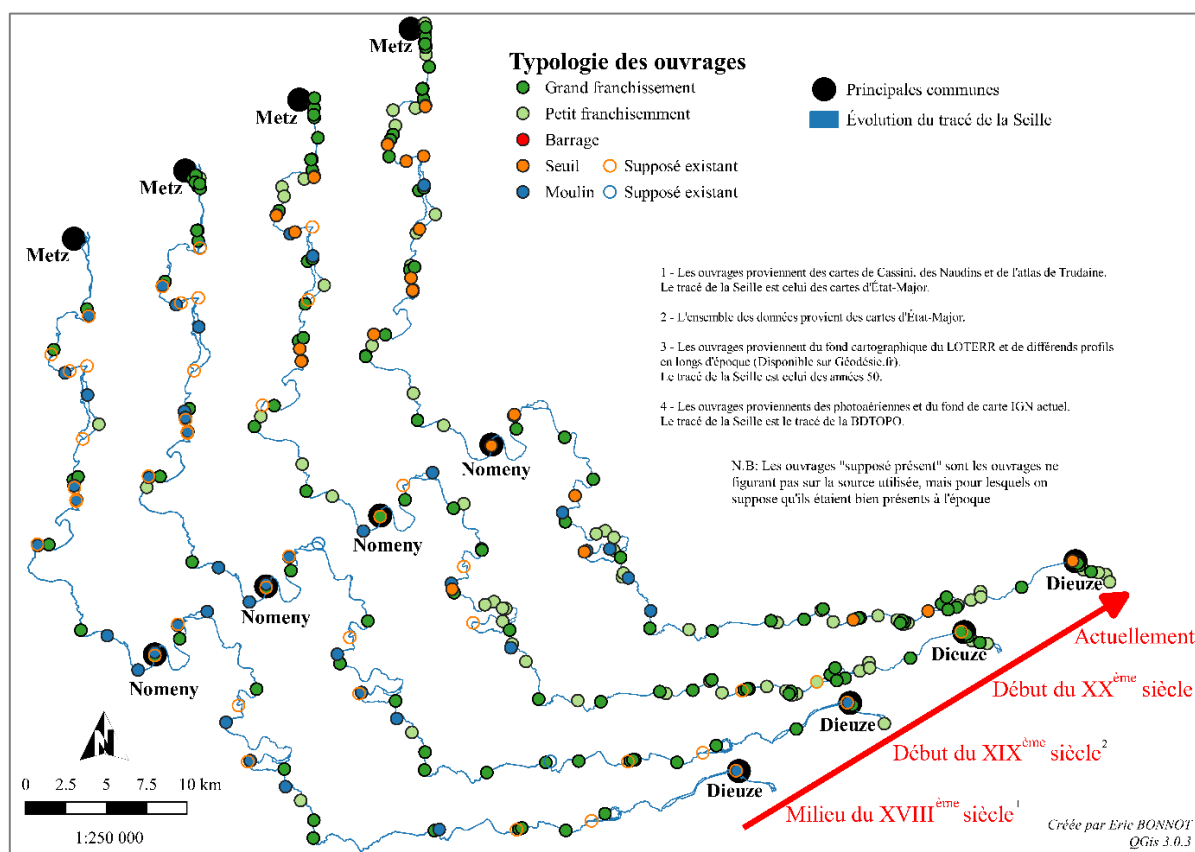


Figure 54 - Évolution des ouvrages de la Seille, depuis le XVIII^{ème} siècle

Concernant les « petits » ouvrages de franchissement, ils sont constitués quasi exclusivement de passerelles de franchissement pour les engins agricoles ainsi que de passerelles pour le bétail. Ces aménagements sont peu impactant pour le milieu fluvial. La figure 55 montre un écart considérable entre le nombre d'ouvrages présents au XIX^{ème} et au XX^{ème} siècle, mettant en évidence le problème de l'interprétation des données et des sources cartographiques utilisées : il est en fait très probable que les passerelles agricoles actuelles aient existé au XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle, mais qu'elles n'aient pas été représentées sur les cartes. Il est même plausible que ces passerelles soient plus nombreuses à l'époque que maintenant, et que le passage d'une rive à l'autre se faisait sous la forme d'un gué, comme c'est le cas encore aujourd'hui à Bey-sur-Seille.

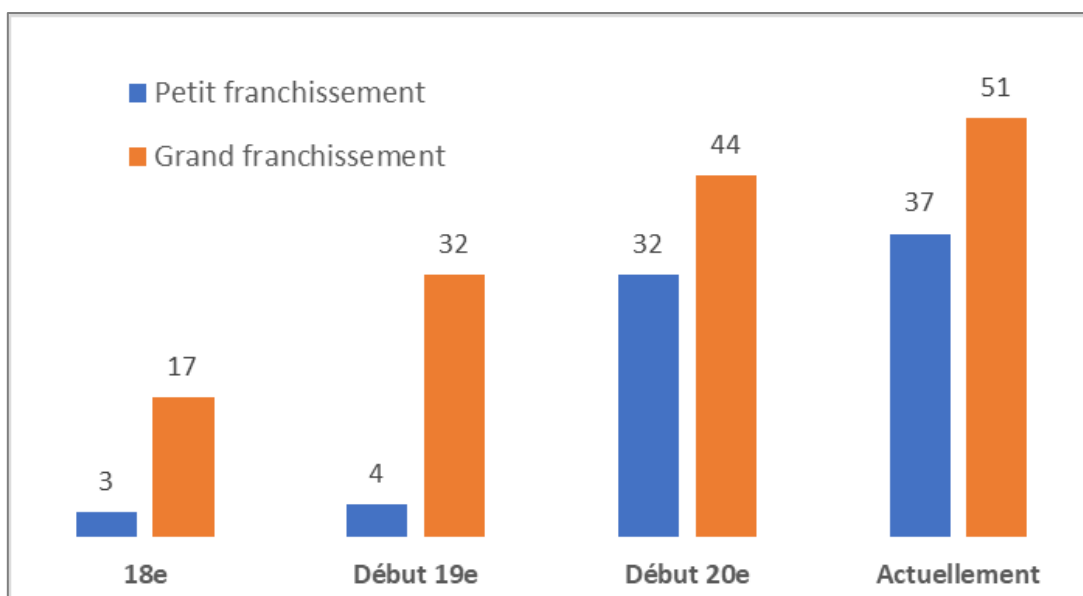


Figure 55 - Évolution des ouvrages de franchissement sur la Seille depuis le XVIII^{ème} siècle



Figure 56 - Le viaduc LGV de la Seille à Cheminot. (Source : <https://structurae.net/fr/medias/114248-lgv-est-europeenne-viaduc-de-la-seille>)

Les ouvrages liés aux usages de l'eau (figure 57) sont essentiellement des moulins, ce qui s'explique par le caractère très agricole du bassin versant de la Seille et par son hydrographie. En effet, son cours étant méandreux, il est possible d'obtenir des différences d'altitude importantes (et donc des chutes d'eau) sans devoir créer de grandes dérivations. C'est d'ailleurs pour ces raisons que la Seille n'est aujourd'hui pas navigable et ne possède pas d'écluses. On sait que dès le XII^{ème} siècle, les étangs et les moulins commencent à se multiplier (Mathis, 2009) sur la Seille. On recense une vingtaine de moulins au XVIII^{ème} siècle, contre moins d'une dizaine, non utilisés, aujourd'hui. Le nombre de moulins actuels correspond aux moulins pour lesquels il existe encore un bâti et un canal d'amenée en fonctionnement. Cependant, ce chiffre ne reflète pas le nombre de moulins encore en activité actuellement.

Pour amener l'eau jusqu'aux moulins via le canal d'amenée, il est nécessaire de créer des seuils. Or, on remarque qu'avant le XX^{ème} siècle, les documents consultés n'en font pas mention. Là encore, il s'agit très probablement d'un biais lié aux sources de données utilisées, sur lesquelles ce type d'ouvrage n'a pas été cartographié. Il est donc très probable que la Seille possédait bien plus de seuils qu'actuellement.

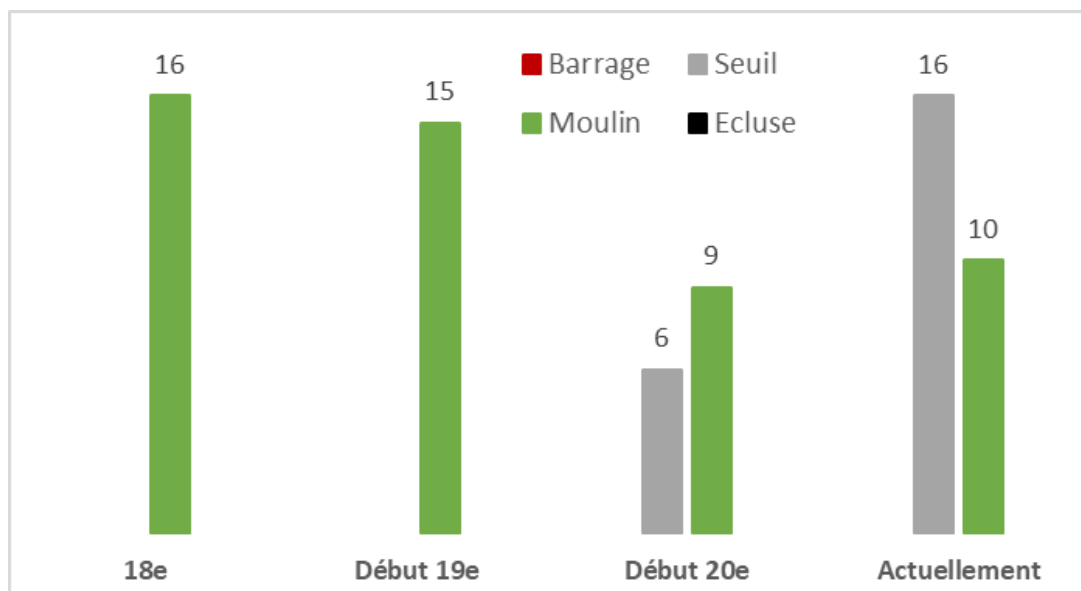


Figure 57 - Évolution des ouvrages liés aux usages de l'eau sur la Seille depuis le XVIII^{ème} siècle. L'inventaire est probablement incomplet et biaisé par les sources utilisées. Les ouvrages recensés sont fiables, mais de nombreux ouvrages sont probablement manquants sur les documents consultés.

2.4.5. Évolution des ouvrages aménagés sur l'Orne

L'Orne présente le même modèle que la Seille en ce qui concerne les ouvrages de franchissement. Ainsi, les « grands » ouvrages de franchissement sont déjà présents dès le XVIII^{ème} siècle tout le long du cours d'eau du fait d'un chenal peu large (figure 58 et 59). Les ponts sont implantés principalement au niveau des communes construites sur les deux rives (comme Auboué ou Homécourt) (figure 58). Le nombre de « grands » ouvrages de franchissement a surtout augmenté entre le XIX^{ème} siècle et le XX^{ème} siècle et plus particulièrement dans la partie aval. L'implantation des nombreuses industries sidérurgiques dans la partie aval de la vallée nécessite une augmentation du réseau des voies de communication pour le transport des marchandises. Les infrastructures de transport se développent, qu'il s'agisse du réseau routier ou ferré, avec notamment la voie entre Jarny et Amnéville qui vient recouper à plusieurs reprises le cours d'eau.

Le nombre des petits ouvrages de franchissement augmente également de manière significative à partir du début du XX^{ème} siècle. Il s'agit essentiellement de passerelles aménagées pour les industries afin de faciliter le passage des ouvriers ou des engins. Certaines d'entre elles sont aujourd'hui réutilisées pour la voie verte des berges de l'Orne (par exemple la passerelle de Rosselange amont).

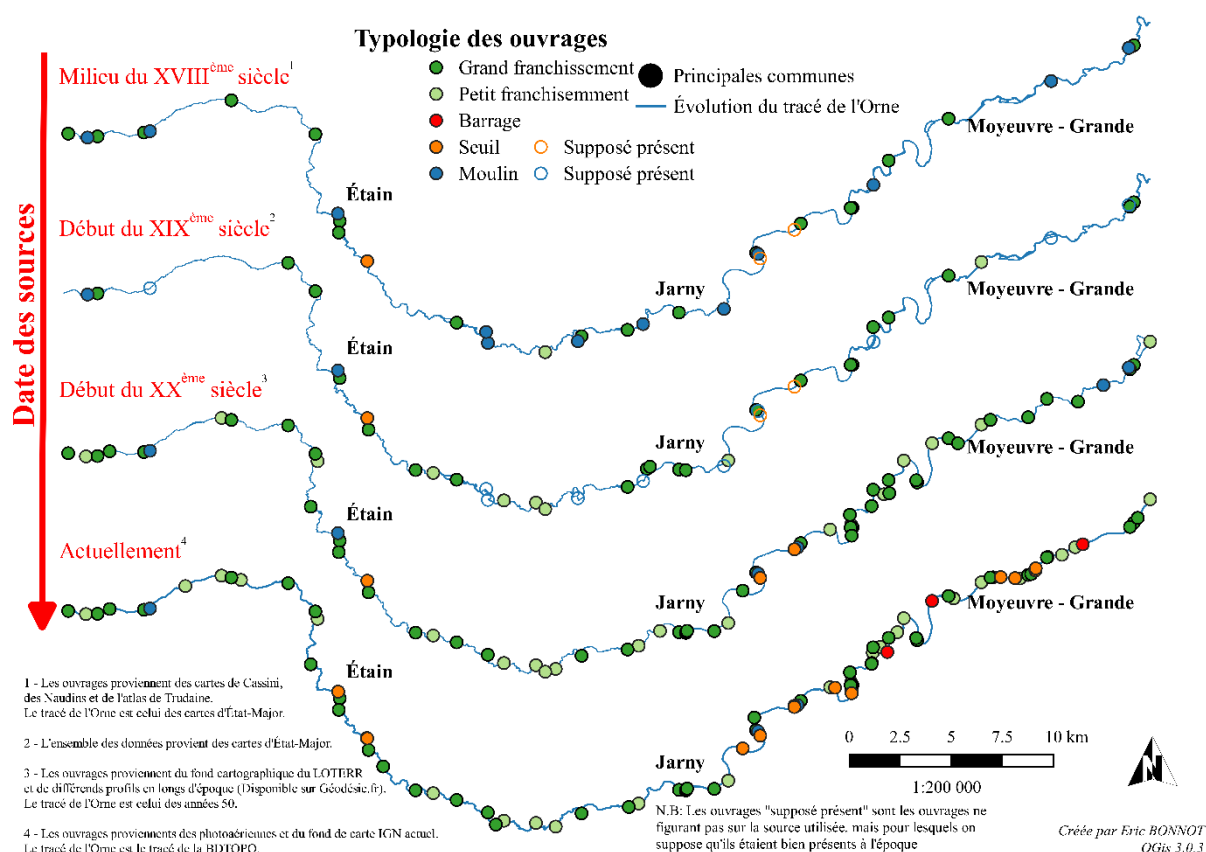


Figure 58 - Évolution des ouvrages sur l'Orne, depuis le XVIII^{ème} siècle

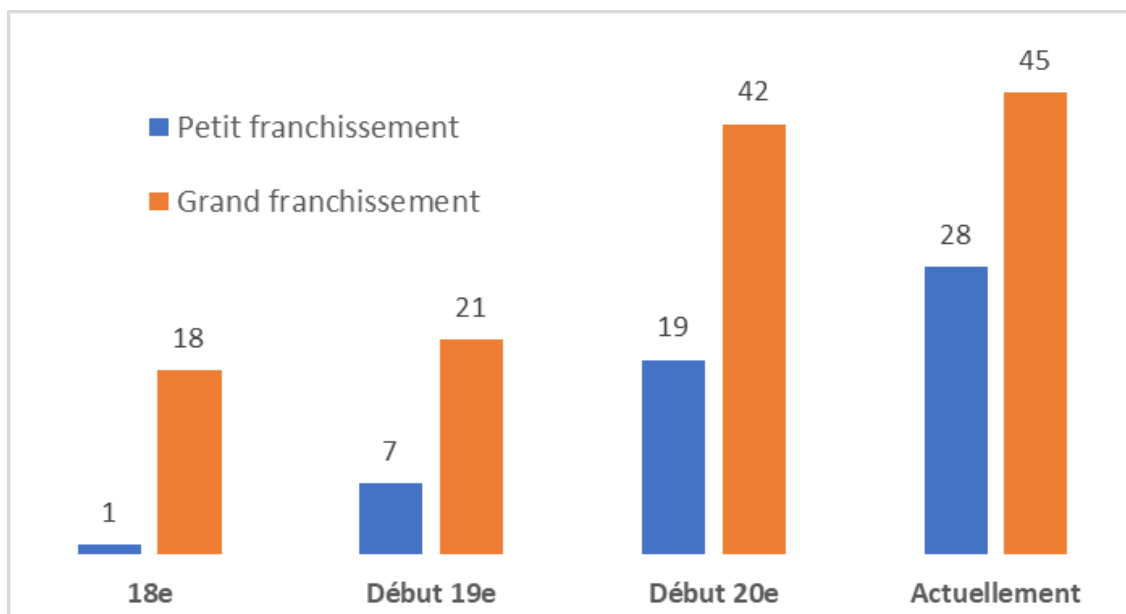


Figure 59 - Évolution des ouvrages de franchissement sur l'Orne, depuis le XVIII^{ème} siècle

Concernant les ouvrages liés aux usages de l'eau (figures 58 et 60), on recense au XVIII^{ème} siècle de nombreux moulins répartis tout le long de la vallée. On trouve encore mention de certains d'entre eux jusqu'au XX^{ème} siècle, puis avec la rectification du chenal en aval, l'étalement urbain et l'industrialisation, de nombreux moulins disparaissent complètement. Leur emplacement exact est aujourd'hui difficile à établir à partir des seules sources utilisées (figure 61). **On remarque sur les figures 58 et 60 une baisse significative du nombre de moulins au cours du XIX^{ème} siècle. Il s'agit là encore d'un biais lié aux sources utilisées, à savoir les cartes d'État-Major qui semblent incomplètes sur le secteur de l'Orne (pas de symbole ni de toponyme). Nous posons l'hypothèse qu'il y avait approximativement le même nombre de moulins aux XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles (les moulins « supposés » présents au XIX^{ème} mais non répertoriés par les sources font l'objet d'un figuré spécifique).** Concernant les seuils, nous sommes confrontés à la même difficulté que pour la Seille, les chiffres antérieurs au XX^{ème} siècle paraissant sous-évalués là encore du fait des sources cartographiques utilisées. **On peut supposer que le nombre de seuils n'a pas ou peu évolué sur l'Orne, mais leur emplacement a changé car aujourd'hui on trouve de nombreux seuils enrochés à l'aval, qui ont pour objectif de stabiliser le profil en long de l'Orne rectifiée.**

L'Orne n'étant pas navigable, on ne recense pas d'écluses. Il existe en revanche trois barrages, reliques du **passé sidérurgique de la vallée**. Du fait de l'absence d'usage actuel et des impacts sur le cours d'eau (morphologique, écologique et hydraulique), les scénarios d'arasement des trois barrages de Beth (Moyeuvre-Grande), d'Homécourt et de Gandrange sont privilégiés. Les deux premiers ont déjà fait l'objet d'une ouverture de vannes en 2019.

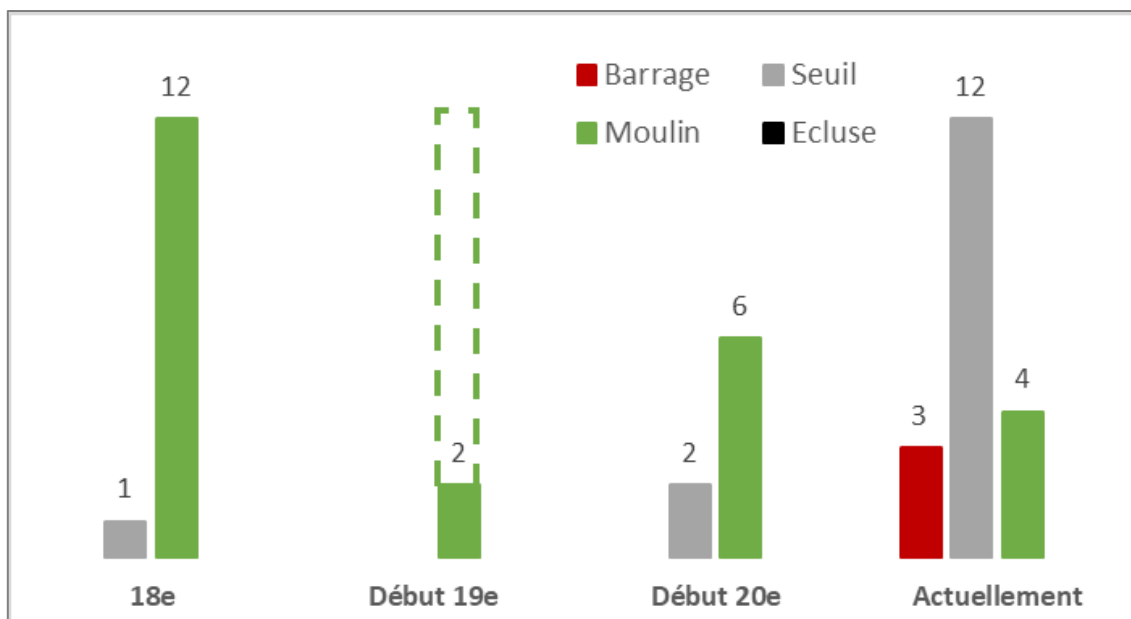


Figure 60 - Évolution des ouvrages liés aux usages de l'eau sur l'Orne depuis le XVIII^{ème} siècle
En pointillé, le nombre de moulin supposés présents au XIX^{ème} siècle.

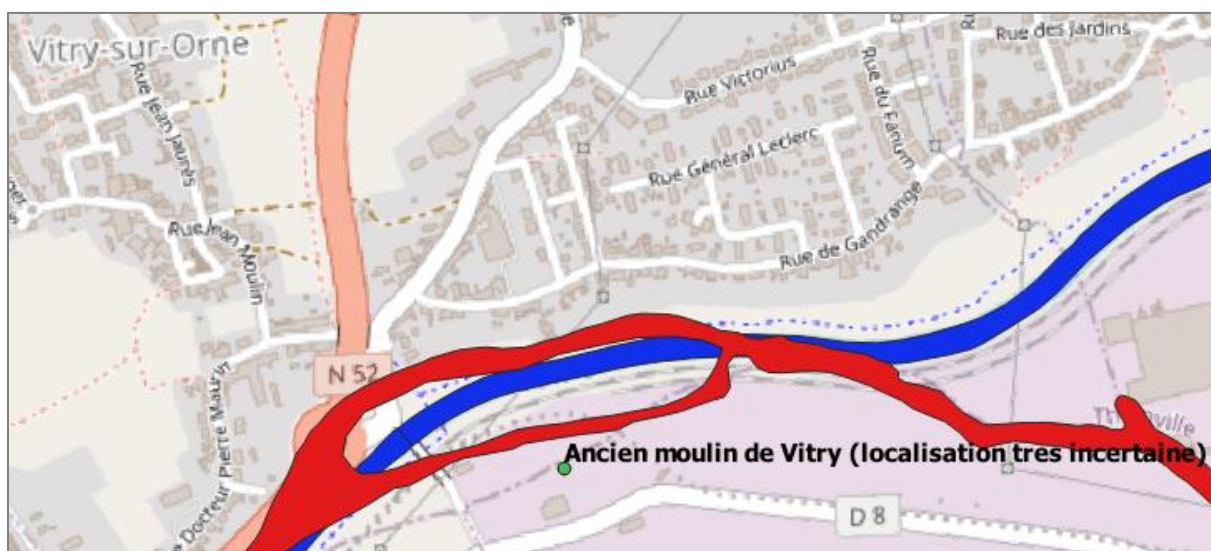
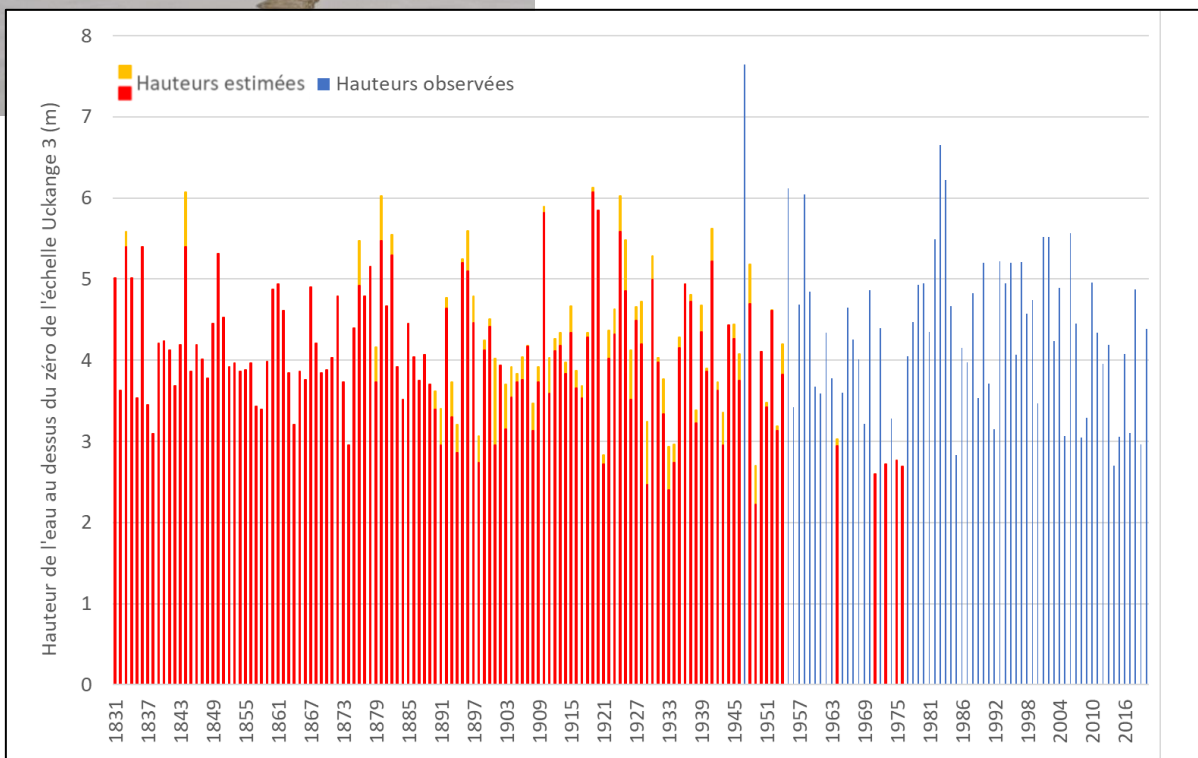


Figure 61 - Localisation supposée de l'ancien moulin de Vitry-sur-Orne. La localisation est très incertaine car elle provient de la carte de Cassini et surtout car l'ouvrage a aujourd'hui disparu (le site est localisé sur un terrain industriel). On remarque tout de même que l'ancien moulin est totalement déconnecté du cours actuel de l'Orne (en bleu) mais semble relativement proche du cours de l'Orne d'après les cartes d'État-Major (en rouge).

Les résultats issus de l'analyse diachronique apportent des éléments d'interprétation quantitatifs de l'évolution du bâti et des gravières au sein de la zone inondable. **L'augmentation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, a conduit à une réduction du champ d'expansion des crues et à une aggravation du risque inondation.** L'augmentation du nombre d'ouvrages aménagés, dans ou à proximité immédiate du lit mineur, **a aussi pu avoir un impact sur l'écoulement des eaux en période de crue**, en particulier les seuils, barrages, moulins et ponts. Ces aspects seront évoqués dans le chapitre 5.

Chapitre 4. Les crues de la Moselle aval d'après les sources instrumentales



1. Le contexte hydrométrique

Cette partie a pour objectif de présenter le réseau hydrométrique actuellement en place sur le territoire d'étude, ainsi que l'ensemble des sites de mesures qui ont été utilisés par le passé pour effectuer des relevés de hauteur d'eau. Mais avant cela il convient de donner un aperçu des différents services gestionnaires de l'hydrométrie sur le territoire d'étude.

1.1. Les services en charge de l'hydrométrie

Avant l'annexion allemande de 1871, les échelles étaient gérées par l'administration des Ponts et Chaussées, comme en attestent des documents d'archives datant de cette période (le document de la figure 62, qui concerne la crue de 1844, est par exemple une archive des Ponts et Chaussées). **Sur la base des archives retrouvées, les relevés de cette époque apparaissent irréguliers, excepté pour l'année 1844 pour laquelle les hauteurs journalières sont disponibles sans lacune.** La quasi-totalité des données provenant de la période pré-annexion ont été reprises dans les documents réalisés par les services allemands de l'époque, la donnée brute « historique » n'ayant été que très partiellement retrouvée.

A partir de l'annexion, c'est le « Wasserbau-Bezirk von Metz » (District du génie hydraulique de Metz) qui gère les échelles limnimétriques. On dispose pour cette période de séries régulières et continues sur la plupart des sites du cours de la Moselle aval.

A la fin de l'annexion allemande en 1919, la gestion des échelles hydrométriques revient au Service de la Navigation (Ministère de l'Équipement). La principale préoccupation à cette époque concerne la **navigation et le flottage du bois**. L'arrondissement de Metz, puis de Nancy à partir de 1934, était ainsi chargé de la Moselle canalisée et flottable. On retrouve pour cette période des relevés de hauteur d'eau plus ou moins continus, mais au niveau de trois échelles seulement (Millery ; Metz Pont des Morts ; Uckange). Certains documents montrent que des observations hydrométriques ont été réalisées par les services allemands durant la Seconde Guerre Mondiale. Des données de hauteurs relevées par le « Wasserstrassenamt Metz » durant la période 1941-1946 ont en effet été retrouvées au CAITM (AD57 1661W361), mais ces dernières ne concernent que l'écluse de l'Orne sur la Moselle à Richemont.

Les stations hydrométriques situées dans le bassin versant seront en partie gérées par la deuxième Circonscription Électrique de Dijon qui était rattachée au Ministère de l'Industrie (ce service succède en 1941 au Service des Forces Hydrauliques). Ces stations sont installées dans le cadre des aménagements hydroélectriques pour lesquels la connaissance des débits constituait un enjeu essentiel. Le Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Lorraine (SRAEL) gère par ailleurs les stations implantées par le Ministère de l'Agriculture sur des cours d'eau non domaniaux. Ainsi, les stations de Rosselange, sur l'Orne, ou de Custines et Hauconcourt ont longtemps été gérées par la Circonscription Electrique de Dijon alors que les débits de la Seille ont été suivis par le SRAEL.



Figure 62 - Archive des Ponts et Chaussées sur la crue de 1844. (Source : Archives Départementales 57 - 15AL806)

A partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, c'est donc l'État qui prend en main la gestion de l'hydrométrie. A l'heure actuelle, on retrouve à l'échelle nationale principalement la DREAL, dont dépend le Service de Prévision des Crues Meuse-Moselle (SPC), la Direction Départementale des Territoires (DDT), les Agences de l'eau, mais aussi Électricité De France (EDF) ou des organismes de recherche (INRAE, universités, etc...) qui tous alimentent la base de données hydrologiques de la Banque Hydro³¹.

³¹ La Banque Hydro met à disposition les données des stations de mesures hydrométriques situées sur les cours d'eau français (<http://hydro.eaufrance.fr/>)

1.2. Le réseau hydrométrique actuel

Un inventaire des données hydrométriques disponibles sur la Banque Hydro est réalisé (figure 63) afin de déterminer les stations exploitables dans le cadre de cette étude sur les crues historiques de la Moselle, de l'Orne et de la Seille. **Les stations hydrométriques permettent un enregistrement en continu des hauteurs d'eau (parfois directement des débits) des cours d'eau. Les hauteurs enregistrées sont généralement converties en débit par l'établissement d'une relation hauteur - débit, appelée courbe de tarage. On dispose ainsi d'enregistrements de débits en continu sur la période de fonctionnement de la station.**

Stations hydrométriques sur la Moselle aval (de Custines à la frontière franco-germano-luxembourgeoise)

De Custines à la frontière, le cours de la Moselle aval dispose actuellement de quatre stations d'enregistrement hydrométrique en continu (la station de Metz Pont des Morts est uniquement utilisée pour l'annonce des crues) : Custines, Corny-sur-Moselle, Hagondange et Uckange, installées respectivement en 1977, 2014, 2012 et 1981.

EMPLACEMENT DE LA STATION DE MESURE	DATE D'IMPLANTATION
Custines	1977
Corny-sur-Moselle	2014
Hagondange	2012
Uckange	1981

Une station avait été implantée à Hauconcourt en 1960 mais cette dernière a été fermée en 2013 et remplacée par la station d'Hagondange. Sur la Banque Hydro, certaines données ne sont pas disponibles. Ainsi à Hauconcourt on ne dispose des hauteurs qu'à partir de 1969 et des débits à partir de 1960.

De même à Custines les hauteurs sont disponibles depuis 1977 et 1973 pour les débits. Nous nous sommes donc limités aux données fournies par la Banque Hydro. La station de Corny-sur-Moselle a une chronique trop courte pour être étudiée ici. Pour cette même raison les données de la station qui a fonctionné de 1958 à 1963 à Pont-à-Mousson³² puis de 1964 à 1970 à Blénod-lès-Pont-à-Mousson n'ont pas été prises en compte.

³² La station de Pont-à-Mousson ne figure pas sur la Banque Hydro

Stations hydrométriques sur l'Orne

L'Orne dispose de cinq stations d'enregistrement des débits : Étain, Boncourt, Jarny, Moyeuvre-Grande et Rosselange.

EMPLACEMENT DE LA STATION DE MESURE	DATE D'IMPLANTATION
Étain	1996
Boncourt	1958
Jarny	2005
Moyeuvre-Grande	2003
Rosselange	1967

Les stations les plus anciennes ont été installées en 1958 et 1967 : il s'agit respectivement de Boncourt et de Rosselange mais les données à Boncourt ne sont disponibles qu'à partir de 1967. Ce sont ces chroniques qui seront utilisées dans cette étude ; les stations d'Étain, de Jarny et de Moyeuvre-Grande, ouvertes respectivement en 1996, 2005 et 2003, ont des séries trop courtes. En raison de l'exploitation minière, des stations hydrométriques étaient implantées sur des affluents de l'Orne mais leurs séries sont bien souvent très courtes et représentent principalement l'influence des exhaures (c'est par exemple le cas de la station de Tucquenieux, sur le Woigot, qui dispose de données depuis 2013 et est fortement influencée en étiage).

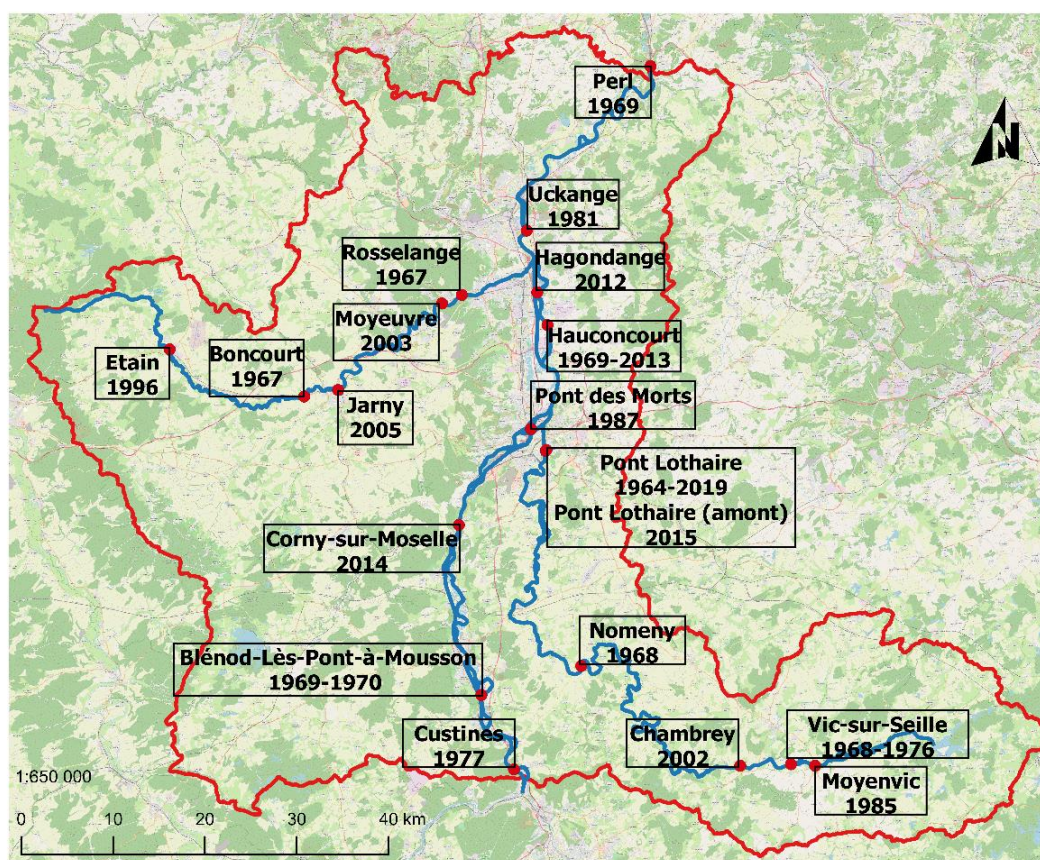
Stations hydrométriques sur la Seille

Les débits de la Seille ont été enregistrés à cinq stations hydrométriques : Vic-sur-Seille, Moyenvic, Chambrey, Nomeny et Metz. Les données des stations de Vic-sur-Seille (ouverte en 1968 mais fermée en 1976) et Chambrey (en fonctionnement depuis 2002) ne sont pas disponibles sur une période suffisamment longue pour être retenues. Les débits de la Seille seront analysés à partir de la station de Metz, qui est toujours en fonctionnement et qui dispose d'enregistrements depuis 1964.

Stations hydrométriques sur la Moselle allemande

Des recherches auprès du Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ont permis de collecter de longues séries de débits moyens journaliers sur la Moselle allemande. On dispose ainsi d'une chronique sur la période 1831-1969 à la station de Besch et d'une série qui s'étend de 1829 à 1989 à Trèves. Cette dernière

n'a pas été exploitée dans ce travail car elle se situe en aval des confluences de la Sarre et de la Sûre. Ces deux affluents importants confèrent aux crues de la Moselle à Trèves un fonctionnement parfois notablement différent de ce que l'on observe sur la partie française. **La station de Besch, localisée 5 km en aval de Schengen, présente par contre un réel intérêt pour notre étude.** Elle a été remplacée par la station de Perl en 1969. On dispose donc d'une chronique continue à l'exutoire du territoire d'étude, sur la période 1831-2020.



Les dates représentent la disponibilité des données sur la Banque Hydro et le BfG

Stations hydrométriques à observation continue (Banque Hydro et BfG)

— Tracé actuel de la Moselle, de la Seille et de l'Orne

□ Bassin versant Moselle aval

Fond de carte OpenStreet Map
Données Banque Hydro et Bundesanstalt für Gewässerkunde

Créée par Eric Bonnot, QGIS 3.0.3, 2021

Liste des stations hydrométriques par années d'enregistrement des hauteurs

Cours d'eau	Nom de la station	O de l'échelle (NGF69)	Hauteurs depuis	Débits depuis	Nombres d'années avec hauteurs
Seille	Pont Lothaire	163,37	1964-2019	1972-2015	55
Moselle	Perl	N.D	1967	1967	54
Orne	Boncourt	185,00	1967	1960	54
Orne	Rosselange	N.D	1967	1968	54
Seille	Nomeny	180,66	1968	1972	53
Moselle	Custines	183,60	1977	1973	44
Moselle	Hauconcourt	154,90	1969-2013	1960-2013	44
Moselle	Uckange	150,28	1981	1981	40
Seille	Moyenvic	198,93	1985	1985	36
Moselle	Metz PdM	159,01	1987	1988	34
Orne	Etain	N.D	1996	1997	25
Seille	Chambrey	198,65	2002	2002	19
Orne	Moyeuve	N.D	2003	2003	18
Orne	Jarny	186,10	2005	2007	16
Moselle	Hagondange	153,91	2012	2012	9
Moselle	Cornny-sur-Moselle	N.D	2014	2014	7
Seille	Vic-sur-Seille	198,00	1970-1976	1968-1976	6
Seille	Pont Lothaire amont	N.D	2015	2015	6
Moselle	Blénod-Lès-Pont-à-Mousson	177,00		1969-1970	0

Figure 63 - Le réseau hydrométrique récent sur la base des données disponibles sur la Banque Hydro et le BfG

Stations hydrométriques retenues dans le cadre de cette étude

Les chroniques de débits les plus anciennes remontent au mieux aux années 1960. On dispose par contre d'une longue série à la station allemande de Besch (données journalières depuis 1831). Les chroniques de débits sont donc trop courtes pour envisager un travail d'analyse des crues historiques à partir des seules données de la Banque Hydro. Un important travail de collecte d'archives hydrométriques a donc été réalisé afin d'étendre historiquement ces séries récentes.

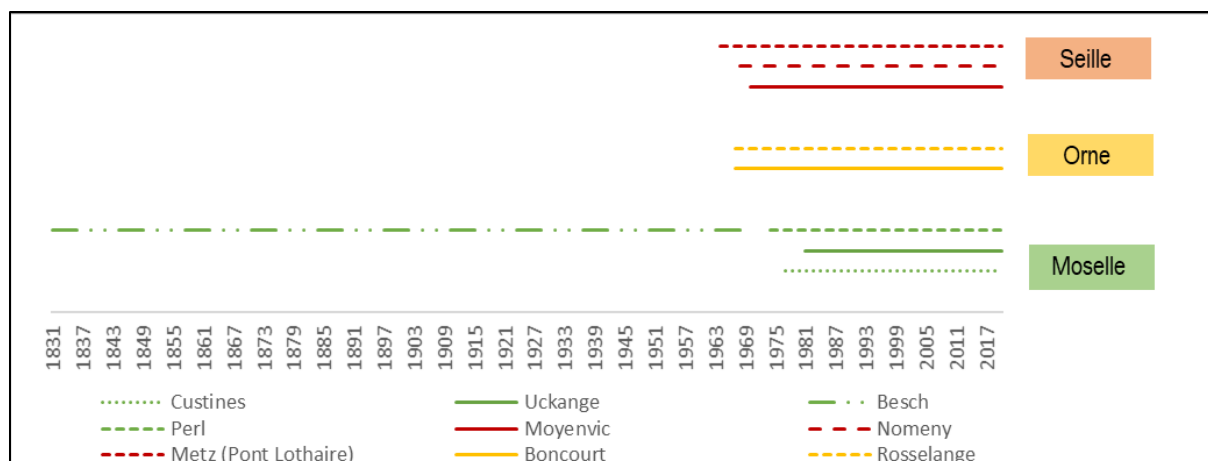


Figure 64 - Stations hydrométriques et périodes d'enregistrements associées

1.3. Les échelles « mosellométriques » et autres échelles limnimétriques anciennes

L'histoire contemporaine du département de la Moselle, en particulier les périodes d'annexion, complique évidemment le travail de collecte et d'exploitation des archives, en raison de l'importante dispersion des documents et de leurs qualités de conservation (certains documents manuscrits sont en mauvais état, ce qui complique le déchiffrement de textes écrits en langue allemande).

L'inventaire et l'historique des échelles de mesures des hauteurs d'eau a néanmoins pu être établi (figure 65), même si certaines incertitudes demeurent. Ainsi, on sait que de nombreuses échelles de mesure des hauteurs d'eau ont été installées le long de la Moselle dès la moitié du XIX^{ème} siècle. On parle à cette époque des échelles « mosellométriques ». Les différentes sources consultées convergent vers une implantation de ces échelles, relevées de façon plus ou moins journalière, à partir de 1834 : « Les échelles mosellométriques sont établies sur toute la longueur de la Moselle dans la traversée du département [de la Moselle] à des distances qui ne dépassent pas 8 kilomètres ; leur zéro correspondant à l'étiage de 1832. Ces échelles sont observées chaque jour depuis 1834 » (Jacquot, 1868). Au total, nous pouvons confirmer à partir de différentes sources (AD57 15AL807 « Pegelbeobachtungen »), la présence d'au moins 17 échelles au

cours du XIX^{ème} siècle, qui ont toutes pu être localisées (figure 65) : La Lobe, Novéant, Jouy, Ars, Polka, Vaux, Metz-écluse de l'esplanade, Metz Pont des Morts, Metz-écluse, Malroy, Olgy, Ay, Uckange, Thionville, Cattenom, Malling et Sierck. Cependant, seules La Lobe, Uckange et Sierck ont été utilisées dès 1834 pour effectuer des mesures de hauteur d'eau. Les autres échelles ne disposent de relevés journaliers qu'à partir de 1872 en moyenne (Von Tein, 1905). La plupart de ces échelles auraient été relevées jusqu'en 1919 (figure 66).

Sur la Seille et l'Orne, des échelles auraient été installées en 1893 à Marly et Amnéville (Von Tein, 1905) **mais aucune donnée relative à ces sites n'a été retrouvée à ce jour**. Ce n'est qu'à partir de la gestion par le Service de la navigation, vers la moitié du XX^{ème} siècle, que des premiers relevés ont pu être collectés, mais la donnée reste très ponctuelle. Il faudra attendre l'implantation des stations hydrométriques pour disposer de chroniques continues.

A ces relevés de hauteur d'eau s'ajoutent des informations plus ponctuelles sur les hauteurs atteintes lors de certains événements. On dispose par exemple d'une hauteur et d'une altitude de la crue de 1778 à Sierck-les-Bains, alors que l'échelle n'existerait que depuis 1834 ; ces données sont donc difficilement exploitables d'un point de vue hydrométrique, mais elles constituent néanmoins des informations très utiles dans le cadre de ce travail de reconstitution des événements de crues historiques.



Carte des anciennes échelles hydrométriques (19ème siècle) Bassin de la Moselle aval

- Principales échelles hydrométriques du 19ème siècle
- Linéaire actuel de la Moselle, de la Seille et de l'Orne

N.B: Les emplacements de la plupart des échelles sont approchés, les rives ayant trop été modifiées sur certains secteurs ou les informations sur l'emplacement exact sont inexistantes à l'heure actuelle.

Liste des principales échelles hydrométriques existantes sur la bassin Moselle aval au début du 20ème siècle

Nom de l'échelle	Création théorique
Millery	1859
La Lobe	1834
Novéant	1875
Jouy	1872
Ars	N.D
La Polka	N.D
Vaux	N.D
Esplanaden	N.D
StadtSchleuse	1872
Todtenbrücke	1872
Malroy	N.D
Olgy	1841
Ay	N.D
Blettingen	N.D
Ueckingen	1834
Diedenhofen	1846
Mallingen	N.D
Sierck	1834
Besch	1831
Marly StrassenBrücke	1893

1:260 000

0 2.5 5 7.5 10 km



Fond de carte OpenStreet Map
Données Das Moselgebiet, Von Tein, 1905 et Archives
Départementales 57, 15 AL 807

Créée par Eric Bonnot, QGIS 3.0.3, 2021

Figure 65 - Les échelles mosellométriques et autres échelles limnimétriques anciennes

1.4. Synthèse sur le contexte hydrométrique et choix des sites

La collecte des archives hydrométriques a permis de distinguer quatre grandes périodes :

Début XIX^{ème} - 1871	Des relevés sont réalisés par le service des Ponts et Chaussées au niveau de quelques échelles mosellométriques, de manière plus ou moins régulière.
1871-1919	Des relevés de hauteurs journalières sont disponibles pour une vingtaine d'échelles situées sur la Moselle, de l'ancienne frontière à la frontière actuelle.
1920-1991	Des hauteurs ponctuelles (cahiers de crue) sont relevées par le Service de la Navigation lors des crues importantes, au niveau des échelles de Millery, Metz Pont des Morts et Uckange pour la Moselle ; Labry et Moyeuve pour l'Orne.
Période récente	A partir de 1960 on dispose progressivement de données hydrométriques (hauteur et débit) en continu, grâce à la mise en place de stations hydrométriques automatisées.

La figure 66 présente l'ensemble des échelles ayant existé sur la Moselle ainsi que les périodes pour lesquelles on dispose de hauteurs d'eau. Sur la base des données disponibles, nous avons retenu trois sites sur la Moselle, à savoir ceux qui ont continué à être exploités par le Service de la Navigation durant la période intermédiaire (entre l'annexion et la mise en place des stations automatisées) :

CUSTINES :	Le premier site est juste en aval de la confluence Moselle/Meurthe et est constitué des échelles « Millery » du Service de la navigation et « Custines » de la Banque Hydro.
METZ :	Le second, à mi-parcours de la Moselle dans son bassin aval, est constitué des échelles « Metz » et « Metz Pont des Morts » du service de la Navigation et de la Banque Hydro et « Metz-Todtenbrücke » des gestionnaires allemands.
UCKANGE :	Le troisième, plus en aval du bassin, est constitué des échelles « Uckange » du Service de la Navigation et de la Banque Hydro, et « Uckingen » des gestionnaires allemands.

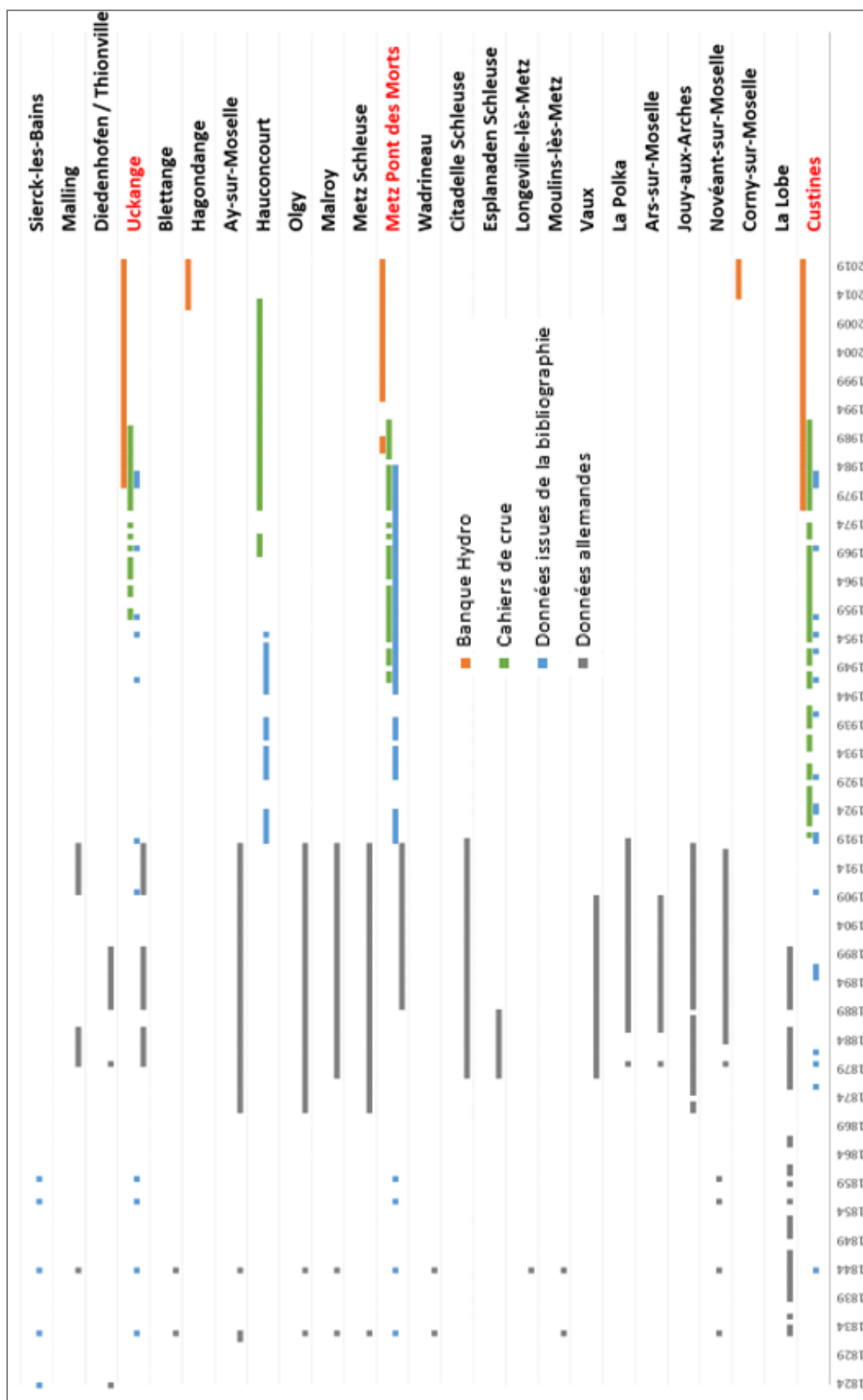


Figure 66 - Disponibilité des hauteurs d'eau aux différentes échelles de la Moselle aval et sources associées. Pour les trois sites en rouge sur la figure, des séries hydrométriques historiques sont reconstituées (hauteurs d'eau à Metz et Uckange, débits à Custines).

A ce stade de l'étude, les données hydrométriques anciennes (c'est-à-dire avant l'implantation des stations hydrométriques) sont beaucoup trop ponctuelles pour envisager un travail de reconstitution de séries historiques pour les cours d'eau de l'Orne et de la Seille. Seules les données récentes fournies par la Banque Hydro sont donc utilisées. Elles seront complétées, comme pour la Moselle, par des recherches documentaires.

2. Reconstitution des séries hydrométriques historiques de crues

La reconstitution de séries de hauteur d'eau homogènes nécessite d'envisager un déplacement des échelles. Ainsi, un site qui aura la même dénomination dans les documents au cours du temps peut faire référence à plusieurs échelles. Or **la hauteur d'eau lue à l'échelle est fortement dépendante de la section en travers du cours d'eau à l'endroit où elle se situe** (figure 67). Concrètement, un déplacement d'échelle induit une rupture dans l'homogénéité des hauteurs d'eau au cours du temps. Certes il est préférable de travailler à partir des débits, mais la donnée historique repose essentiellement sur des hauteurs d'eau sans courbe de tarage associée. **Les reconstitutions portent donc sur des séries de hauteurs, à l'exception de Custines.**

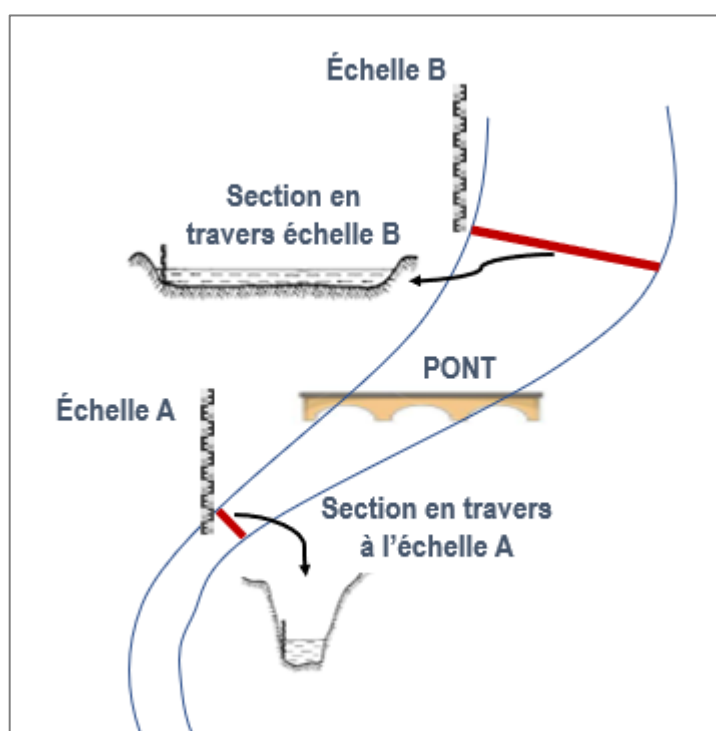


Figure 67 - Impact du changement d'échelle sur la hauteur d'eau retenue. Le schéma illustre un cas théorique au niveau d'un pont. Les hauteurs lues au niveau de ce site ont d'abord été prises à l'amont du pont, puis l'échelle a été déplacée en aval. On observe l'impact du changement de la géométrie de la section sur les hauteurs lues à l'échelle.

Il est donc indispensable :

- de **connaître pour chaque hauteur d'eau l'échelle à laquelle la lecture a été faite** ;
- de **retracer l'historique de l'emplacement des échelles** pour un même site ;
- de **connaître l'altitude des zéros des échelles** et de vérifier le nivellement afférent. En effet, depuis 1969 le système français est le Nivellement Général de la France (NGF 69), mais il a été précédé du nivellement Lallemand, existant depuis les années 1880, et du nivellement Bourdaloué de 1857 à 1864. Des grilles de conversion permettent de passer d'un nivellement à l'autre³³. A cette histoire du nivellement en France s'ajoute la période 1871-1919 pour laquelle certains documents fournissent des altitudes en nivellement allemand (N.N).

Un autre point important concerne l'impact potentiel des travaux liés à la canalisation de la Moselle sur les conditions d'écoulement. L'Hôte (1978) considère que ces travaux n'ont pas profondément affectés les écoulements lors des crues. Il précise notamment que l'escamotage des vannes mobiles des barrages permet un fonctionnement comparable à celui d'un lit non barré et débitant à plein bord car ces vannes couvrent en général la quasi-totalité du lit de la rivière en largeur.

Enfin, la donnée historique pouvant provenir de copies, corrigées et/ou de documents retranscrits, **risque de contenir des erreurs** (Pichard et Roucaute, 2014). **Il convient donc de réaliser des vérifications par recoupement de différentes sources d'informations.** La multiplicité des sources nous a en général permis de valider les hauteurs par recoupement, ou de supprimer des données incohérentes. A titre d'exemple, on relève dans Jacquot (1868) une hauteur anormalement basse de 4,57 m au Pont des Morts lors de la crue de 1844, alors que plusieurs autres sources faisaient mention d'une hauteur de 7,2 m. En fait Jacquot donne souvent la hauteur en amont du Pont des Morts alors que les autres sources renseignent une hauteur en aval, à l'emplacement de l'échelle.

Chacun des trois sites retenus sur la Moselle aval ayant ses spécificités en termes de données disponibles, les méthodes utilisées pour reconstituer des séries hydrométriques historiques homogènes sont décrites individuellement pour chaque site.

Pour la Seille et l'Orne, nous présentons les débits instantanés maximums annuels sur la seule base des données Banque Hydro.

³³https://geodesie.ign.fr/index.php?page=histoire_du_nivellement#:~:text=Les%20techniques%20de%20nivellemen%20ont,notion%20de%20surface%20de%20niveau

2.1. Reconstitution des hauteurs de crue à Uckange

2.1.1. Données de hauteurs disponibles à Uckange

Les données disponibles pour le site d'Uckange sont constituées :

- Des documents des services gestionnaires allemands, conservés aux Archives Départementales de Moselle, qui rassemblent des relevés de hauteur pour trois périodes : 1880-1886, 1890-1901 et 1910-1918 ;
- Des hauteurs provenant des cahiers de crue, sur la période 1958-1991, mais avec 10 années manquantes ;
- Des hauteurs sur la période 1947-1983, avec 6 années manquantes, issues de documents d'archive de la DREAL Grand Est ;
- Les données de la Banque Hydro issues de la station hydrométrique mise en place en 1981 ;
- Quelques relevés ponctuels issus de divers ouvrages (Von Tein (1905), Frécaut (1971), Jacquot (1868)).

Les sources sont donc peu diversifiées mais surtout, excepté la période 1981-1991, les séries de hauteur ne se recoupent pas. L'historique du site a cependant pu être retracé.

2.1.2. Historique des observations aux échelles d'Uckange

Les informations collectées sur le site d'Uckange ont permis de mettre en évidence l'existence de **trois échelles différentes**. L'échelle la plus ancienne (nommée ici Uckange 0 puis Uckange 1) était située au niveau d'un ancien bac, comme le montre la carte de la figure 68. Cette échelle a été utilisée sur la période 1833-1918 ; un changement de l'altitude du zéro de l'échelle en 1888 est à signaler (tableau 7). Une échelle d'annonce de crue (nommée ici Uckange 2) a été installée par le service de la navigation après 1919 au niveau du barrage d'Uckange. Elle aurait été utilisée jusqu'au début des années 1990. La station hydrométrique actuelle (nommée ici Uckange 3) a été installée en 1981 et est toujours en fonctionnement.

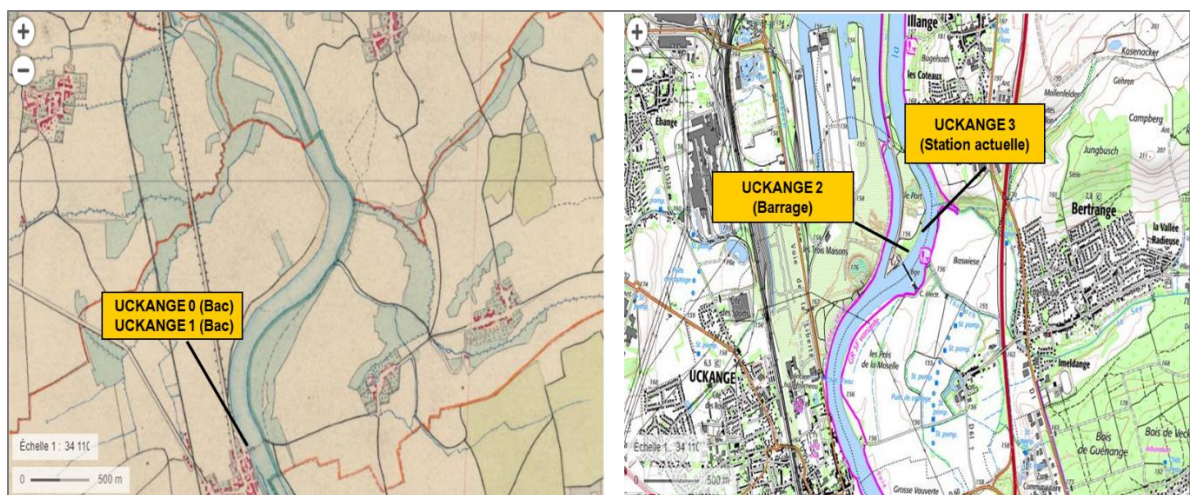


Figure 68 - Emplacements des échelles utilisées pour l'observation du niveau de l'eau à Uckange. A gauche : Ancienne échelle en rive gauche, à proximité de l'ancien bac d'Uckange ; à droite : Les échelles récentes, en aval du barrage (Géoportail.fr)

Tableau 7 - Les échelles limnimétriques inventoriées pour le site d'Uckange

Echelle	Altitude du zéro de l'échelle				Période d'utilisation	Source du zéro de l'échelle
	IGN 69	Bourdouloué	Lallemand	Normal Null		
UCKANGE 0 (Bac)				151,09	- 01/10/1888	AD 57 15AL807
UCKANGE 1 (Bac)				150,09	1888-1918	AD 57 15AL807
UCKANGE 2 (Barrage)	150,59				1919-1990	Archives DREAL
UCKANGE 3 (Station actuelle)	150,28				1981-	Banque Hydro

Les différentes hauteurs collectées (figure 69) ont toutes pu être rattachées à une échelle d'observation (figure 70).

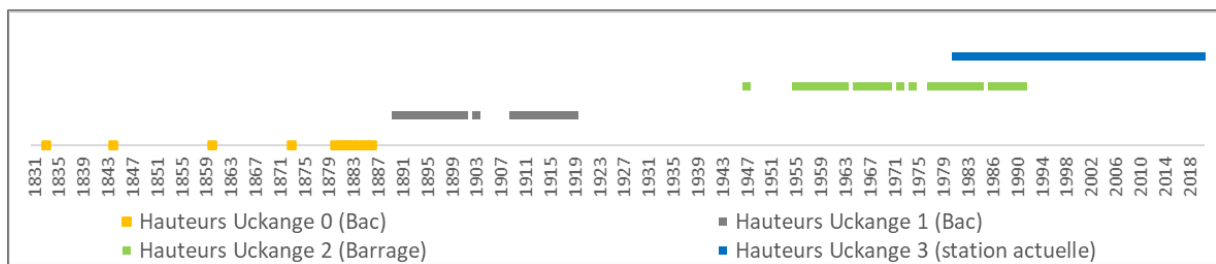


Figure 69 - Hauteurs maximales annuelles disponibles par échelles pour le site d'Uckange

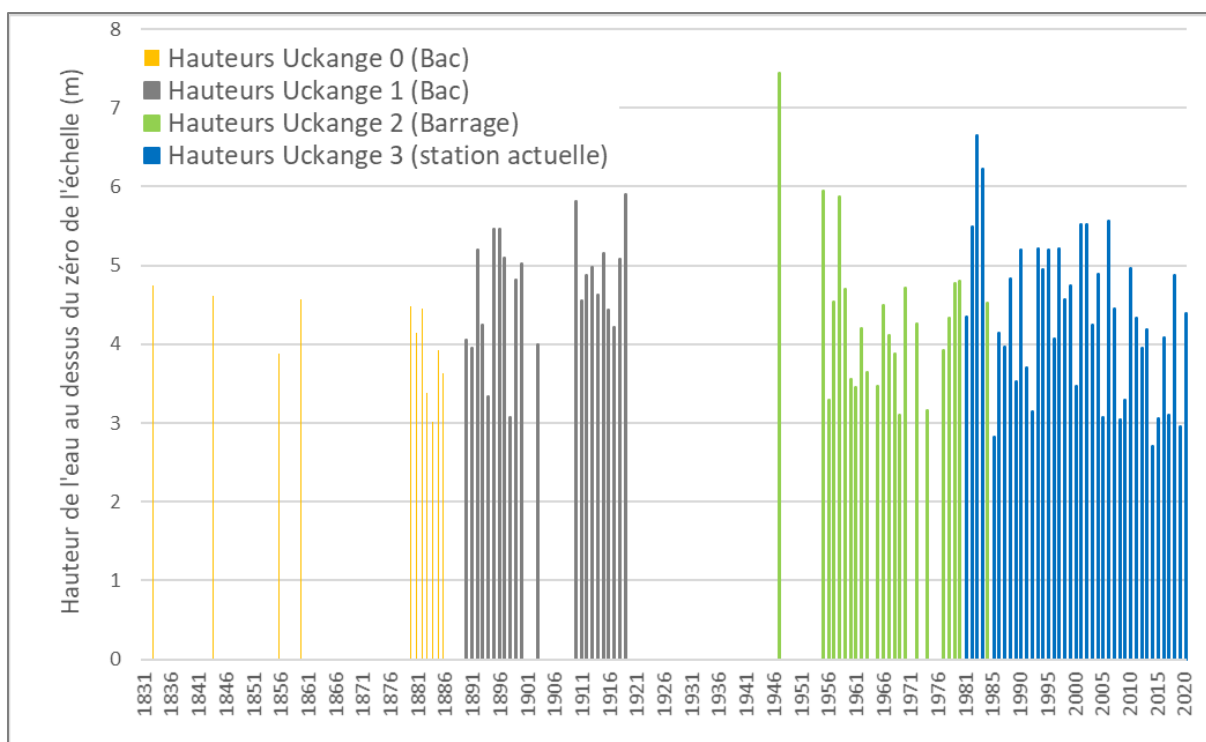


Figure 70 - Hauteurs maximales annuelles observées aux échelles d'Uckange. Pour chaque année, nous retenons la hauteur maximale, à l'exception de 1983 pour laquelle les deux crues d'avril et de mai sont représentées, en raison de leur caractère tout à fait exceptionnel. Cette même règle sera appliquée aux autres sites.

Les échelles de Uckange 2 et Uckange 3 présentent une période de recoupement (1981-1990), ce qui permet une homogénéisation des hauteurs sur la période 1919-2020.

En revanche, les hauteurs provenant de l'échelle d'Uckange 0 puis 1 (bac), donc avant 1919, n'ont pas pu être homogénéisées dans la mesure où il n'existe pas de période commune avec les données d'une autre échelle. De plus les échelles Uckange 0 et 1 étaient situées près de deux kilomètres en amont des échelles récentes, aussi les caractéristiques des sections sont peut-être très différentes.

2.1.3. Reconstitution d'une longue série de hauteurs homogènes à Uckange

2.1.3.1. Homogénéisation des hauteurs de l'échelle Uckange 2 sur l'échelle Uckange 3

L'homogénéisation des hauteurs des cahiers de crues (depuis 1947) et des données de la station actuelle est rendue possible par la corrélation qui a été opérée entre les hauteurs des pointes de crues provenant des cahiers de crue (Uckange 2) et celles issues de la Banque Hydro (Uckange 3). Cette corrélation s'appuie sur 39 événements de crue observés sur la période 1981-1991. La corrélation est de très bonne qualité et apparaît linéaire (figure 71). Il faut souligner que ces deux échelles ne sont distantes que de 400 m. La série Uckange 2 peut donc être homogénéisée à partir d'Uckange 3 selon la relation suivante :

$$\text{Hauteur Uckange 3} = 1,02 \times \text{Hauteur Uckange 2} + 0,065$$

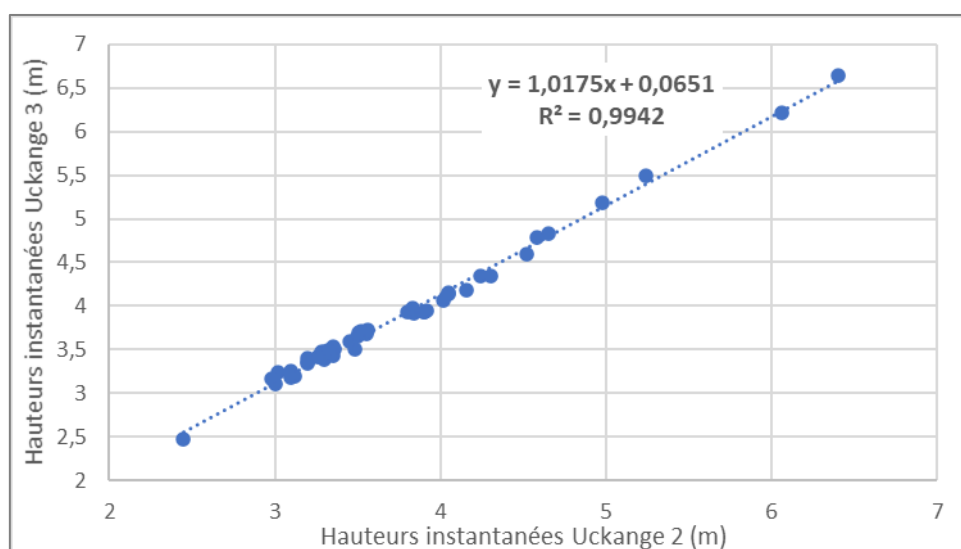


Figure 71 - Corrélation entre les hauteurs des pointes de crue à Uckange 2 et à Uckange 3 (1981-1991). Les hauteurs retenues pour cette corrélation correspondent toujours au même événement, mais les observations des cahiers de crue se faisant à heure régulière, il se peut qu'il y ait une à deux heures de décalage.

On dispose ainsi d'une chronique continue sur la période 1947-2020. Les hauteurs observées à Uckange 0 et 1 (bac) n'ont cependant pas pu être homogénéisées avec la station actuelle. On dispose donc de deux séries, les hauteurs à Uckange 0 et 1 et les hauteurs homogénéisées à Uckange 2 et 3 (figure 72).

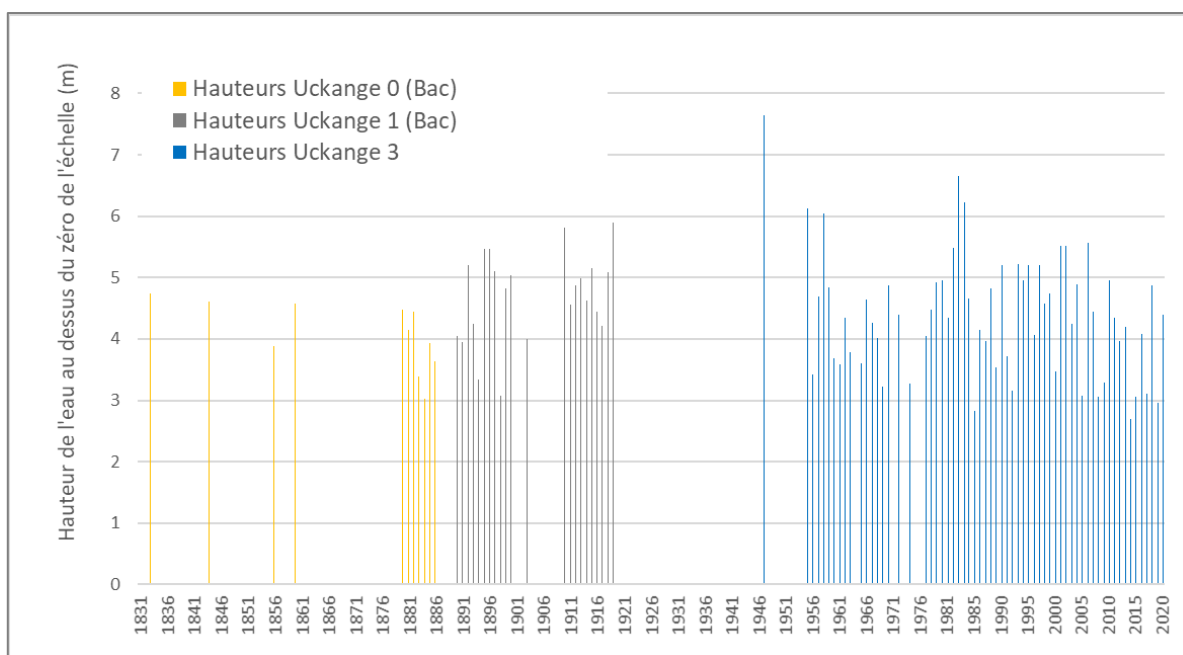


Figure 72 - Hauteurs maximales annuelles observées à Uckange : période 1947-2020 homogénéisée sur l'échelle d'Uckange 3

2.1.3.2. Reconstitution des hauteurs avant 1947

La série récente calée sur l'échelle d'Uckange 3 est assez courte (les données débutent en 1947) et lacunaire (1948 à 1954, 1964, 1971, 1973, 1975 et 1976 sont manquantes). Afin de disposer d'une longue chronique de hauteurs continues à Uckange, nous proposons de reconstituer les hauteurs manquantes de la période ancienne, à partir de corrélations hauteur-hauteur avec les échelles de Besch et Metz. On dispose en effet d'une très longue série continue à Besch et d'une série plus discontinue à Metz mais assez ancienne également (figure 73).

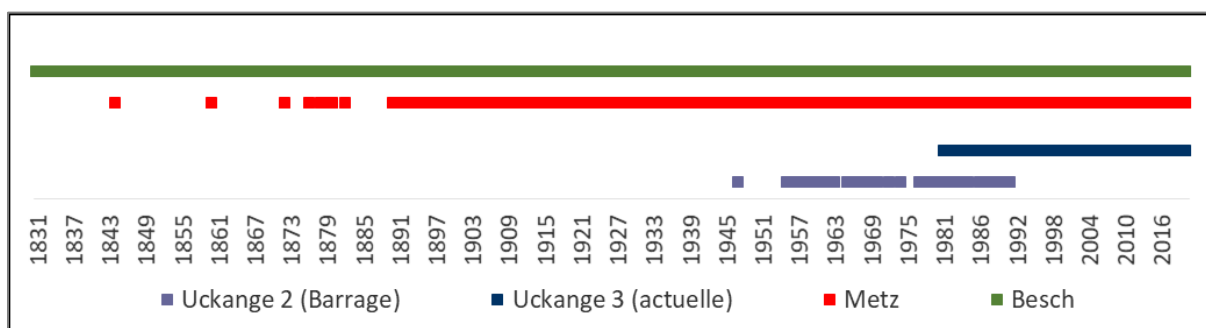


Figure 73 - Hauteurs disponibles aux stations proches d'Uckange 3.

Des corrélations hauteur/hauteur sont réalisées entre Uckange 3 et Metz PdM 2 (cf. 2.2.2 pour plus de détails sur cette échelle) et entre Uckange 3 et Besch (figure 74). La corrélation entre Uckange 3 et Metz PdM 2 est réalisée à partir de hauteurs relevées sur la période 1947-2020, c'est-à-dire avant et après les travaux de canalisation. **La relation hauteur/hauteur nous paraît en effet assez stable sur ces deux périodes, ce qui avait déjà été montré par L'Hôte (1978) :** *« Il est clair que l'on ne peut pas distinguer de différence nette de corrélation imputable aux travaux [NB : entre 1962 et 1963]. C'est une des remarques qui nous ont amenés à considérer que les conditions d'écoulement n'ont pas été profondément affectées par les travaux de canalisation de la Moselle, tout au moins en crue (au-dessus des cotes d'annonce) »*. Une corrélation hauteur/hauteur unique est donc proposée pour toute la période. La corrélation entre Uckange 3 et Besch est un peu biaisée au sens où elle repose sur des hauteurs instantanées à Uckange et journalières à Besch. Mais l'objectif étant d'identifier les événements les plus significatifs, cette méthode nous permet d'estimer une valeur à Uckange qui sera révélatrice de l'intensité de la crue.

Les corrélations sont d'assez bonne qualité, ce qui nous permet de proposer deux estimations des hauteurs à Uckange 3, à partir des données de Metz PdM 2 et de Besch :

- Estimation des hauteurs à Uckange 3 à partir de la corrélation avec Metz PdM 2 :

$$\text{Hauteur Uckange 3} = 0,974 \times \text{Hauteur Metz PdM 2} - 0,717$$

- Estimation des hauteurs à Uckange 3 à partir de la corrélation avec Besch :

$$\text{Hauteur Uckange 3} = 0,12 \times \text{Hauteur Besch}^2 - 0,65 \times \text{Hauteur Besch} + 3,44$$

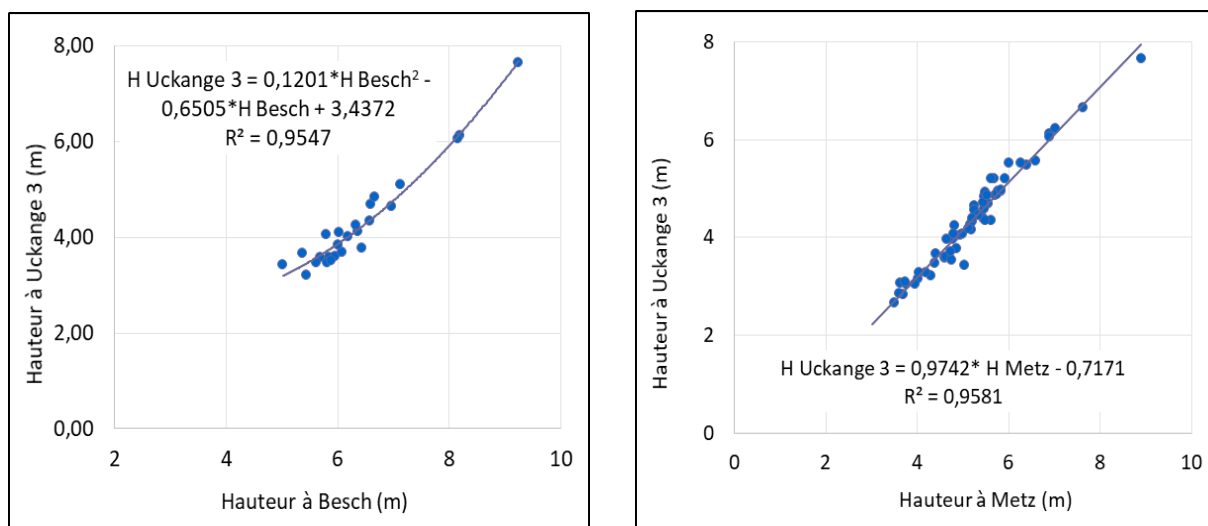


Figure 74 - Corrélation entre les hauteurs à Uckange 3 et les hauteurs aux stations proches. A gauche : Corrélation avec Besch sur 25 événements de 1947 à 1969 ; à droite : Corrélation avec Metz sur 63 événements de 1947 à 2020. Il a été vérifié que les hauteurs corrélées correspondent bien au même pic de crue. Les hauteurs pour lesquelles la pointe de crue a un écart de plus de deux jours entre Uckange-Metz et Uckange-Besch ont été supprimées.

Les valeurs estimées varient en fonction de la corrélation utilisée, aussi pour tenir compte des incertitudes, nous proposons des estimations hautes et basses pour chaque événement connu à Metz PdM 2 et à Besch. Si une seule corrélation a été utilisée (en raison de l'absence de donnée sur l'autre site), une valeur unique est proposée pour la hauteur reconstituée à Uckange. En revanche si des données sont disponibles à la fois à Besch et à Metz PdM 2, les deux valeurs sont retenues.

Une série de hauteurs d'eau à Uckange 3 a ainsi pu être reconstituée sur la période 1831-2020 à partir : (i) des hauteurs observées à Uckange 3 (1981-2020), (ii) des hauteurs homogénéisées de Uckange 2 sur Uckange 3 de 1947 à 1980³⁴, (iii) des hauteurs estimées par corrélation avec les séries de Metz et Besch (1831-1946) (figure 75).

³⁴ L'année 1984 provient également des cahiers de crue car la hauteur de la banque hydro paraît douteuse

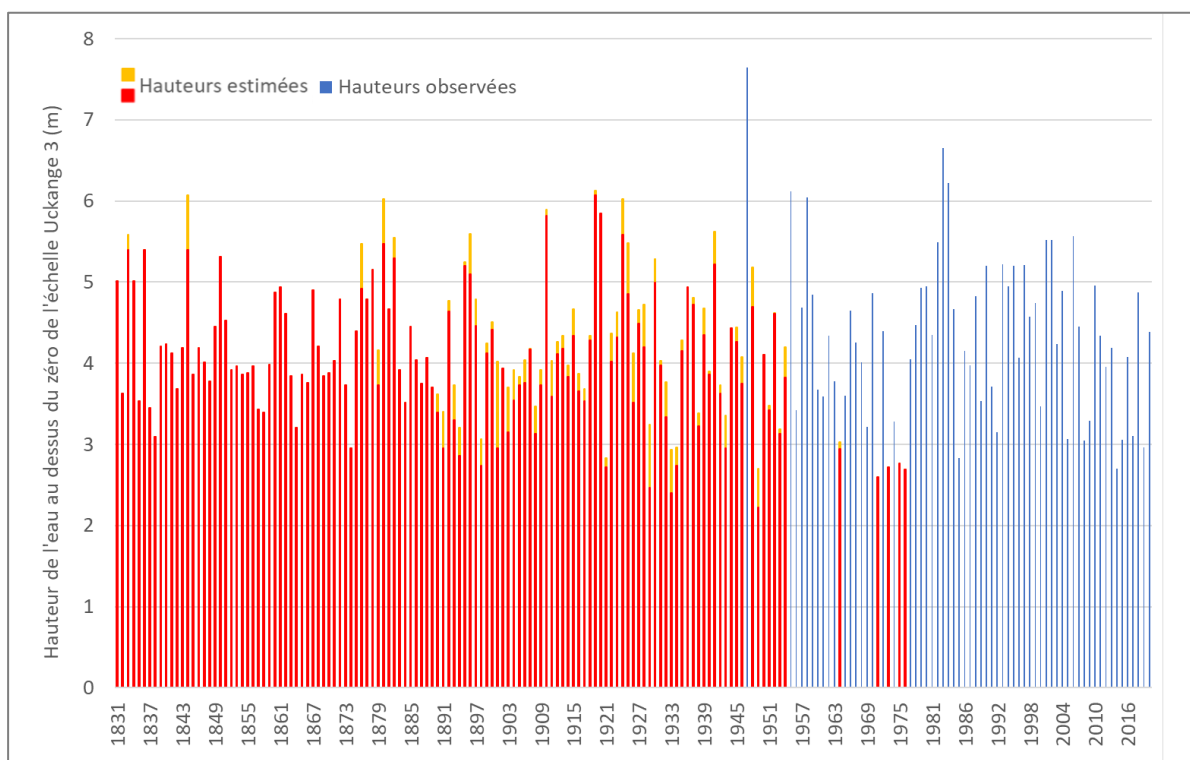


Figure 75 - Série de hauteurs d'eau maximales annuelles reconstituée à Uckange 3. Pour les hauteurs estimées, les deux couleurs permettent de prendre en compte l'incertitude pour les estimations à partir de plusieurs sites.

2.1.4. Historique des crues les plus importantes à Uckange

On dispose d'une chronologie continue des crues à Uckange depuis 1831. Au total, sur 189 événements, 125 sont estimés à partir des sites de Besch et/ou Metz, et 63 sont observés. Il convient de souligner que les données estimées sont évidemment assorties d'une incertitude, mais considérant que l'objectif n'est pas d'estimer précisément les hauteurs de crue mais d'identifier les événements les plus importants, cette méthode de reconstitution paraît adaptée. Le classement des événements à Uckange (figure 76) se fait à partir des hauteurs observées et des hauteurs minimales et maximales estimées.

La crue de référence du bassin versant étant celle de 1947, on la retrouve sans surprise en première position à Uckange, avec une hauteur de 7,65 m (hauteur ramenée sur l'échelle Uckange 3). On retrouve un mètre plus bas la crue d'avril 1983 avec 6,65 m et 50 centimètres plus bas, la crue de mai 1983 avec 6,22 m. Ensuite, suivant les estimations minimales ou maximales, le classement fluctue, mais on retrouve notamment les années 1955, 1919, 1958, 1910, 1924 et 1920.

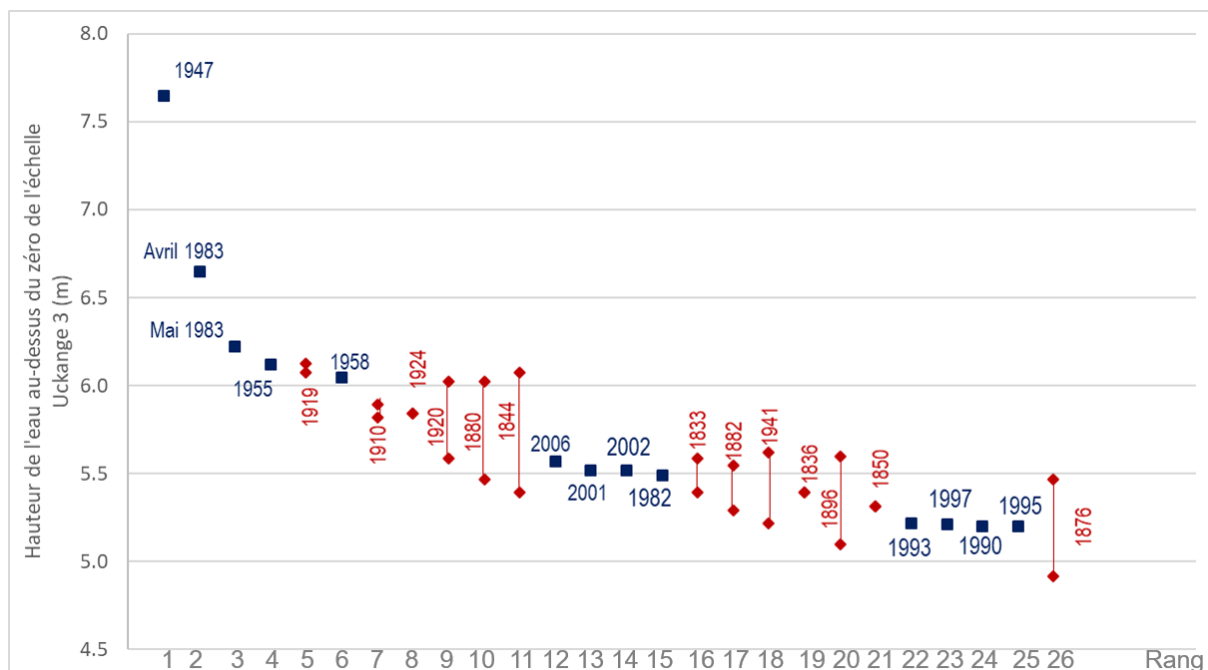


Figure 76 - Crues les plus importantes des deux derniers siècles à Uckange. En *bleu* : hauteurs observées ; en *rouge* : hauteurs estimées par corrélation. Pour cette seconde catégorie, les estimations à partir des sites de Metz et de Besch sont représentées, ce qui explique l'intervalle de hauteurs obtenu pour certains événements.

2.2. Reconstitution des hauteurs de crue à Metz Pont-des-Morts (PdM)

2.2.1. Données de hauteurs disponibles à Metz PdM

On retrouve, pour le site de Metz Pont des Morts, différentes sources qui fournissent des hauteurs d'eau. Les plus importantes sont :

- Des documents des services gestionnaires allemands disponibles aux Archives Départementales de Moselle, qui présentent une chronique de hauteurs d'eau journalières continue de 1890 à 1919 (excepté 1902) et quelques hauteurs journalières depuis 1834 ;
- Une série reconstituée par Zumstein et al. (1985), qui couvre une période de 1919 à 1983 de façon relativement continue avec 12 années manquantes ;
- Des hauteurs instantanées provenant des cahiers de crue, qui débutent en 1947 et qui s'arrêtent en 1992, avec 8 années manquantes ;
- Des hauteurs journalières ponctuelles issues de documents d'archive de la DREAL, qui permettent d'avoir une chronique de 1947 à 1986 ;
- Les données de la Banque Hydro issues de la station hydrométrique d'annonce de crue, mise en place en 1987 mais dont le fonctionnement régulier n'a débuté qu'en 1996 ;
- Quelques ouvrages (Von Tein (1905), Frécaut (1971), Jacquot (1868)) donnent également des hauteurs ponctuelles pour certaines crues anciennes ;

De nombreuses sources peuvent donc être utilisées pour établir une série de hauteurs d'eau sur le site de Metz Pont des Morts.

2.2.2. Historique des observations aux échelles de Metz PdM

Plusieurs échelles ont existé sur ce site (figure 77) et des informations sur les zéros de ces échelles et leur emplacement ont pu être collectées (tableau 8). Cependant les périodes d'utilisation des différentes échelles ne sont pas toujours renseignées, ce qui signifie que pour certaines hauteurs on ne connaît pas l'échelle de référence.

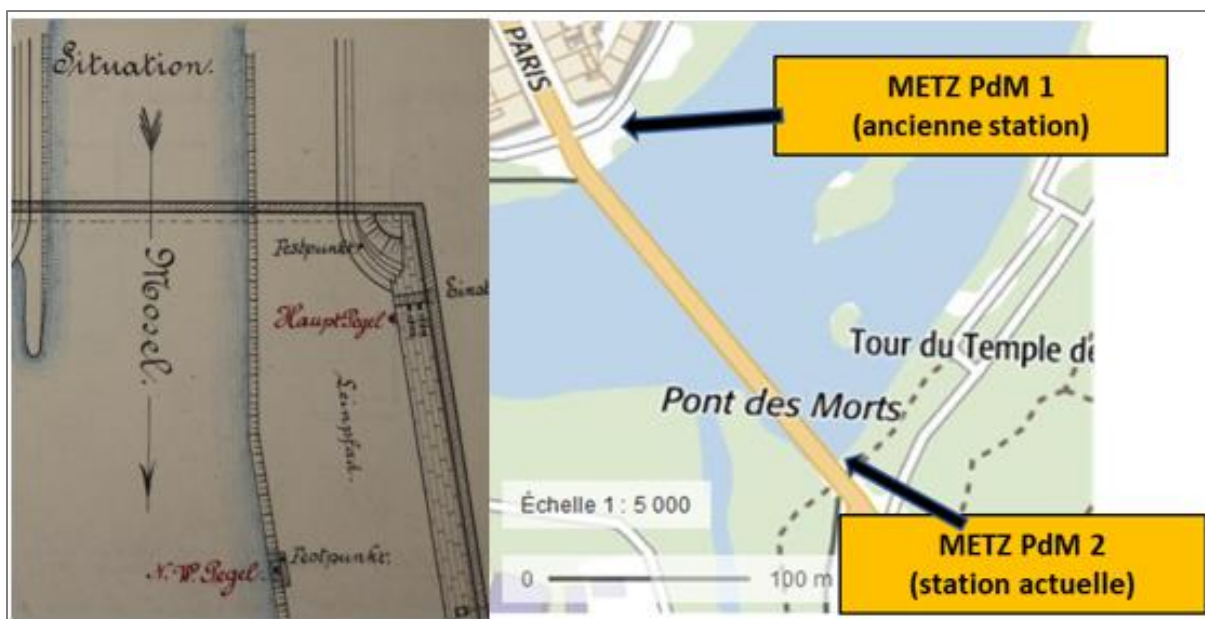


Figure 77 - Localisation de l'ancienne échelle et de la station actuelle à Metz Pont des Morts. A gauche : Plan allemand du début XX^{ème} siècle (AD57 15 AL 807) montrant l'échelle limnimétrique en rive gauche de la Moselle, à l'aval du Pont des Morts. A droite : Plan de situation des deux échelles utilisées à Metz Pont des Morts (Géoportail.fr).

Tableau 8 - Les échelles limnimétriques inventoriées pour le site de Metz Pont des Morts

Echelle	Altitude du zéro de l'échelle				Période d'utilisation	Source du zéro de l'échelle
	IGN 69	Bourdaloue	Lallemand	Normal Null		
METZ PdM (échelle Ponts et Chaussées)				161,31	1834-1863	AD 57 15AL807
METZ PdM (1ère échelle allemande)				159,36	16/02/1871-30/09/1888	AD 57 15AL807
METZ PdM 1 (2ème échelle allemande)				158,36	1/10/1888-1919/1947	AD 57 15AL807
METZ PdM 2 (station actuelle)	159,01				1919/1947 -	Banque Hydro / Archives DREAL

Le site de Metz Pont des Morts fait partie des emplacements emblématiques de la rivière Moselle et de nombreux repères de crue y ont été marqués (figure 78). Ces repères de crue constituent un élément important dans la sensibilisation au risque inondation car c'est un repère visuel pour la population. Aussi, les repères de crue renvoient à une donnée importante en hydrométrie, à savoir l'altitude de l'eau au moment du pic de crue. Sur le Pont des Morts, les niveaux des grandes crues des deux derniers siècles sont repérés : avril et mai 1983, décembre 1982, janvier 1955, décembre 1947, décembre 1919, novembre 1910 et février 1844. Pour chacune de ces années on dispose donc de l'altitude de l'eau, ce qui permet, par soustraction de la hauteur fournie par un document historique, d'en déduire le zéro de l'échelle théorique utilisée à l'époque de la mesure (tableau 9).

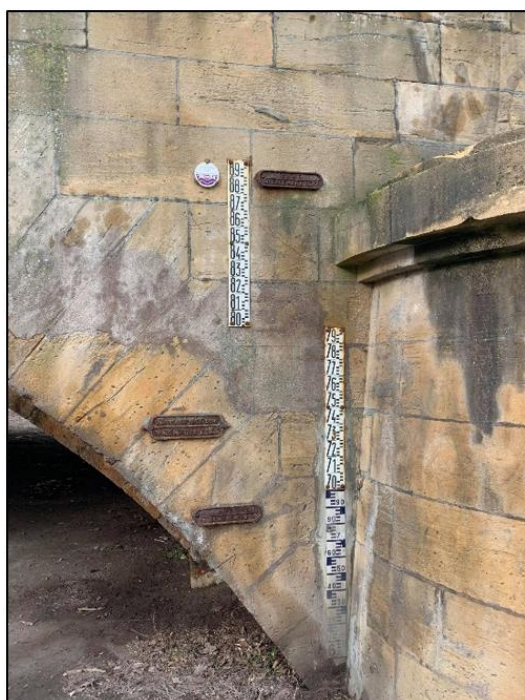


Figure 78 - Repères de crue au Pont des Morts à Metz. Source : Bonnot E. (2021).

Tableau 9 - Recherche du 0 de l'échelle théorique à partir des repères de crues.

Crue historique	Altitude du repère (NGF 69)	Hauteurs observées (m)	0 échelle théorique (NGF 69)
1844	166,45	7,2	159,25
1910	166,16	6,94	159,22
1919	166,46	7,2	159,26
1947	167,89	8,9	158,99
avr-83	166,69	7,63	159,06
mai-83	166,06	7,02	159,04

Cette démarche permet d'identifier des zéros d'échelle théoriques comparables³⁵ pour les crues de 1844, 1910 et 1919 d'une part (zéro théorique moyen de 159,24 m NGF69) et 1947, avril 1983 et mai 1983 d'autre part (zéro théorique moyen de 159,03 m NGF69). Deux échelles auraient donc servi de référence sur le site de Metz :

- Une échelle récente (que nous appelons ici Metz PdM 2), avec un zéro théorique qui varie peu (158,99 à 159,06 m NGF69) et que nous pouvons rattacher à l'échelle actuelle située à 159,01 m NGF69. L'échelle actuelle serait donc utilisée pour la lecture des hauteurs à Metz PdM depuis 1947, au moins ;
- Une échelle ancienne (que nous nommons ici Metz PdM 1) avec un zéro à environ 159,24 m NGF69. D'après les documents d'archives, le zéro de l'échelle ancienne aurait changé à deux reprises (tableau 9), mais les hauteurs avant 1888 semblent avoir été homogénéisées par les gestionnaires allemands sur la dernière échelle (1888-1919), ce qui concorde avec l'analyse précédente (même échelle de 1844 à 1919).

Les hauteurs qui concernent la période 1834-1919 seraient donc à rattacher à l'échelle de Metz PdM 1 et celles d'après 1947 à l'échelle de Metz PdM 2 (figure 79). En revanche, l'échelle de référence utilisée pour les hauteurs relevées entre 1920 et 1946 reste incertaine car il n'a pas été possible de déterminer la date de basculement de l'ancienne échelle allemande (Metz PdM 1) vers l'échelle actuelle (Metz PdM 2) (figure 80).

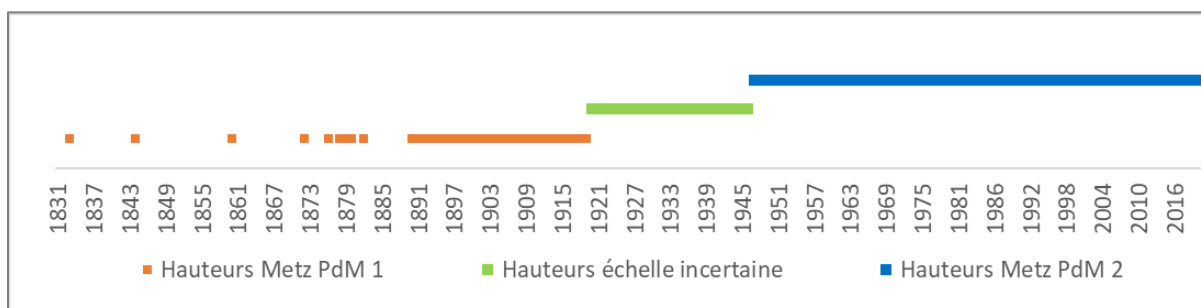


Figure 79 - Hauteurs maximales annuelles disponibles par échelle pour le site de Metz.

³⁵ Les écarts sont considérés comme étant dans la marge d'incertitude

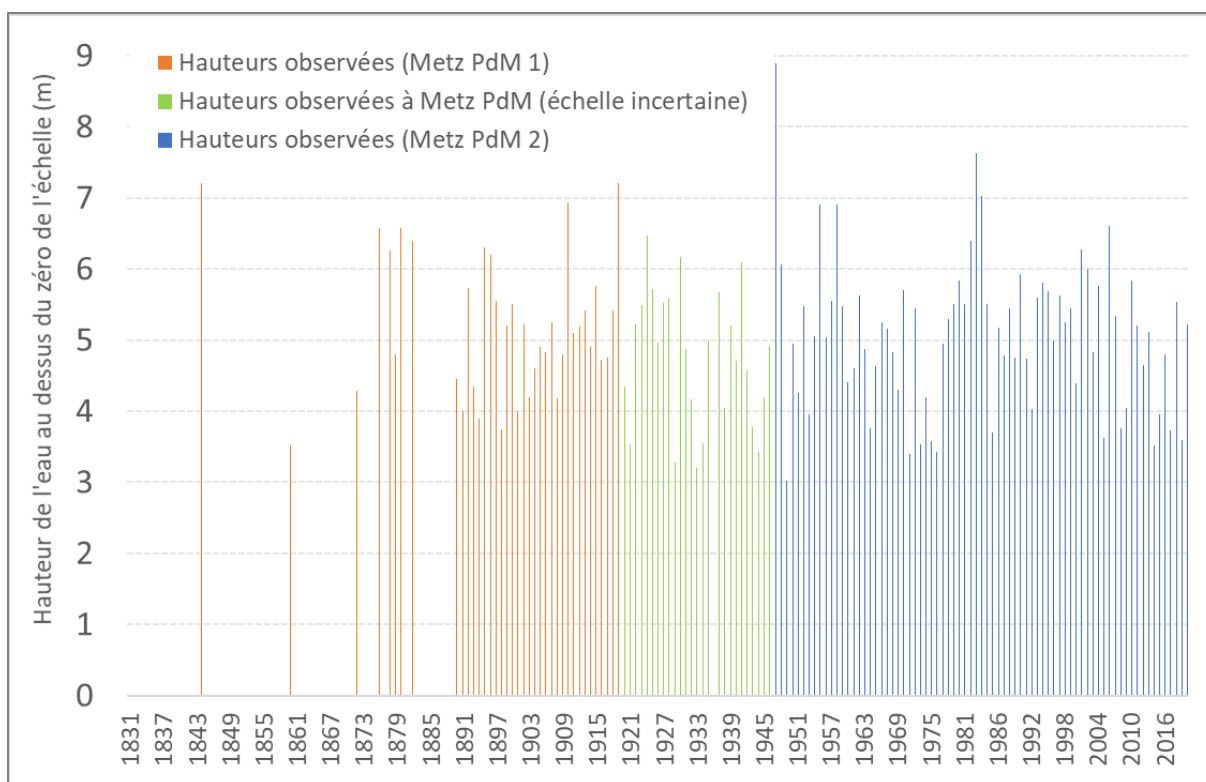


Figure 80 - Hauteurs maximales annuelles observées aux échelles de Metz Pont-des-Morts.

2.2.3. Reconstitution d'une longue série de hauteurs homogènes à Metz PdM

2.2.3.1. Homogénéisation des hauteurs de l'échelle Metz PdM 1 sur l'échelle Metz PdM 2

En comparant l'altitude des zéros des échelles de Metz PdM 1 et PdM 2, on peut en déduire l'écart entre les hauteurs relevées à ces deux échelles :

$$H_{PdM\ 1}^{Metz} = H_{PdM\ 2}^{Metz} + 0,23\ m$$

Cette relation simple se fonde sur différents éléments concordants : (i) l'écart entre les zéros des échelles, (ii) le plan allemand (figure 77) qui montre que l'échelle a uniquement été déplacée de la rive gauche à la rive droite, la section en travers est donc la même, (iii) le recoupement des hauteurs des archives et l'altitude des repères de crue. Nous proposons donc d'homogénéiser les hauteurs à partir de l'échelle actuelle, à savoir Metz PdM 2, en retirant 0,23 m aux hauteurs relatées à Metz PdM 1. Pour la période 1920-1946, l'incertitude concernant l'échelle utilisée nous contraint à garder deux hauteurs (celles de Metz PdM 1 et de Metz PdM 2, ce qui aboutit à une valeur minimale et à une valeur maximale) pour toutes les années de cette période.

Finalement, la série de Metz Pont des Morts a donc pu être homogénéisée sur toute la période 1834-2020. Les données sont ponctuelles avant 1890 mais quasiment continues à partir de cette date (figure 81).

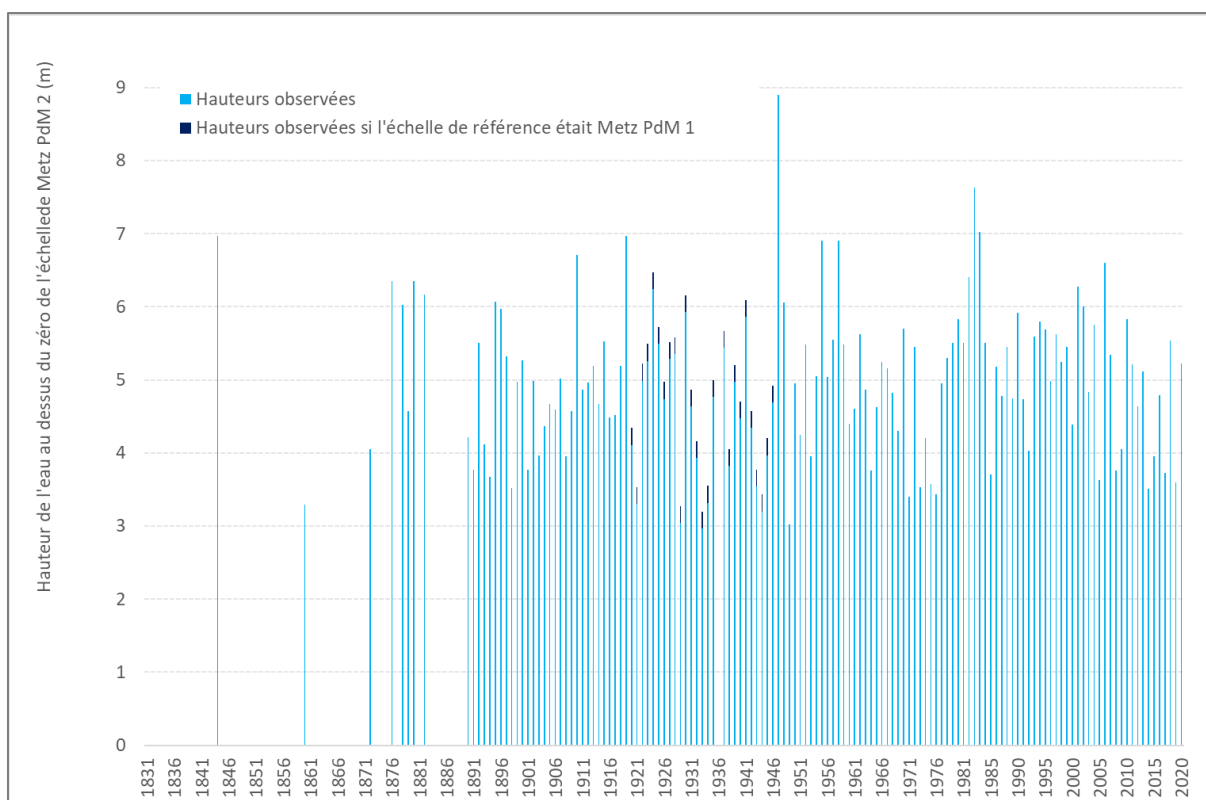


Figure 81 - Série de hauteurs maximales annuelles observées : période 1834-2020 homogénéisée sur l'échelle de Metz PdM 2. Pour la période 1920-1946, l'incertitude sur l'échelle de référence est représentée par une double couleur sur les verticales : en bleu clair il s'agit des hauteurs si l'échelle de référence utilisée à l'époque était Metz PdM 2, en bleu foncé s'il s'agissait de Metz PdM 1

2.2.3.2. Estimation des hauteurs de crue pour les années manquantes

Les lacunes sont nombreuses avant 1890, ainsi nous proposons de combler la série à partir de **corrélations avec l'échelle de Besch**. Les sites de Millery/Custines ou d'Uckange ne sont pas utilisés car ils n'auraient permis d'estimer qu'une dizaine de hauteurs supplémentaires à Metz, alors que la longue série de Besch (remplacée par la station de Perl en 1974) est continue sur la période 1831-2020 (figure 82).

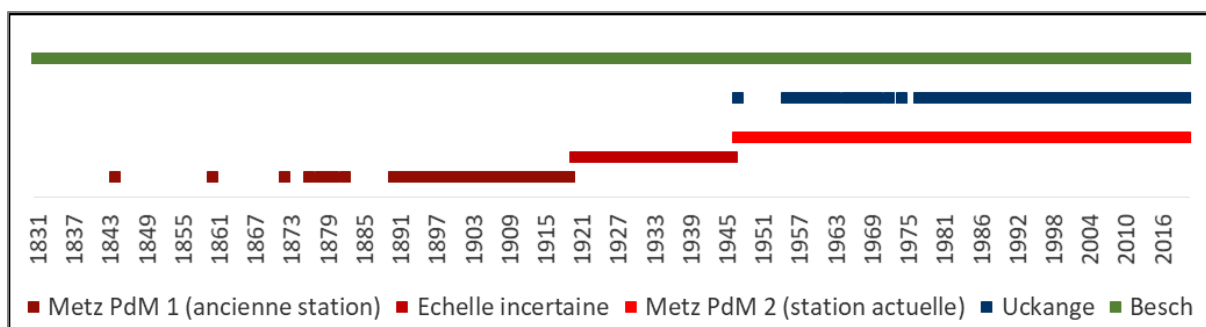


Figure 82 - Données disponibles pour une corrélation aux sites proches de Metz.

La figure 83 présente la corrélation entre les hauteurs à Metz Pont des Morts 2 et Besch, où un point représente le même pic de crue à Metz et à Besch. La période 1920-1946 n'est pas incluse dans la corrélation en raison de l'incertitude sur les hauteurs durant cette période. La corrélation est effectuée sur 58 événements.

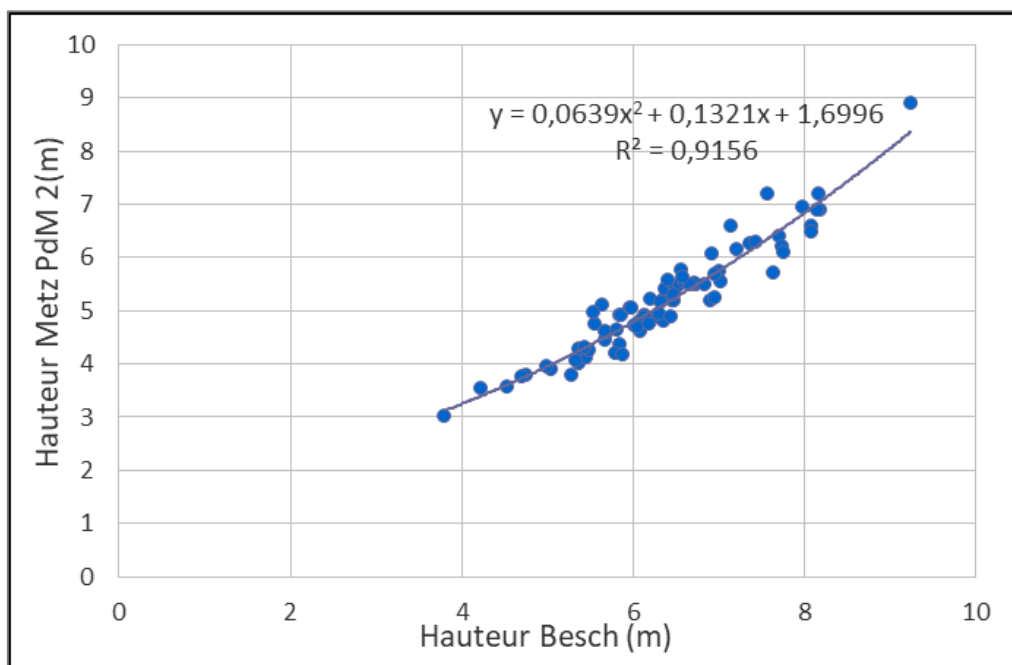


Figure 83 - Corrélation entre les hauteurs de crue à Besch et Metz PdM 2 homogénéisées (1844-1919 ; 1947-1969). Il a été vérifié que les hauteurs corrélées correspondent bien au même pic de crue. Les hauteurs pour lesquelles la pointe de crue a un écart de plus de deux jours entre Metz et Besch ont été supprimées. De même que pour Uckange vs. Besch, la corrélation repose sur des hauteurs instantanées à Metz et journalières à Besch.

La corrélation hauteurs-hauteurs étant de bonne qualité, nous proposons une estimation des hauteurs manquantes à Metz PdM 2 (figure 84) à partir de celles observées à Besch.

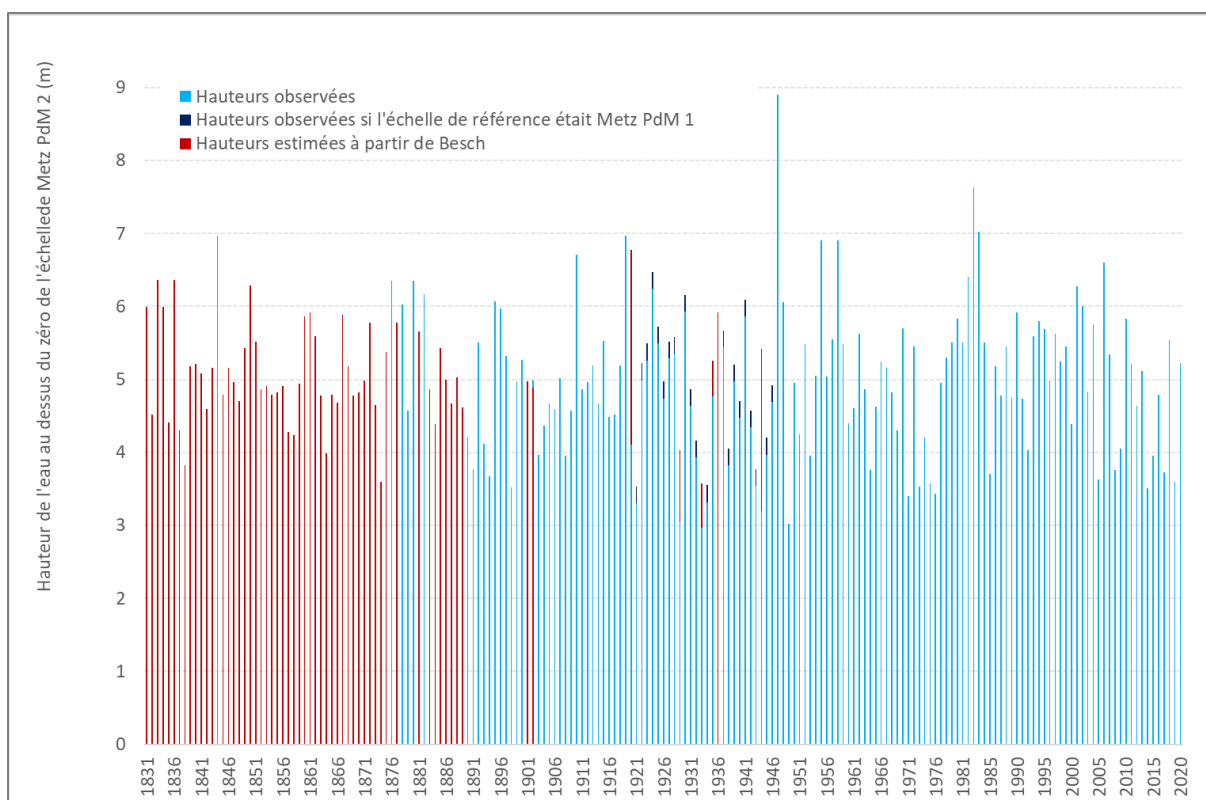


Figure 84 - Série de hauteurs maximales annuelles reconstituées à Metz Pont des Morts 2.

2.2.4. Historique des crues les plus importantes à Metz Pont des Morts

Le travail d'homogénéisation et de reconstitution permet une connaissance quasi continue des crues maximales annuelles depuis 1831. Cette série est évidemment assortie d'un certain nombre d'incertitudes, pour les hauteurs observées de la période 1920-1946 (pour laquelle on ne connaît pas l'échelle qui était utilisée) et pour les hauteurs estimées par corrélation. Mais, comme indiqué plus haut, **puisque l'objectif est d'identifier les événements majeurs et non pas d'estimer avec précision les hauteurs de crue**, ces incertitudes ne devraient pas avoir de répercussions sur les interprétations issues de cette série. En outre, aucune hauteur estimée n'apparaît dans les 10 plus grandes crues à Metz Pont des Morts (figure 85).

Pour conclure, la crue la plus importante sur les 200 dernières années à Metz Pont des Morts est la crue de décembre 1947, crue de référence sur le bassin, avec une hauteur de 8,90 m. Plus d'un mètre en dessous, on retrouve la deuxième crue la plus importante, celle d'avril 1983, à 7,63 m.

On note que **parmi les 10 crues les plus hautes des 200 dernières années à Metz Pont des Morts, la plus récente est celle de 2006, avec une hauteur de 6,60 m soit 2,30 m en dessous de la crue de référence.**

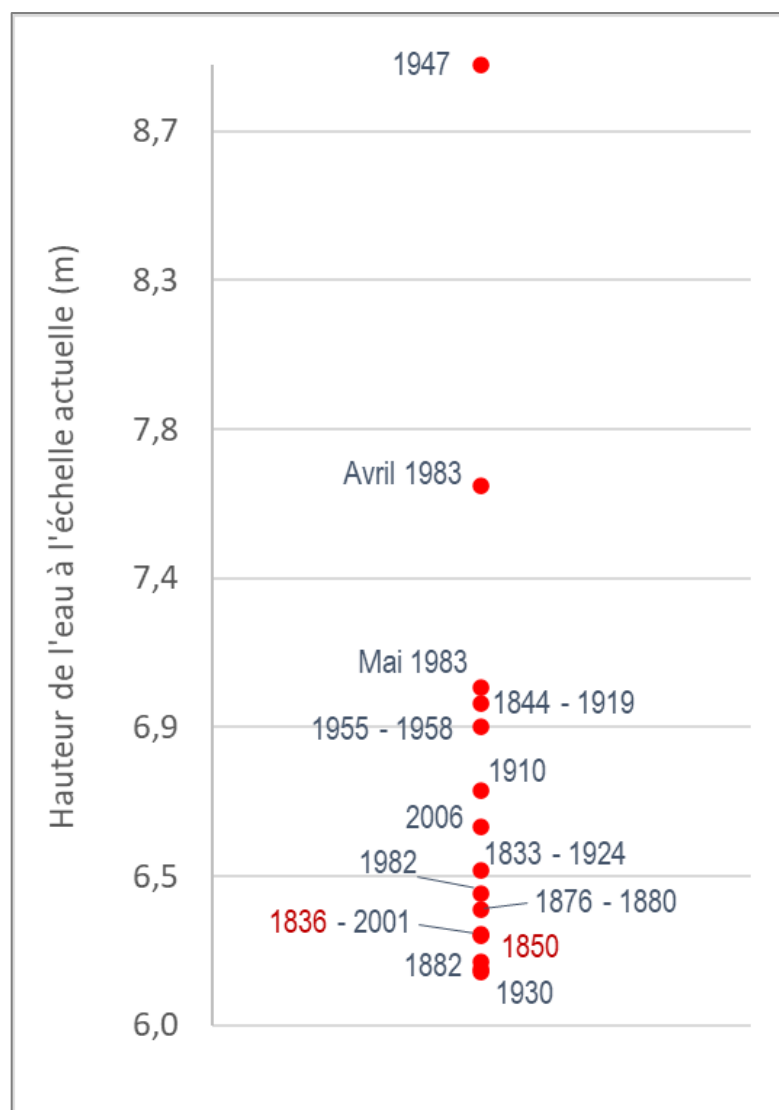


Figure 85 - Crues les plus importantes des deux derniers siècles à Metz Pont des Morts. Les années indiquées en rouge correspondent à des hauteurs estimées. En bleu les hauteurs sont observées.

2.3. Reconstitution d'une série de débits à Custines

2.3.1. Données disponibles à Custines

La méthodologie utilisée pour reconstituer les crues à Custines ne repose pas sur le même modèle que pour Uckange et Metz, car les données disponibles sont différentes (situé en Meurthe-et-Moselle, ce site n'a pas été géré par les services allemands) et car l'historique du site n'a pas pu être retracé de manière précise. L'inventaire des archives hydrométriques disponibles fait état des données suivantes :

- Les données de la station actuelle disponibles sur la Banque Hydro, soit une série continue depuis 1977 (44 années) ;
- Les cahiers de crues du Service de la Navigation qui offrent une série discontinue mais longue de 1922 à 1991, avec 59 événements annuels ;
- Quelques télégrammes du Service de la Navigation couvrant la période 1922-1937, avec trois années manquantes (1929, 1933 et 1934) ;
- 23 hauteurs rassemblées par Von Tein (1905), dispersées entre 1844 et 1900 ;
- Des hauteurs issues de la bibliographie (Frécaut 1971, Zumstein et al. 1985) qui mentionnent les hauteurs des principales crues historiques.

Excepté pour la période récente (deuxième moitié du XX^{ème} siècle), les sources de données ne se recoupent pas (figure 86 et 87), et il n'est pas rare de ne disposer que d'une source pour un événement, empêchant toute vérification de la validité de la hauteur.

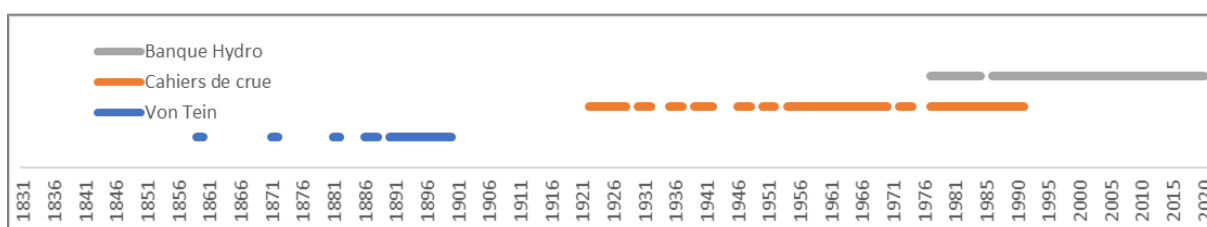


Figure 86 - Hauteurs disponibles par sources principales pour le site de Custines/Millery

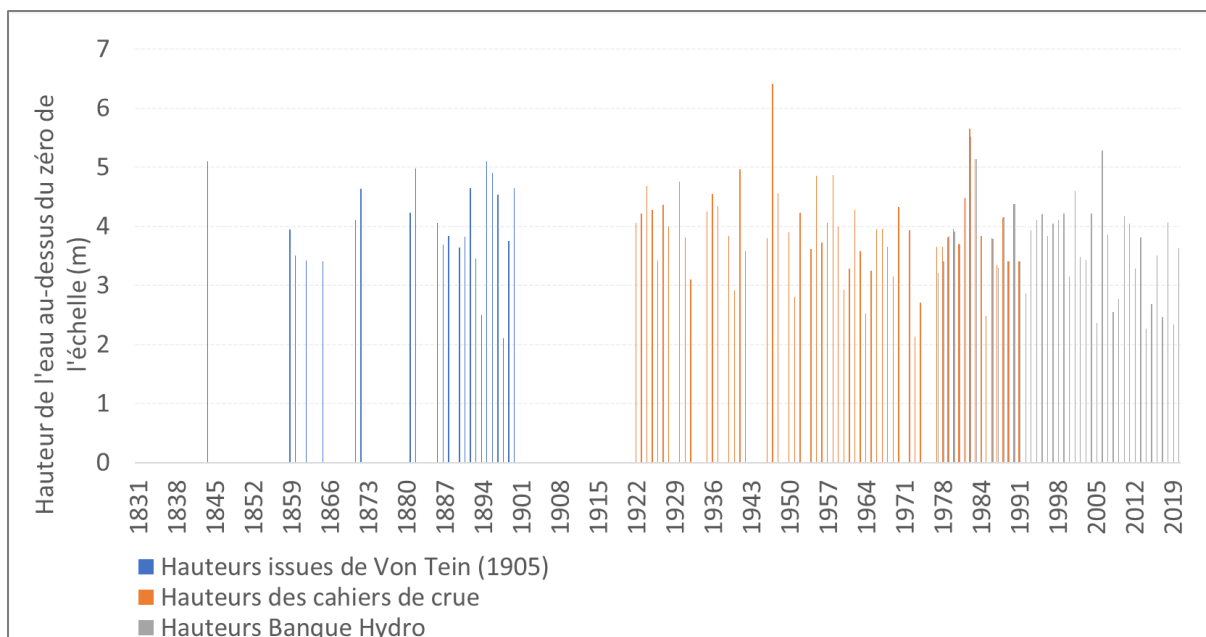


Figure 87 - Hauteurs observées à Custines/Millery. Les hauteurs ont été indiquées selon leurs sources dans la mesure où l'échelle de référence est incertaine, à l'exception des données de la Banque Hydro.

2.3.2. Historique du site de Custines

Le site de Custines porte dans les documents la double appellation « Custines/Millery ». En effet, **une première échelle d'annonce de crue a été installée par le Service de la Navigation au début du XX^{ème} siècle au niveau du barrage de Millery, alors que la station hydrométrique actuelle se situe à Custines, 3 km en amont.** Dans le détail, **l'histoire de ce site est plus complexe et les déplacements ont été nombreux au gré de l'avancement des travaux de canalisation.** L'Hôte (1978) fait ainsi état de deux autres échelles, à Pont-à-Mousson (1962-1963) et à Blénod-lès-Pont-à-Mousson (1964-1970), en remplacement provisoire de l'échelle de Custines/Millery.

Certaines sources dont nous disposons présentent par ailleurs des incohérences. A titre d'exemple, le BfG nous a fourni une courbe de tarage de Millery avec une validité de 1910 à 1940. Or la relation hauteur-débit n'est cohérente avec aucune valeur de la bibliographie ou des données hydrométriques, ce qui laisse à penser qu'il y aurait eu au moins une autre échelle à Millery.

Le tronçon Custines/Millery a par ailleurs subi d'importantes modifications anthropiques : le barrage de Millery a vraisemblablement été construit durant la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle puis reconstruit entre 1931 et 1959 et finalement détruit aux alentours de 1970³⁶. ; le seuil de Custines construit en 1971, a

³⁶ Événements datés par orthophotographies (remonter le temps.fr)

considérablement modifié les écoulements dans ce secteur ; enfin, les travaux de mise à grand gabarit de la Moselle, entrepris au début des années 70, ont également modifié le lit de la Moselle. L'historique des aménagements sur ce secteur a pu être retracé grâce aux précieuses informations données par Jean Abèle (ancien Directeur adjoint territorial de VNF Nord-Est) que nous remercions sincèrement.

La reconstitution d'une série de hauteurs homogènes n'a donc pas pu être envisagée sur le site de Custines. En revanche, sa localisation en aval de la confluence avec la Meurthe a permis de proposer des valeurs de débits historiques à partir de la somme des débits de la Moselle et de la Meurthe.

2.3.3. Reconstitution d'une série de débits historiques à Custines

Custines se trouve juste à l'aval de la confluence de la Moselle et de la Meurthe (figure 88), deux sous-bassins versants contrôlés par les sites de Toul (qui se situe à l'exutoire du tronçon Moselle amont) et Malzéville (station la plus en aval de la Meurthe). De plus, aucun affluent important ne contribue au débit de la Moselle entre Toul et Custines et entre Malzéville et Custines.

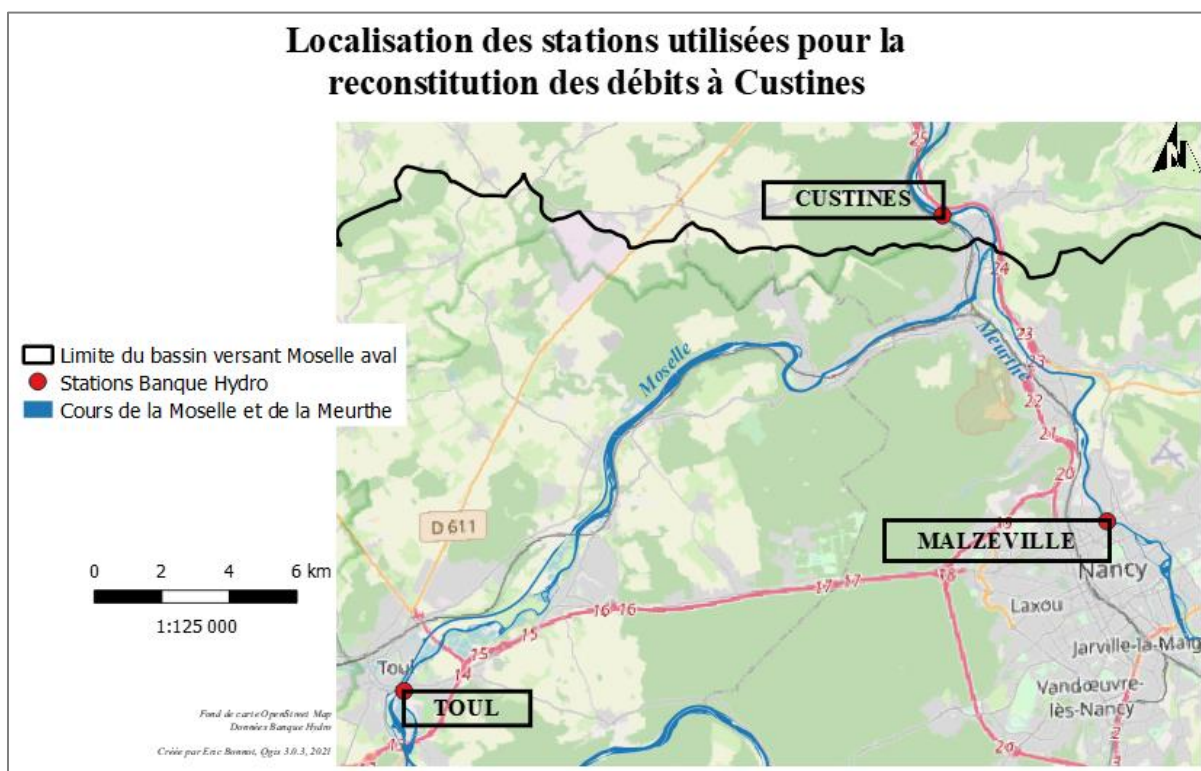


Figure 88 - Localisation des sites utilisés pour la reconstitution d'une série de débits à Custines

Lorsque les pointes de crues de la Moselle et de la Meurthe sont concomitantes, on peut faire l'hypothèse que :

$$Q_{\text{Custines}} \approx Q_{\text{Toul}} + Q_{\text{Malzéville}} \quad \text{Avec } Q \text{ les débits aux différentes stations (m}^3/\text{s)}$$

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons corrélé les débits instantanés à Custines et la somme des débits instantanés à Toul et Malzéville, pour la période récente pour laquelle les débits à ces trois sites sont connus, soit depuis 1977 (figure 89).

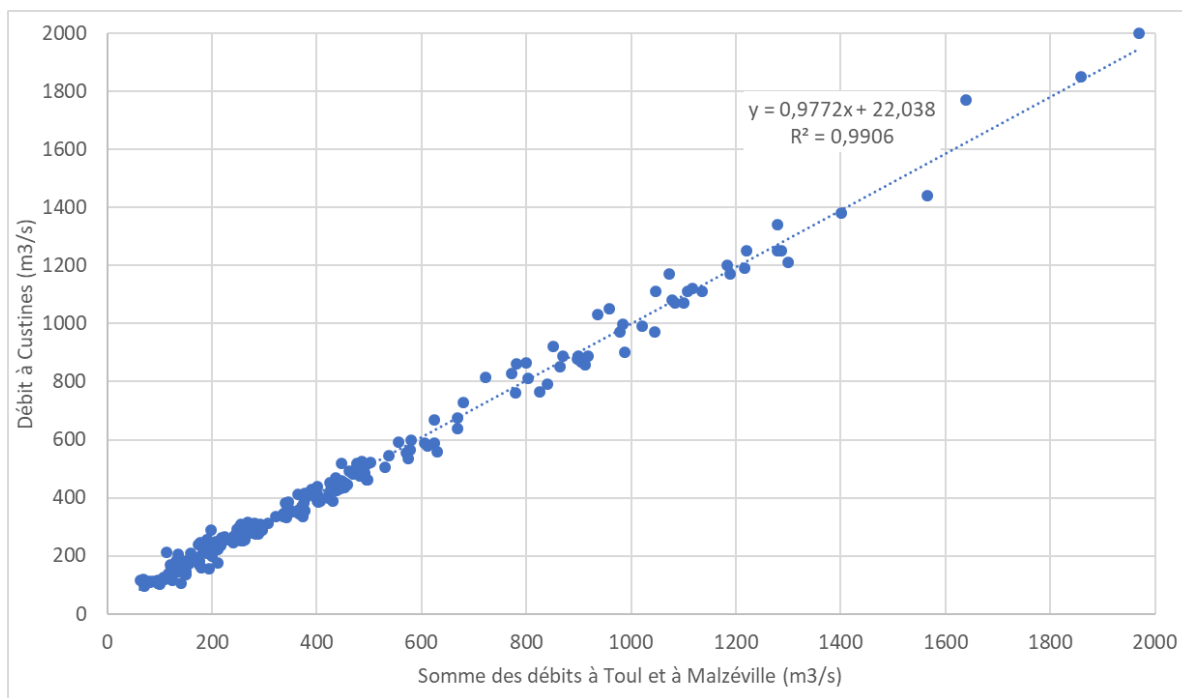


Figure 89 - Corrélation débit Custines / somme des débits Toul et Malzéville (1977-2020). Pour chaque événement, les heures des pointes de crue ont été vérifiées de façon à avoir d'abord la pointe de crue à Toul, puis à Malzéville et enfin à Custines. Aussi, **l'écart entre les pointes de crues à Toul et Malzéville ne dépasse pas 24 heures et n'intervient pas au même moment**, de façon à être certain que la pointe de crue à Custines correspond bien à la concomitance des pointes de crue de la Meurthe et de la Moselle amont.

Sur 207 événements répartis sur plus de 30 ans, une corrélation linéaire se dessine entre les débits à Custines et la somme des débits à Toul et Malzéville. Dans le détail, les débits à Custines sont en moyenne inférieurs de 10 m³/s à la somme des débits à Toul et Malzéville. Cependant, la différence entre les débits va de + 126 à – 130 m³/s. Cette différence reste néanmoins acceptable car sur plus de 200 événements, 85 % ont une différence de débit inférieure à 50 m³/s. De plus, la différence de 50 m³/s reste négligeable car en prenant le 20^{ème} débit le plus important à Custines (1250 m³/s), l'erreur ne représente que 4 % du débit et elle baisse à 2 % pour la crue maximale (2325 m³/s).

Sous réserve d'avoir une concomitance des pointes de crues³⁷, **les débits de crue à Custines peuvent donc être estimés à partir de la somme des débits de la Moselle à Toul et de la Meurthe à Malzéville**. On dispose en effet :

- D'une longue série de débits à Toul reconstituée par Zumstein et al. (1985), quasi-continue depuis 1859, avec 1778 et 1844 également ;
- D'une série des débits historiques à Malzéville reconstituée dans le cadre d'une étude réalisée par le LOTERR pour l'EPTB Meurthe-Madon (LOTERR, 2020), avec une série 1824-2020 relativement discontinue jusqu'en 1919 puis complète.

Cette méthode de reconstitution des débits à Custines par la somme des débits à Toul et à Malzéville permet d'avoir une série quasi complète depuis 1919, ainsi que des débits ponctuels de 1844 à 1910 (figure 90).

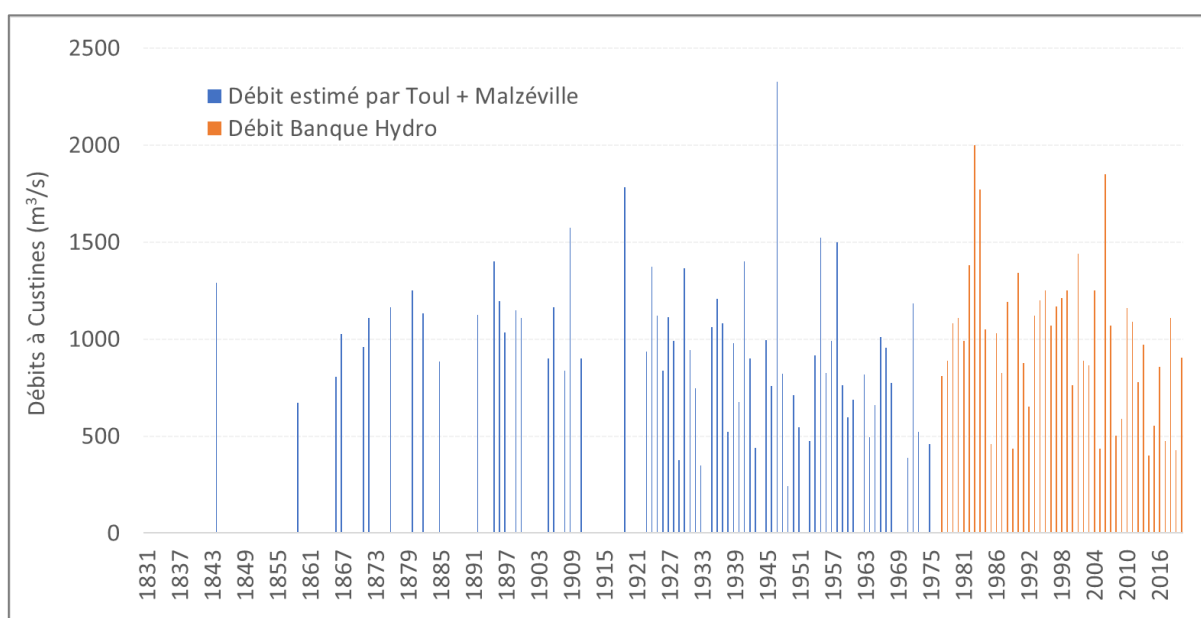


Figure 90 - Série de débits maximums annuels reconstitués à Custines.

³⁷ Les heures des pointes de crue à Toul et Malzéville ne sont pas toujours connues pour la période historique (avant les données Banque Hydro) ; la bonne concomitance des points de crue ne peut donc être garantie et les débits estimés à Custines peuvent dans certains cas être surestimés.

2.3.4. Historique des crues les plus importantes à Custines

La figure 91 présente les débits des crues les plus importantes observées à Custines depuis 1844. On retrouve d'abord la crue de référence du bassin, 1947, avec un débit estimé par cette méthode de plus de 2300 m³/s, puis la crue d'avril 1983 avec un débit observé de 2000 m³/s. En troisième position se situe la dernière crue importante la plus récente, celle de 2006, avec un débit observé de 1850 m³/s. Les crues de 1919 et mai 1983 semblent relativement similaires avec des débits légèrement inférieurs à 1800 m³/s. Enfin, de 1600 à 1400 m³/s, on aurait respectivement les crues de 1910, 1955, 1958, 2001, 1941 et 1895. Il convient néanmoins de rappeler que les valeurs estimées sont à considérer avec beaucoup de prudence en raison de la méthode utilisée.

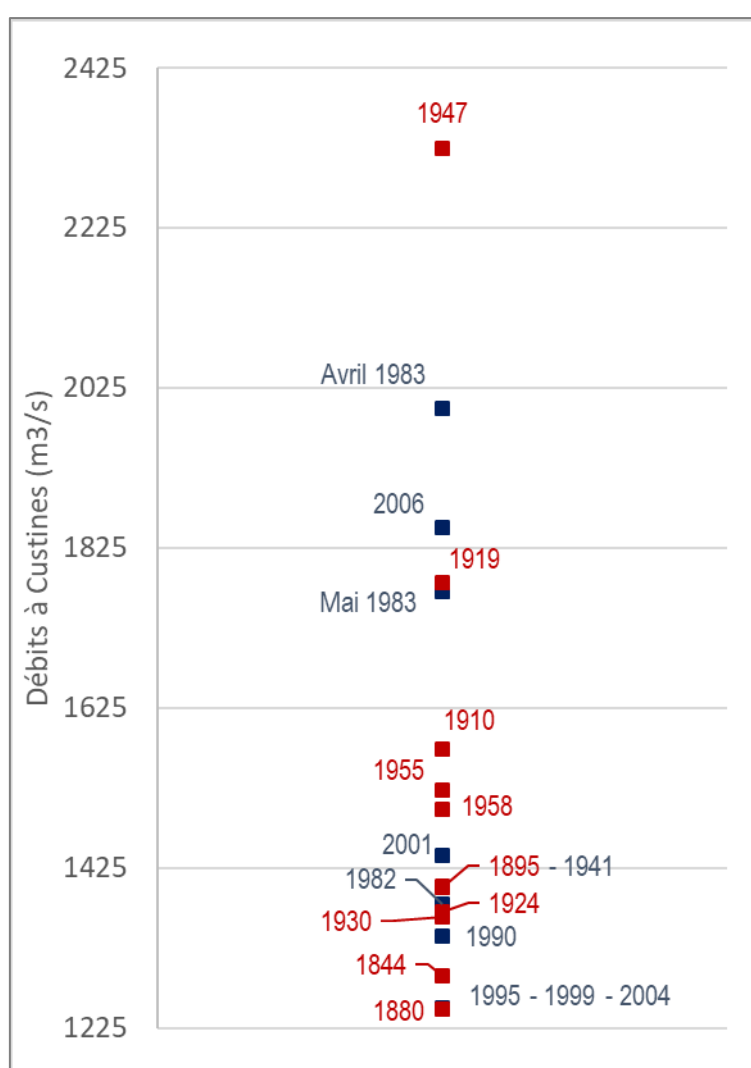


Figure 91 - Crues les plus importantes des deux derniers siècles à Custines. En *bleu* : débits observés ; en *rouge* : débits estimés à partir de la somme des débits à Toul et à Malzéville.

2.4. Les séries de débits de crue de la Seille et de l'Orne

2.4.1. Données disponibles

Comme expliqué plus haut, il n'est pas envisageable de reconstituer des séries de hauteurs ou de débits de crues pour l'Orne et la Seille aussi longues que pour la Moselle, dans la mesure où l'on ne dispose que de peu de données historiques.

Pour l'Orne, les deux stations les plus anciennes sont Boncourt et Rosselange avec des données disponibles à partir de fin 1967 pour les deux. Cependant, considérant que Rosselange est la station la plus en aval de l'Orne, et que Boncourt n'intègre pas les affluents importants de l'Orne (l'Yron et le Woigot principalement), nous retenons la série de débits à Rosselange. D'ailleurs, on peut considérer que la station de Rosselange constitue la mesure du débit total de l'Orne à la confluence, car il n'existe aucun affluent entre la station de Rosselange et la confluence de l'Orne avec la Moselle.

Pour la Seille, la station la plus ancienne est celle qui se situe au pont Lothaire de Metz, les hauteurs d'eau y sont disponibles depuis 1964 et les débits depuis 1971 (figure 92). Elle a été remplacée en 2015 par une nouvelle station, située 30 m en amont de l'ancienne station. De façon analogue à Rosselange pour l'Orne, la station du pont Lothaire est la plus en aval et la plus ancienne de la Seille ; située à 3 km de la confluence avec le bras mort de la Moselle à Metz, elle représente le débit le total de la Seille au niveau de la confluence. De surcroît, les débits de la Seille au pont Lothaire se corrèlent très bien avec les débits des stations plus en amont (El Ghachi, 2007). L'analyse s'appuie donc uniquement sur les débits de la Seille au pont Lothaire.

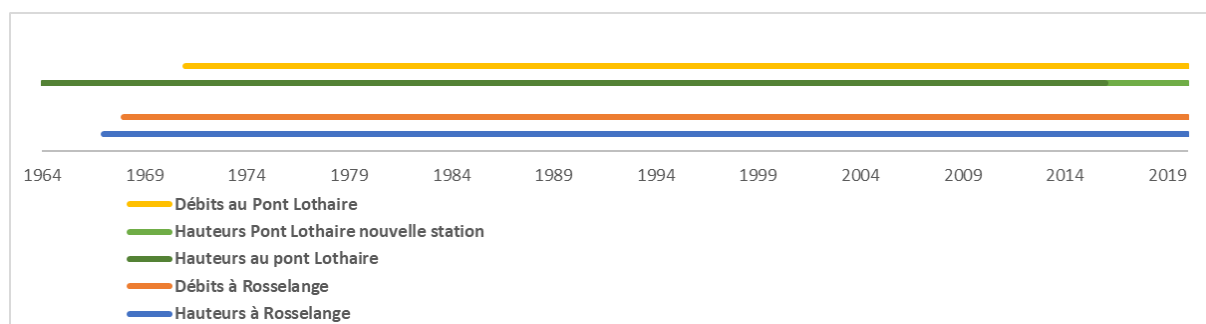


Figure 92 - Disponibilité des données instrumentales aux stations aval de la Seille et de l'Orne.

2.4.2. Historique des crues les plus importantes de la Seille et de l'Orne depuis 1968

Après extraction des débits maximums instantanés à Rosselange depuis 1968 (figure 93), il apparaît que **c'est la crue de 1993 qui est la plus importante sur la période 1968-2020, avec un débit de 318 m³/s.** Les principales crues de cette période sont par ordre décroissant : décembre 1993, février 1990, janvier 1995, octobre 1981 et février 1997.

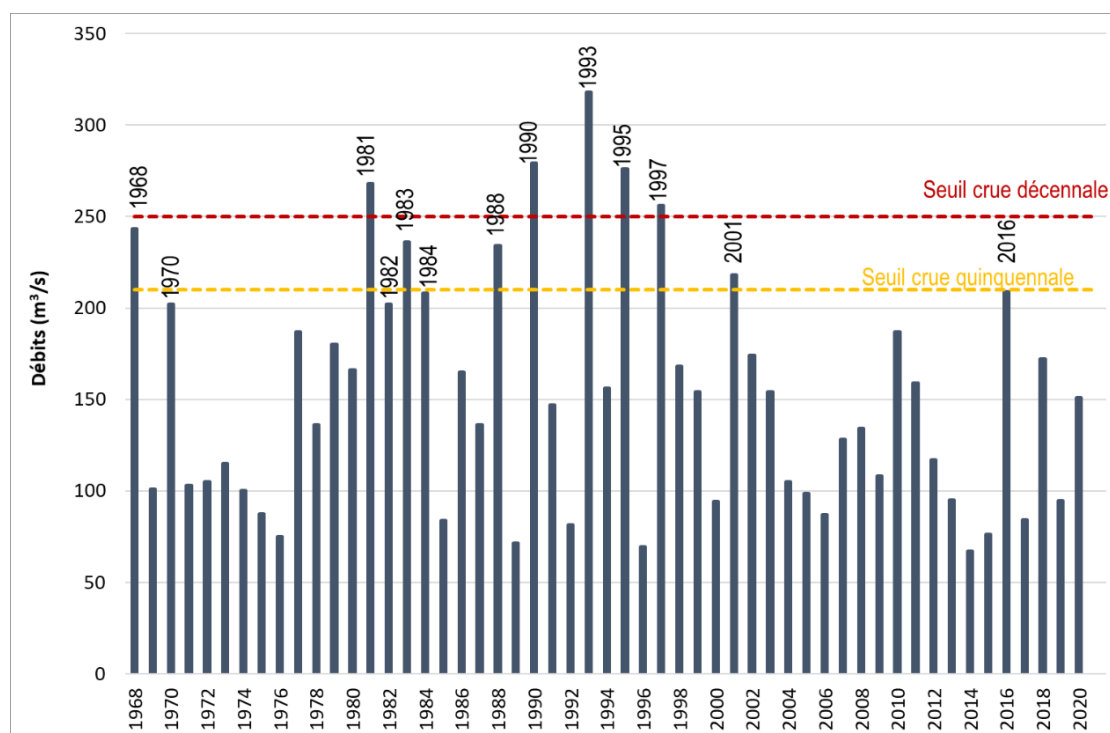


Figure 93 - Débits maximums instantanés de l'Orne à Rosselange. Avant 1979, les données de l'Orne à Rosselange sont incomplètes. Les débits de la période 1968-1978 peuvent donc ne pas correspondre au débit maximum de l'année. Nous avons néanmoins fait le choix d'inclure cette période afin de faire apparaître les événements de janvier 1968 et mai 1970 pour lesquels les débits atteints sont élevés.

Concernant les crues de la Seille (figure 94), la plus importante de la période 1971-2020 semble³⁸ être celle de 1997 avec un débit de 174 m³/s. Les crues les plus importantes sont, par ordre décroissant : février 1997, mai 1983 (incertitude sur la donnée), décembre 1993, octobre 1981, décembre 2001, janvier 2002, décembre 2010, février 1979 et février 1990.

³⁸ Certaines années sont manquantes, notamment l'année 1983, ou incomplètes

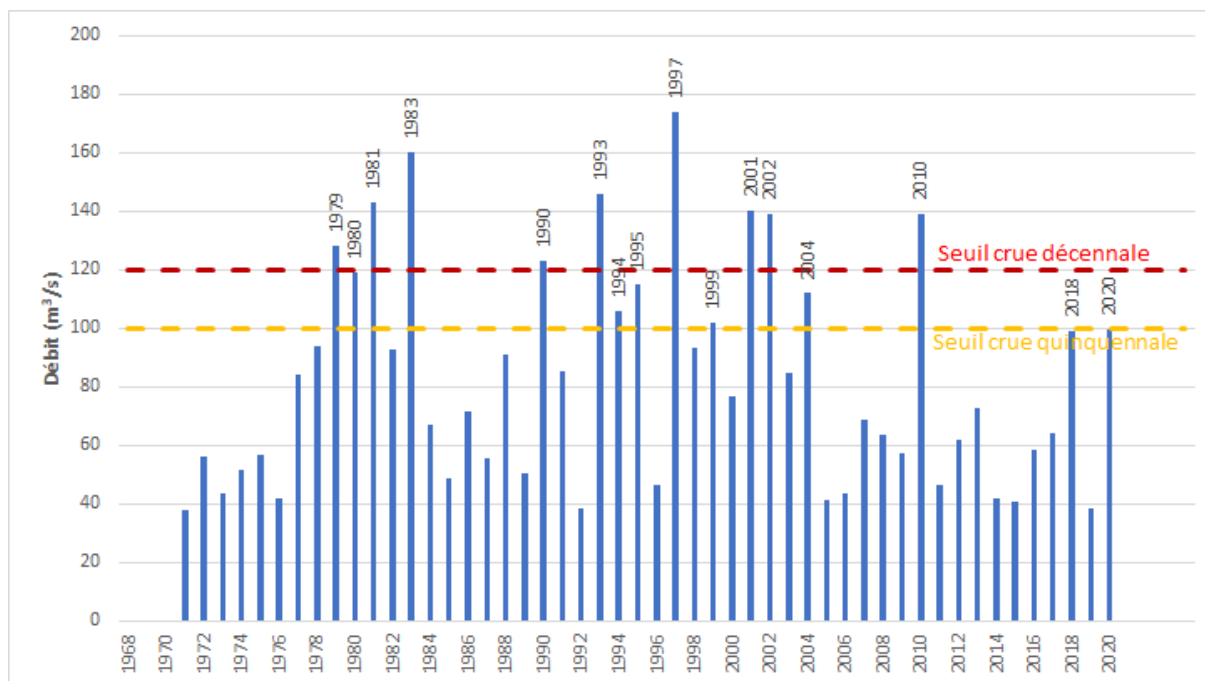


Figure 94 - Débits maximums instantanés de la Seille au pont Lothaire. Une incertitude demeure sur la crue de mai 1983, qui apparaît dans les données de la Banque Hydro alors que la hauteur n'est pas renseignée et qu'aucune autre donnée n'est disponible pour cette année.

Il est important de citer la crue de mai 1970, qui n'apparaît pas ici car on ne dispose pas des débits instantanés, mais en termes de hauteurs (disponibles à l'ancienne échelle de Metz Pont Lothaire depuis 1964), cette crue **semble appartenir aux 10 plus importantes sur la Seille** (elle semble être analogue à celle de février 1979 ou de février 1980). Cet événement est d'ailleurs relativement important sur l'ensemble de la Moselle aval.

En comparant les débits maximums instantanés de l'année pour l'Orne et la Seille (tableau 10) on remarque que les principales crues sont généralement les mêmes. On retrouve par exemple les crues de décembre 1993, d'octobre 1981 ou de février 1995. Cependant, on remarque également que certains événements sont plus localisés. C'est le cas par exemple de la crue de mars 1988 sur l'Orne (8^{ème} plus importante depuis 1968), tandis que pour la Seille, cet événement est inférieur à une crue quinquennale. De même pour janvier 2002 sur la Seille (7^{ème} crue la plus importante depuis 1971), alors que pour l'Orne cette crue est inférieure à une crue biennale.

Tableau 10 - Débits de pointe des crues les plus significatives enregistrées depuis 1968 sur l'Orne et la Seille. En **gras** les débits parmi les 10 plus importants de la station et entre parenthèse le rang ; si le rang n'est pas indiqué, le débit ne correspond pas au maximum annuel.

	Débit instantané maximum de l'Orne à Rosselange (m³/s)	Débit instantané maximum de la Seille à Metz Pont Lothaire (m³/s)
Janvier 1968	243 (6)	<i>n.d.</i>
Février 1979	110	128 (8)
Février 1980	166 (21)	119 (10)
Octobre 1981	268 (4)	143 (4)
Avril 1983	236 (7)	<i>n.d.</i>
Mai 1983	227 (9)	160 (2)
Mars 1988	234 (8)	87
Février 1990	279 (2)	123 (9)
Décembre 1993	318 (1)	146 (3)
Janvier 1995	276 (3)	115 (11)
Février 1997	256 (5)	176 - 174 (1)
Décembre 2001	218 (10)	140 (5)
Janvier 2002	75	139 (7)
Décembre 2010	187 (16)	139 (6)

Synthèse sur les séries historiques reconstituées sur la Moselle aval

Les données hydrométriques ont abouti à une première reconstitution des crues de la Moselle (Metz PdM 2, Uckange 3 et Custines), de l'Orne (Rosselange) et de la Seille (Metz pont Lothaire). La figure 95 présente pour chaque site retenu, les hauteurs maximales annuelles relevées. A ce stade de l'étude, il paraît important de préciser que :

- Les années sans donnée de hauteur doivent être considérées comme des années lacunaires, et non comme des années sans événement grave ;
- Certaines années peuvent être incomplètes dans les séries des archives, ce qui signifie que les hauteurs maximales peuvent ne pas correspondre au maximum de l'année si des données sont manquantes ; il s'agit du maximum extrait des données existantes ;
- Certaines hauteurs proviennent d'estimations et non d'observations, induisant des incertitudes sur les valeurs proposées.

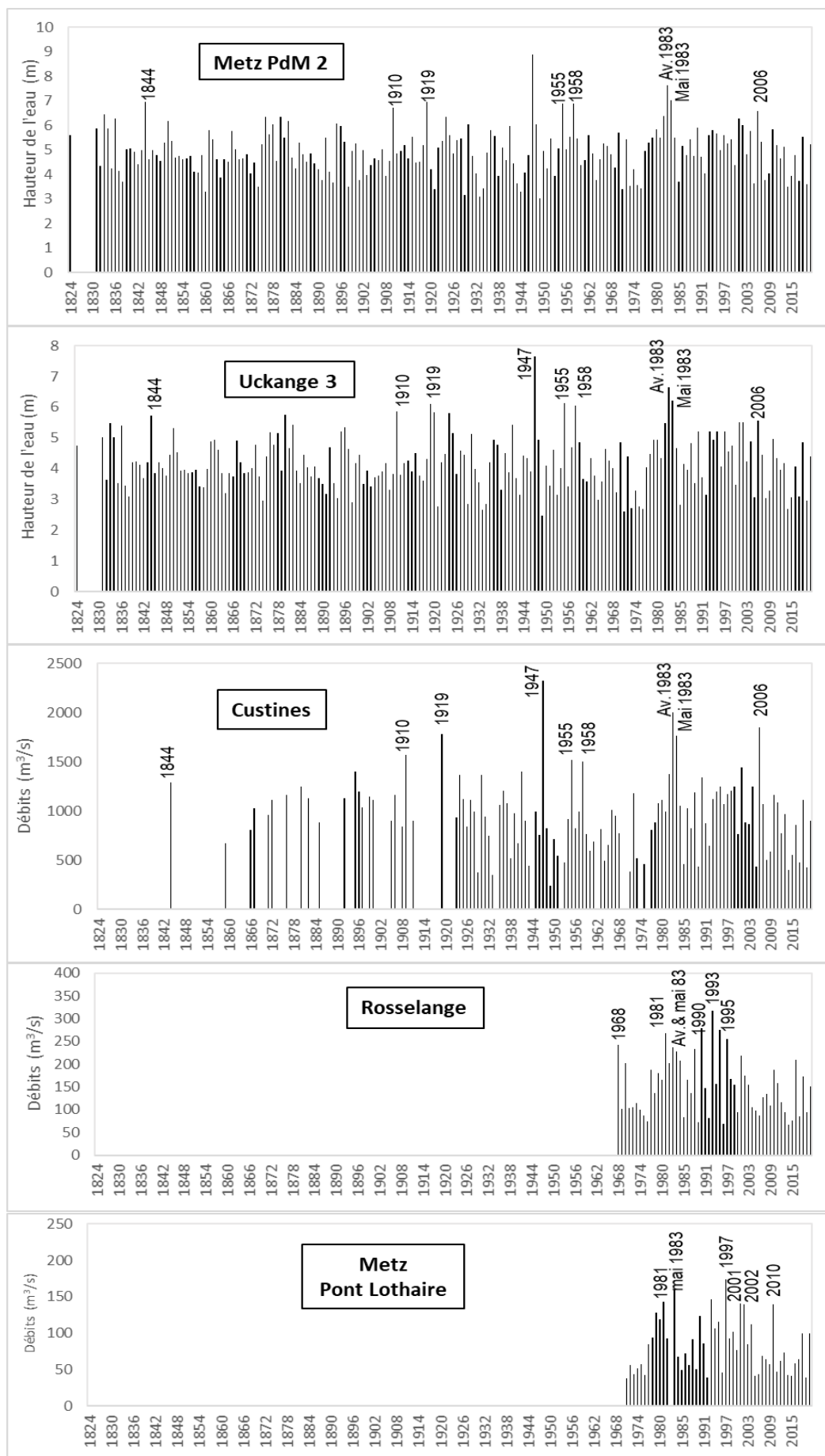


Figure 95 – Séries de hauteurs maximales annuelles reconstituées aux sites du périmètre Moselle aval. Les verticales représentent la hauteur maximale de l'année au droit de chaque site. Les hauteurs des années sans crue majeure ne correspondent donc pas forcément au même événement selon les sites. Pour les événements les plus importants, que nous reprenons en figure 96, les hauteurs correspondent en revanche bien à la même onde de crue.

La figure 96 présente une synthèse des crues les plus significatives sur le bassin de la Moselle aval, d'après les données hydrométriques. Les périodes disponibles pour la reconstitution des hauteurs n'étant pas toujours les mêmes entre les différents sites, certains épisodes n'apparaissent donc pas à certains endroits, pas forcément en raison de l'absence d'événement majeur, mais en raison de la période couverte par les données. La figure permet de mettre en évidence plusieurs crues significatives sur les deux derniers siècles :

- Au XIX^{ème} siècle, on identifie les crues de décembre 1833, décembre 1836, février 1844, février 1850, janvier 1880 et décembre 1882 ;
- Au XX^{ème} siècle, on retient les événements de novembre 1910, décembre 1919, novembre 1924, octobre 1930, décembre 1947, janvier 1955, février 1958, décembre 1982, avril 1983 et mai 1983.
- Au XXI^{ème} siècle, deux crues importantes se sont déroulées, en décembre 2001 et octobre 2006.

Sur ces 18 événements :

- 12 se sont déroulés en période hivernale (7 en décembre, 2 en janvier et 3 en février). Les crues hivernales, largement prédominantes, correspondent dans la plupart des cas à des crues de hautes eaux à caractère pluvial.;
- 4 à l'automne (2 en octobre et 2 en novembre) ;
- et 2 au printemps (avril et mai).

En saison automnale et printanière, les événements appartiennent respectivement aux crues de fin de basses eaux et crues de fin de hautes eaux, d'après la typologie des crues établie en 1994 (AREA et CEGUM, 1994). La genèse de ces événements sera abordée dans le cadre des descriptions monographiques des événements les plus significatifs (annexe 6).

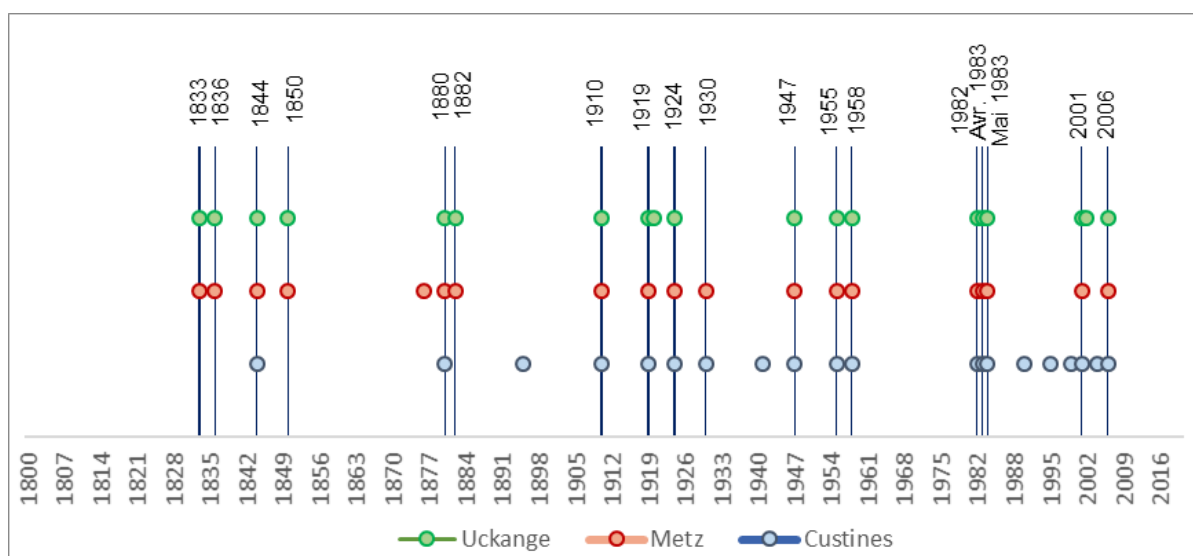


Figure 96 - Crues les plus importantes de la Moselle aval au cours des deux derniers siècles, selon les données hydrométriques. Les points indiquent les crues les plus importantes identifiées à chaque site ; les verticales indiquent les événements pour lesquels au moins deux sites présentent un événement significatif.

Les chroniques récentes des crues de l'Orne et de la Seille ne permettent pas, à ce stade, de comparer l'intensité des événements historiques avec ceux de la Moselle. Pour la période récente pour laquelle on dispose de données sur l'Orne et la Seille, on retrouve les événements d'avril et mai 1983³⁹, ainsi que la crue de décembre 2001. On note également une importante série de crues significatives durant les années 1990 : février 1990, décembre 1993, janvier 1995 et février 1997. Ces quatre crues, même si elles n'apparaissent pas parmi les événements les plus importants des deux derniers siècles sur la Moselle aval, montrent des hauteurs relativement élevées à la station d'Uckange, située après la confluence de ces deux affluents. Enfin, on constate que la crue d'octobre 2006 n'a pas été importante sur l'Orne et la Seille. En effet, cet événement a été particulièrement fort dans le bassin amont de la Moselle et tout particulièrement sur les sous bassins versants de la Meurthe et du Madon.

³⁹ On ne possède pas de valeur de débit pour la crue d'avril 1983 sur la Seille, mais des documents internes de la DREAL Grand Est l'indique comme étant un événement important

Chapitre 5. L'apport des sources documentaires dans la connaissance des crues historiques

1. La reconstitution des crues historiques à partir des données instrumentales et documentaires

1.1. La collecte des données documentaires

Les sources documentaires qui témoignent d'un événement⁴⁰ sont rassemblées dans une base de données en format Excel fournie au Syndicat Mixte Moselle Aval en complément de cette étude. Les données y sont organisées selon la structure présentée en figures 97 et 98. Les différentes rubriques et la structure de la base ont été réfléchies dans le cadre d'un projet de recherche plus global sur les crues et les étiages de la Moselle piloté par le LOTERR⁴¹.

TYPE DE SOURCE	TYPE D'EVENEMENT	SOUS-CATEGORIE	ANNEE	MOIS	JOUR	CITATION	SOURCE	LIEU	COURS D'EAU
----------------	------------------	----------------	-------	------	------	----------	--------	------	-------------

Figure 97 - Structure de la base de données événements.

La première colonne du tableau indique le type de source, c'est-à-dire la nature du document d'où est extrait l'information recueillie (document d'archive, article, ouvrage, donnée - cette catégorie concerne les données instrumentales -, article de presse, etc.). Les colonnes « Type d'événement » et « Sous-catégorie » font référence au type d'événement décrit par le document ; plusieurs sous-catégories sont associées à chaque type d'événement et les liens entre ces deux rubriques ainsi que les différentes catégories sont présentés en figure 98. Les colonnes « Année », « Mois », « Jour » renvoient la date de l'événement. La colonne « Citation » rassemble le texte décrivant l'événement. La colonne « Source » indique la référence bibliographique du document. Les colonnes « Lieu » et « Cours d'eau » précisent le lieu de l'événement (par exemple une commune) et/ou le cours d'eau concerné. Les recherches reposent sur les documents qui figurent dans l'état général des sources. Au total, plus de 1000 textes ou citations bancarisés dans cette base de données ont permis d'identifier 99 événements sur la période 1700-2020.

⁴⁰ Nous distinguons l'événement de « crue », qui étymologiquement provient du latin *crescere* signifiant « croître, grandir », de l'inondation : le terme de crue est ainsi réservé à tout événement lié à l'augmentation du débit d'un cours d'eau et ne génère pas forcément une inondation. L'inondation correspond au débordement du cours d'eau dans le lit majeur et constitue les événements recherchés dans le cadre de cette étude.

⁴¹ Projet RECRET (REconstitution des CRues et des ETiages de la Moselle)

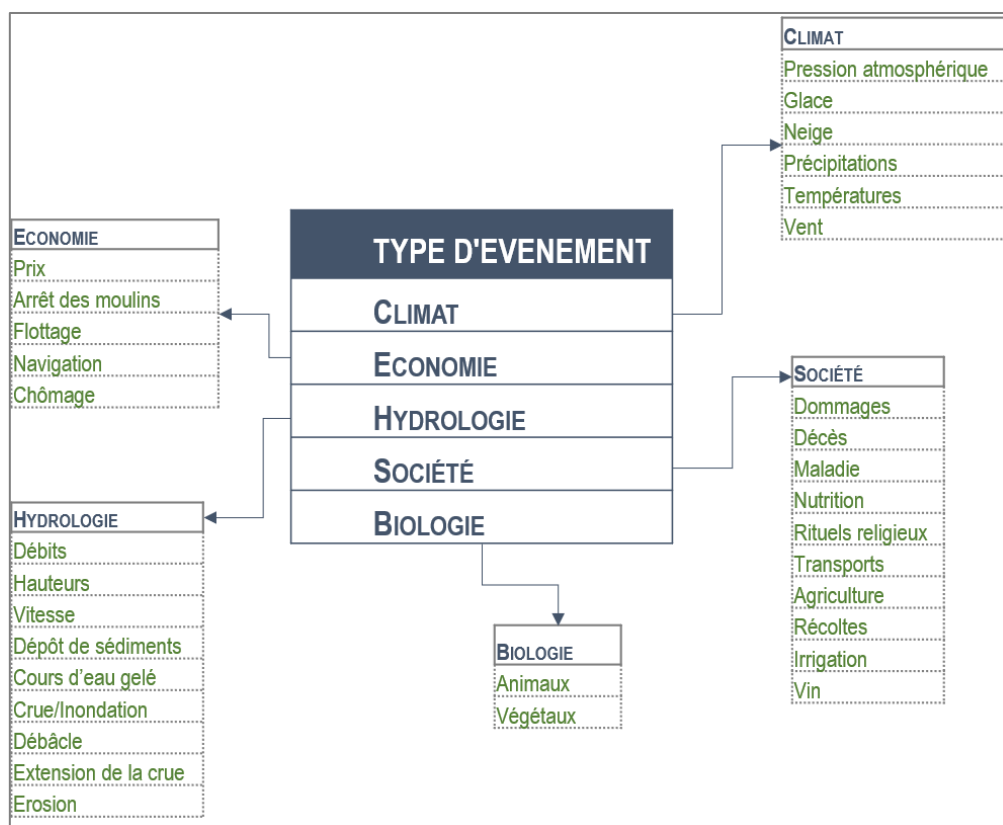


Figure 98 - Types d'événements et sous-catégories associées.

1.2. Classification des événements de crue

Ces données qualitatives permettent d'établir un inventaire et une classification des crues ayant impactées le territoire de la Moselle aval. La classification des événements repose sur la méthodologie HISTORISQUE, qui définit trois catégories en fonction de la nature et de l'importance des dégâts (Lang et al. 1998) :

- **Classe 1 : événements faibles à moyens** : cours affecté en partie ou totalement ; quelques mètres linéaires d'ouvrages touchés ; inondation possible de certains secteurs ;
- **Classe 2 : événements grands à très grands** : cours affecté totalement ; berges submergées en plusieurs endroits ; destruction des infrastructures – digues, routes –, qui dépasse la centaine de mètres, piles et culées des ponts attaquées ou surcreusées, zones inondées, indices de transports solides importants ;

- **Classe 3 : événements exceptionnels** : ensemble du cours touché, infrastructures détruites sur plusieurs centaines de mètres, ponts emportés, zones inondées très importantes, témoignages d'une importante transformation de la morphologie fluviale.

L'étude des inondations historiques réalisée dans le cadre de ce projet porte sur le territoire de la Moselle aval. La partie amont du bassin versant, située dans le massif des Vosges, peut être concernée par des processus de genèse de crue bien spécifiques, du fait des influences nivales, des précipitations plus abondantes et des pentes relativement fortes dans ce secteur. La configuration géographique et l'importante superficie du bassin versant de la Moselle française (plus de 10 000 km²) impliquent également la genèse d'événements parfois très localisés. Ainsi, si certains épisodes ont bien pu affecter uniquement une partie du bassin versant, **les sources documentaires qui décrivent des dégâts ne permettent pas toujours de déterminer avec certitude si l'inondation a été localisée ou généralisée à l'ensemble du bassin, incluant donc la partie aval** qui nous intéresse (par exemple le débordement d'octobre 1930, très bien décrit en Meurthe-et-Moselle et dans les Vosges, mais quasi inexistant dans les sources documentaires de Moselle).

Pour cette raison, **la classification des événements réalisée à partir des sources documentaires, sur la base de la méthode HISTORISQUE, a été couplée aux séries de hauteurs de crue reconstituées. Le règlement d'annonce de crue de 1953 (Préfecture de la Moselle, 1953) a notamment été utilisé pour déterminer les niveaux de débordement et de crue grave au niveau de l'échelle du barrage d'Uckange.** Ce règlement d'annonce de crue indique trois cotes, qui étaient lues à l'échelle du barrage d'Uckange (appelée Uckange 2 dans le cadre de cette étude). Elles ont été ramenées à l'équivalent en hauteur au niveau de l'échelle d'Uckange 3 afin de pouvoir être comparées à la série de hauteurs reconstituée à Uckange. **Les cotes sont les suivantes :**

- **Cote de surveillance** à 2,8 m à Uckange 2 (soit 2,9 m à Uckange 3) ;
- **Commencement de débordement général** à 3,4 m à Uckange 2 (3,5 m à Uckange 3) ;
- **Cote à partir de laquelle la crue est très grave** à 5 m à Uckange 2 (5,15 m à Uckange 3).

La série des hauteurs de crue reconstituée à Uckange a donc été utilisée ponctuellement et de manière complémentaire dans le cas où les informations documentaires étaient insuffisantes pour classer l'événement. Nous avons considéré la classe 1 de la méthode HISTORISQUE comme correspondant à un débordement, c'est-à-dire une hauteur supérieure à 3,4 m à l'échelle du barrage d'Uckange. La cote de crue très grave va correspondre aux événements de type 2 ou 3, en fonction des dommages recensés et de la hauteur atteinte.

Les recherches documentaires ont permis d'ajouter de la profondeur historique à la chronique instrumentale, en remontant au début du XVIII^{ème} siècle. Elles apportent par ailleurs de précieuses informations sur les impacts et les dommages générés par les événements. La chronologie établie à partir des sources instrumentales et documentaires offre ainsi un aperçu de **l'évolution du risque inondation sur le territoire de la Moselle aval** : le risque inondation se compose en effet par définition de **l'aléa** (c'est-à-dire l'événement hydrologique, dont la sévérité peut être représentée par les séries de hauteurs d'eau) et de **la vulnérabilité** (c'est-à-dire les dommages qui peuvent résulter d'un événement et qui sont renseignés par les sources documentaires).

1.3. Les inondations historiques sur le territoire de la Moselle aval depuis 1700

La chronologie et la classification des inondations présentées dans les figures de synthèse 99 et 100 sont à interpréter avec prudence. En effet, le classement en catégorie 1, 2 ou 3 repose sur des critères définis par la méthode HISTORISQUE ; néanmoins, en fonction des informations disponibles, le choix du type de classe peut être assorti d'une part de subjectivité. Le classement des événements a été réalisé pour cette étude par deux opérateurs différents, puis comparé afin de vérifier la cohérence des catégories proposées et de réduire la part de subjectivité. **Il est par ailleurs très important de préciser que les années sans événement signalé ne peuvent être considérées de manière certaine comme des années sans inondation.** Il s'agit des années pour lesquelles aucune mention à un événement n'a pu être trouvée, ce qui nous conduit à déduire qu'il n'y a probablement pas eu de crue d'ampleur majeure.

La figure 99 présente l'ensemble des événements ayant pu être recensés. La figure 100 permet d'identifier les événements majeurs dont certains font l'objet d'une description monographique présentée en annexe 6.

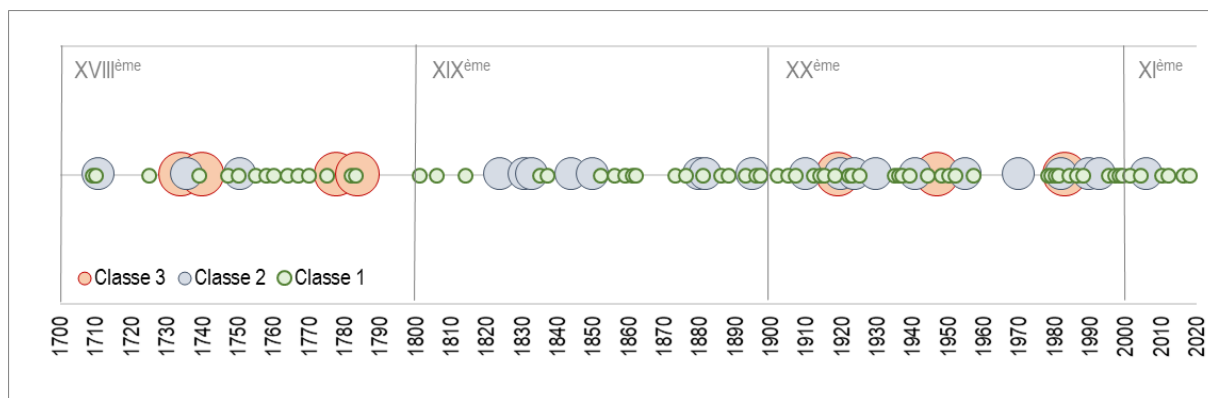


Figure 99 - Les inondations historiques sur le territoire de la Moselle aval depuis 1700, classées selon la méthodologie HISTORISQUE.

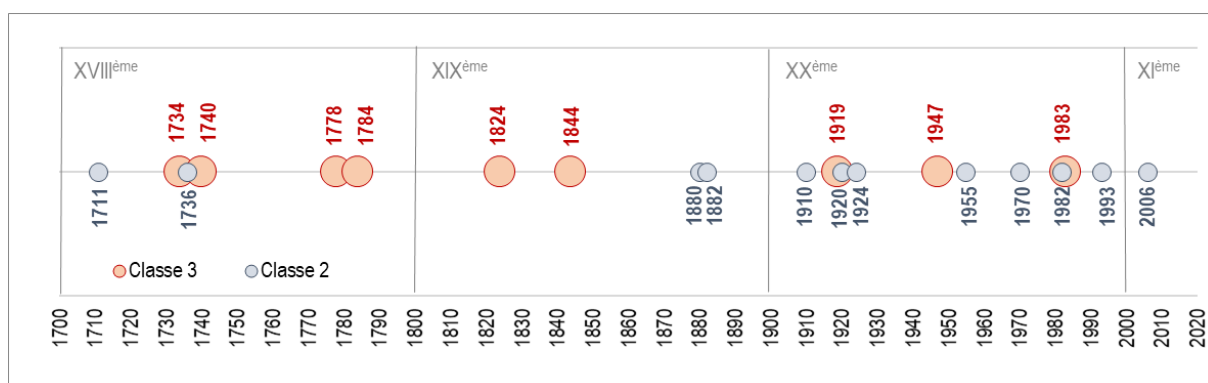


Figure 100 - Événements de classe 2 et 3 proposés pour les descriptions monographiques.

Au regard du classement effectué, 8 événements d'ampleurs exceptionnelles se dégagent :

- D'abord, les inondations catastrophiques du XVIII^{ème} siècle avec **juillet 1734**, qui fut tellement impressionnante que la Moselle creusa un nouveau bras au niveau de Dieulouard (figure 101) (Champion, 1863). Cette crue semble avoir été particulièrement dévastatrice en amont du bassin, particulièrement pour les « scarpinois » (ancien nom des habitants de Dieulouard, Scarpone sous la révolution française). Fait plutôt rare pour le secteur d'étude, la crue provient d'un orage d'été particulièrement violent.

Six ans plus tard, **la crue d'octobre 1740** est également exceptionnelle : on retrouve des bois du port de Pont-à-Mousson à Metz ; sur la Seille, les salines de Dieuze furent touchées. Frécaut (1971) cite cet événement comme étant l'un des plus graves et des plus onéreux du bassin. S'en suit **la crue du 28 octobre 1778**, connue sous le nom de « déluge de la St-Crépin » et qui est particulièrement bien documentée pour l'époque. Elle est encore plus forte que les crues de 1734 et 1740. Quasiment aucune crue ne semble avoir atteint un niveau comparable depuis. On parle de dommages immenses des Vosges jusqu'au Rhin, les habitations aux environs de Thionville restent sous les eaux plusieurs jours (Schontz, 2004), etc. Il s'agit d'un événement de référence pour le bassin de la Moselle.

Enfin, **la crue de février 1784**, causée par la fonte des neiges et une forte débâcle, provoque des inondations très importantes sur la Moselle. On retrouve également des traces de dommages sur la Seille. A Cochem (en Allemagne), la crue de 1784 est un événement millénal (Von Tein, 1905).

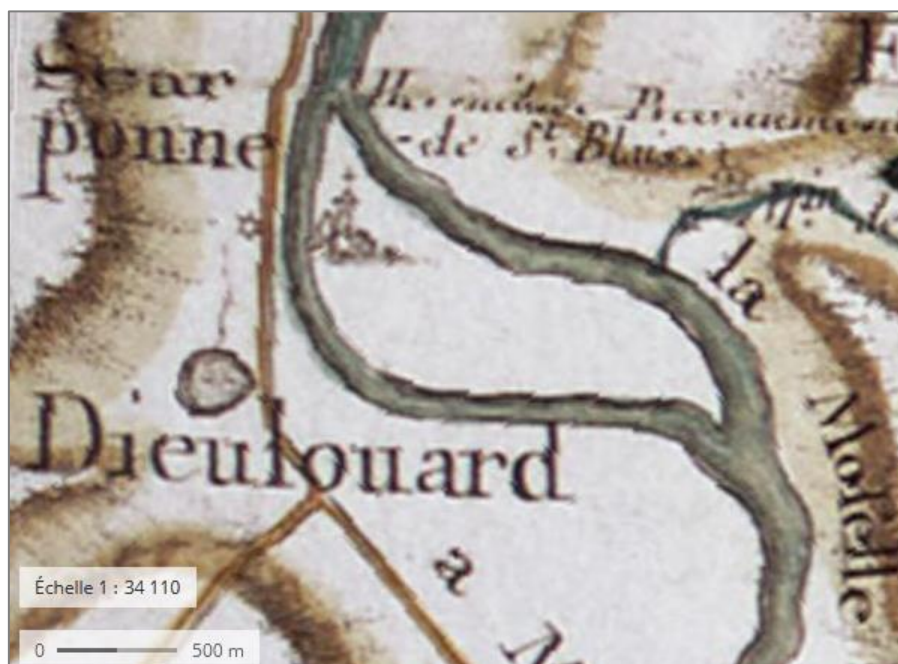


Figure 101 - Nouveau bras de la Moselle à Dieulouard après la crue exceptionnelle de juillet 1734. Le nouveau bras de la Moselle est certainement celui le plus au Sud, le bras originel de la Moselle étant celui au Nord, connu aujourd'hui sous le nom de canal de l'Obrion. (Source : Cassini)

- Le XIX^{ème} siècle est marqué par deux événements de très grande ampleur.

La crue d'octobre 1824, qui fait suite à de violents orages et génère des débordements importants sur la Moselle et ses principaux affluents (Meurthe, Seille, Sarre notamment), et celle de février 1844, qui semble avoir été une référence pendant tout le XIX^{ème} siècle et qui a particulièrement touché le centre du bassin de la Moselle aval, à savoir Metz, ses alentours et la Seille.

Le XIX^{ème} siècle est également concerné par d'autres événements exceptionnels mais classés en catégorie 2 car relativement loin des hauteurs enregistrées en catégorie 3 :

- janvier 1880, particulièrement brutale tant sur la Moselle que sur la Seille, et parfois considérée comme la crue la plus importante de ce siècle ;
 - novembre 1882, surtout documentée vis-à-vis de ses dégâts, mais qui serait semblable en termes de hauteurs à celle de février 1844.
- Les inondations graves, de catégorie 3, sont également nombreuses au cours du XX^{ème} siècle et bien documentées.

On retrouve d'abord la crue de décembre 1919, avec des dégâts sur l'ensemble du linéaire de la Moselle. Les communications sont coupées dans tout le fond de vallée. Cependant, c'est hors du secteur d'étude, à Nancy, que la crue a été la plus impressionnante.

Ensuite, la crue de référence pour le bassin, celle du 30-31 décembre 1947, de catégorie centennale et qui dépasse largement les niveaux de la précédente (1919) en termes de hauteur d'eau. Elle provoque des dégâts impressionnants sur tout le cours de la Moselle. Son origine provient d'un cumul de précipitation particulièrement extraordinaire, près de 200 mm sur certains secteurs hors Vosges, additionné à une rapide fonte du manteau neigeux (Nicod, 1949).

Enfin, les deux épisodes exceptionnels d'avril et mai 1983 sont également les plus récents. Là encore, même si la crue de mai 1983 est inférieure à celle d'avril, tout l'Est de la France est touché par de fortes précipitations et tous les cours d'eau du secteur débordent largement. Ces deux épisodes sont d'autant plus traumatisants pour les riverains qu'ils font suite à une première crue de très grande ampleur en décembre 1982.

Tous les événements de catégorie 3 et quelques crues de catégorie 2 ont fait l'objet d'une monographie (annexe 6) qui décrit de manière détaillée la genèse hydrométéorologique de ces crues. Ces fiches par événement montrent que les XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles sont notamment caractérisés par un nombre important de crues de débâcles qui marquent la fin du Petit âge glaciaire⁴². De nombreux écrits témoignent en effet du gel des cours d'eau et des conséquences de ces débâcles glaciaires. La crue de 1784, décrite par Frécaut (1971), précise que « *les glaces fluviales ont joué indéniablement un rôle important dans la*

⁴² Le Petit âge glaciaire correspond à une période de refroidissement que l'Europe occidentale a connu entre le milieu du XIV^{ème} et le milieu du XIX^{ème} siècle.

montée des eaux. Par suite d'un réchauffement très brutal, il y eut une tragique coïncidence entre des averses abondantes sur le bassin et une débâcle générale des glaces sur la Moselle et sur ses principaux affluents, spécialement sur la Sarre ». On peut lire dans un article de L'Est Républicain du 25 janvier 1891 et qui évoque la crue de 1830, que « **la débâcle des glaces fut épouvantable** ». Plusieurs sources (Frécaut, 1971 - AD 54 3 S 770 - Rapports et délibérations du Conseil Général de Meurthe-et-Moselle : Août 1875, 1875) témoignent d'autres crues de débâcles qui se sont produites au cours du XIX^{ème} siècle, notamment en janvier 1841, en février 1844, en janvier 1861 et en janvier 1880. On retrouve encore au cours du XX^{ème} siècle des mentions à des cours d'eau gelé. On peut par exemple lire dans Schontz (2004), que « *L'hiver 1940 est particulièrement froid. La Moselle gèle sur une épaisseur importante. A Metz, elle est franchissable, même avec de lourdes charges. De grands icebergs se détachent et dérivent dans le flot rapide. Ces blocs de plusieurs dizaines de mètres de long et de 20 ou 30 cm d'épaisseur foncent sur les fragiles ponts provisoires. Ce sont de véritables coups de béliers qui disloquent les ouvrages encore en bois. A Thionville, votre serviteur a vu les militaires tirer à la mitrailleuse de gros calibre sur ces masses destructrices afin de les morceler en fragments moins agressifs* ». A partir du milieu du XX^{ème} siècle on ne retrouve plus de mention à ce type d'événement.

Le contexte climatique a donc évolué de manière importante au cours des derniers siècles. L'interprétation de la chronologie des crues historiques reconstituée sur le territoire de la Moselle aval doit donc reposer sur la connaissance de ce contexte climatique changeant, mais aussi sur l'évolution des impacts anthropiques qui ont pu perturber les écoulements et aggraver les inondations.

2. L'évolution du risque inondation et de sa gestion sur le territoire Moselle aval

2.1. Des aménagements en fond de vallée qui ont pu amplifier les débordements

L'analyse diachronique a montré l'augmentation significative des aménagements réalisés dans le lit majeur des cours d'eau mais aussi directement dans le lit mineur. La Seille et l'Orne comptent dès le XIX^{ème} siècle un nombre très important d'usines et de moulins. On constate également une forte augmentation du nombre d'ouvrages de franchissement entre le XVIII^{ème} et le XX^{ème} siècle. Ces aménagements ne sont pas sans conséquences sur le milieu fluvial. Les ponts, écluses, barrages et moulins constituent des obstacles à l'écoulement et ils ont donc pu amplifier les débordements. De nombreuses pétitions ou réclamations témoignent ainsi des impacts de certains aménagements sur les fréquents débordements des cours d'eau. Nous en donnons quelques exemples ici.

Dans la vallée de la Seille, l'essentiel des plaintes concerne la gestion des moulins, mais on recense également plusieurs demandes de curage en raison de l'envasement du cours d'eau. Ces documents sont consultables dans les séries 3S112 des Archives Départementales de Meurthe-et-Moselle. Des éléments concernant la gestion des inondations, ainsi que des arrêtés relatifs à la gestion des moulins, sont également disponibles dans plusieurs séries des Archives Municipales de Metz (séries DD62, 73M et 30Magn3).

Ces documents témoignent de plaintes qui sont généralement déposées par les maires ou par les propriétaires riverains, surtout durant le XIX^{ème} siècle. Dans une plainte déposée par le maire d'Arraye-et-Han suite aux inondations de 1831 (AD54 3S112), on peut par exemple lire que les prairies situées sur la Seille étaient inondées pour la seconde fois de l'année et que le maire attribue la cause de ces débordements à l'inexécution des règlements d'eau donnés aux usines placées sur la rivière. De même, on retrouve plusieurs plaintes datant de 1837 et de 1845 du maire de la commune d'Ajoncourt, concernant les inondations des prairies bordant la Seille qu'il attribue à une mauvaise gestion des déversoirs des moulins qui maintenus selon lui trop élevés empêchent ainsi le libre écoulement des eaux. En 1838, une autre plainte déposée par des propriétaires des prés des communes de Salonnnes et de Chambrey, ainsi que de la part de l'entreprise qui effectue le curage de la Seille, concerne la hauteur des eaux du moulin de Bioncourt.

Différentes mesures sont prises afin de limiter les inondations de la Seille (figure 102) et des arrêtés règlementent la gestion des moulins de la Seille et plus particulièrement l'ouverture des vannes des moulins (AM Metz DD62, 30Magn3). On peut citer les arrêtés du 7 juin 1735 (figure 103), puis l'arrêté publié le 4 juin 1817 et dont un extrait est présenté en figure 104, ou encore celui du 13 juin 1838 qui imposera que « *les portières des moulins situés sur la rivière soient toutes levées avec défense de les fermer tant que les eaux*

ne seront pas rentrées dans leur lit ordinaire afin de permettre à la rivière un prompt écoulement ». Malgré ces mesures et arrêtés, les plaintes se poursuivent, invoquant souvent un non-respect de la réglementation.



Figure 102 - Mise à sec des canaux intérieurs de la Seille. Cette action a été entreprise pour empêcher les inondations périodiques dont se plaignent les riverains. Source : AD57 – 73 M.

En 1851, plusieurs maires des communes riveraines de la Seille s'adressent au Préfet du Département de la Meurthe suite à une nouvelle inondation de la Seille qui détruit tout espoir de récolte pour cette année (AD54 - 3S112). Les maires demandent une réunion des commissions syndicales pour voter le curage complet ou partiel de la rivière. Ils demandent également des règlements pour les moulins de Mailly, Nomeny et Brionne ainsi que l'enlèvement de deux atterrissements d'alluvions formés en aval et en amont du pont d'Abaucourt car selon eux ces « deux obstacles obstruent entièrement deux arches d'un pont déjà mal placé et d'une ouverture insuffisante ». Enfin ils demandent une « meilleure protection des prairies souvent gâtées par les infractions commises en larguant en temps prohibé les eaux de l'Étang de Lindre ».



EXTRAIT DES REGISTRES DE PARLEMENT.



VEU PAR LA COUR, la Requête présentée par le Procureur General du Roy; Contenant, que les Rivières de Seille & de Nied, enflées par les Pluyes, se sont répandues sur les Prairies voisines qui en sont encore toutes inondées; les Eaux n'y restent que par les obstacles que mettent à leur Ecoulement, les Meûniers, qui affectent de tenir fermes les Biez des Moulins situez sur ces deux Rivières: Les précautions que la Cour a prises par son Arrest du 24. Juillet de l'année dernière pour procurer du Regain, sont aussi nécessaires à present pour conserver les Foins, & en faciliter la Recolte. Requeroit, A CES CAUSES, qu'il fût ordonné que tous les Meûniers établis sur les Rivières de Seille & de Nied, dans l'étendue du Ressort de la Cour, tiendront toutes les Palles de leurs Moulins levées, & leurs Biez ouverts pendant trois fois vingt-quatre heures, à compter depuis le quinze du present mois, à peine de Cent livres d'amende contre chacun des Contrevenans, & des dommages & interêts des Propriétaires des Prez; Enjoindre aux Officiers des Maîtrises d'y tenir la main. Ladite Requête signée Joffe, Substitut; Pieces jointes à icelle: Oüy le Rapport de M. Michel de Saint Blaise, Conseiller: Tout considéré.

LA COUR faisant droit sur la Requête, Ordonne que tous les Meûniers établis sur les Rivières de Seille & de Nied, dans l'étendue du Ressort de la Cour, tiendront toutes les Palles de leurs Moulins levées, & leurs Biez ouverts pendant trois fois vingt-quatre heures, à compter depuis le quinzième du present mois, à peine de Cent livres d'amende contre chacun des Contrevenans, & des dommages & interêts des Propriétaires des Prez; Enjoint aux Officiers des Maîtrises d'y tenir la main. Fait à Metz en Parlement le septième Juin mil sept cens trente-cinq. Collationné, Signé, M E N G I N.

A METZ, De l'imprimerie de la Veuve de BAÏCH ANTOINE,
Imprimeur du Roy, & de Messieurs de Parlement, sous les
Arcades de la Place d'Armes, au Signe de la Croix.

Figure 103 - Arrêté du 7 juin 1735 concernant la gestion des moulins de la Seille. (Source : AM Metz - DD62)



Du Préfet du Département de la Moselle.

Metz, le quatre Juin 1817.

Le Préfet de la Moselle,

Continués qui jadis ont tenu la
Nécessité apportée par les circonstances ou les
services des Monnaies d'Etat sur la ville, à l'édif
suer d'années sans qu'il n'ait été des Cours d'Écu
occasionné des débordements qui détruisent la
sécurité des possessions situées sur les bords de cette
rivière, qu'il impose des taxes les années
nécessaires pour empêcher les inondations
de la Nouvelle-Orléans.

Je soussigné le 2.
 Le Capitaine de M^{rs}. d'Ingénieur en Chef des
 ponts et chaussées, et adhérent aux propositions
 qui y sont contenues

Amate:

*Cette encre est composée de safran
d'un moulin d'Inde pour la balle d'ivoire du royaume*

A. M. L. Maire
De Mayenf.

Art: 2 Contre le Vaux des moulins à vapeur
désignés resteront ouvertes jusqu'à ce que la ville soit
entièrement rentrée dans son lit, le maire veillera
à l'exécution de cette disposition et fera assurer
même en plaçant un gardien aux saïs de chaque
Moulin qui y contraindra et leur ordonne à cet effet
toute autorisation nécessaire.

Art. 3. Les représentans avertis et avisés à Chagaystmen
à aut les rapport de quel ils se trouvent en moulin de l'on
Siller et à L'Yguinius en chef de toutes et Chagaystmen
pour quel en assurent. A l'Yguinius en chef de toutes et Chagaystmen
le Concurrence.

Figure 104 - Extraits de l'Arrêté du 4 juin 1817 concernant la gestion des vannes des moulins de la Seille (page 1 et article 2). (Source : Archives Municipales de Metz, cote 30Magn3)

L'annexion en 1871 de la partie aval de la vallée à l'Empire allemand génère de nouvelles tensions, comme en atteste par exemple une réclamation de huit propriétaires de la commune d'Éply contre le moulin de Cheminot datant du 28 juillet 1879. Les pétitionnaires se plaignent d'inondations qu'ils assignent à un défaut de manœuvre des vannes du moulin de Cheminot. Ils signalent que depuis l'annexion, les prairies qui se trouvent sur le bord de la Seille entre le moulin de Port-sur-Seille et celui de Cheminot (annexé) se trouvent inondées à des moments où celles situées en amont du premier moulin et celles situées en aval du second ne le sont pas. Les habitants voient leurs fourrages détruits chaque année ou du moins amoindris ou avariés au moment de la fenaïson. Les pétitionnaires demandent une ouverture des portières du moulin de Cheminot en même temps que celles du Port-sur-Seille. Ils expliquent en effet qu'en cas d'épisode pluvieux dans la partie amont de la Seille, le garde des eaux fait ouvrir presque simultanément les vannes de tous les moulins jusqu'à la limite du territoire allemand. Or le dernier moulin français est celui de Port-sur-Seille et le premier moulin allemand est celui de Cheminot : *« Celui-là est fermé alors que les autres sont ouverts : comment alors les prairies de Port-sur-Seille ne seraient-elles pas inondées ? »* (AD54 - 3S112). Les plaignants déclarent par ailleurs que selon eux, le déversoir du moulin de Cheminot n'est pas assez large et qu'étant donné le manque de pente entre les deux moulins en question, ce déversoir est établi sur un plan trop élevé par rapport au moulin de Port-sur-Seille. En réponse à ces réclamations, on retrouve le rapport de l'ingénieur de culture allemand (texte traduit) qui conclut à la non responsabilité du moulin de Cheminot ; selon lui ce sont les *« grandes pluies des mois de juin et juillet 1879 qui, en première ligne, ont occasionné les crues de la rivière Seille, lesquelles se sont produites non seulement à Éply mais partout. Le mauvais état du lit contribue en partie aussi aux inondations, et en a du moins prolongé la durée. L'on ne saurait enfin méconnaître la fâcheuse condition qui provient dans notre département du défaut de gardes-rivière. Tandis qu'en France la levée des portières est faite régulièrement lors des crues, nos meuniers sont abandonnés à eux-mêmes, lèvent les vannes tantôt trop tôt, tantôt trop tard et peut être quelque fois pas du tout »* (AD54 - 3S112). Un rapport de l'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées rapporte cependant que le lit de la Seille dans cette partie est très rétréci par des envasements et il demande le curage de cette section de rivière. Il indique également qu'il *« est possible qu'à côté du mauvais état du lit de la Seille, le défaut de manœuvre des portières du moulin de Cheminot contribue à faire déborder les eaux de la rivière. Or il faudrait obliger le meunier de Cheminot à se conformer aux dispositions du décret du 6 décembre 1850 qui régleme son usine et qui prescrit de lever les portières de décharge dès que les eaux s'élèvent au-dessus du niveau légal de la retenue. Mais le moulin se trouvant sur le territoire allemand, M. le Préfet de Meurthe-et-Moselle ne peut prendre aucune mesure à l'égard de son propriétaire »* (AD54 - 3S112).

Les plaintes concernent également parfois la présence d'atterrissements dans le lit de la Seille. A titre d'exemple, on retrouve dans un rapport datant de 1880 une plainte d'un propriétaire pour faire enlever un atterrissement marécageux sous le pont de Manhoué car il entrave selon lui l'écoulement des eaux en période d'inondation (AD54 - 3S112).

Les demandes d'autorisation de travaux témoignent également de l'évolution des activités en fond de vallée.

- Dans la vallée de la Seille, les demandes concernent surtout l'irrigation des terres ou des autorisations pour des constructions situées au bord du cours d'eau. Le dossier « Irrigation prairies » (AD54 - 3S112) rassemble ainsi plusieurs demandes d'autorisation, par exemple celle d'habitants de Mailly et d'Abaucourt pour permettre l'irrigation de leurs terres (1838-1891). On retrouve aussi une autorisation de construire un balcon sur une maison située en bord de Seille à Nomeny ou encore une demande pour réaliser un soutènement en limite de propriété et en limite de la Seille. La rivière Seille n'étant ni flottable ni navigable les demandes ne sont soumises à aucune autorisation législative et elles sont donc généralement accordées. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées donnent toutefois des préconisations sur les limites d'alignement de sorte que le lit de la rivière ne soit pas réduit (figure 105) ; les travaux sont par ailleurs accordés à condition qu'ils n'entravent pas le libre écoulement des eaux ou qu'ils soient réalisés à une hauteur suffisante pour ne pas gêner les eaux de crue de la Seille.

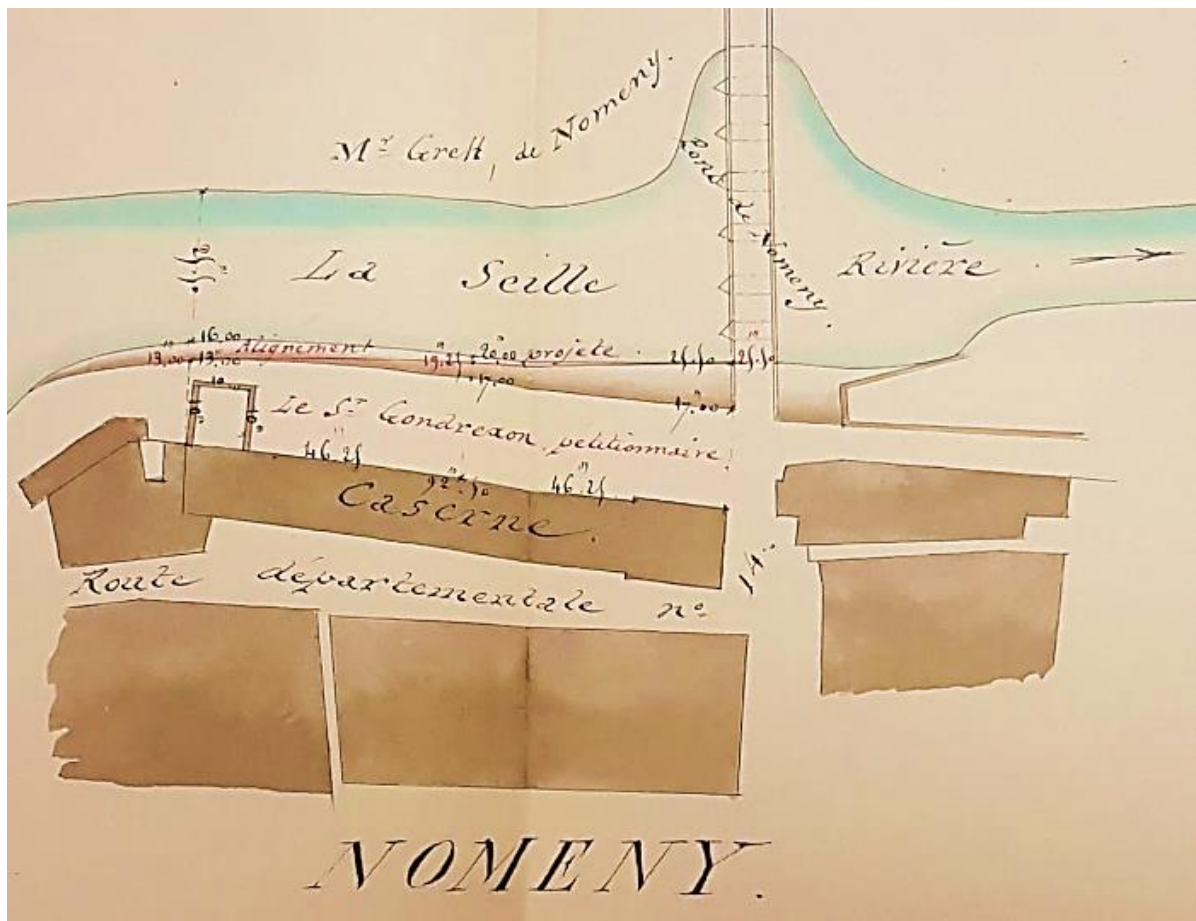


Figure 105 - Extrait du plan de la rivière Seille aux abords du pont de Nomeny. Plan réalisé par le service des Ponts et Chaussées du département de la Meurthe dans le cadre d'une demande d'alignement. On y observe en rouge, en rive droite de la Seille, l'alignement prévu. (Source : AD54 - 3S112)

- Dans la vallée de l'Orne, les réclamations concernent généralement des ouvrages ou des dépôts de scories, qui selon les plaignants, gênent le libre écoulement des eaux et aggravent les inondations. Ces réclamations peuvent être de nature très variée.

On peut tout d'abord citer le cas de la construction d'une plateforme en terre dans la commune d'Auboué au début du XX^{ème} siècle. L'installation destinée à un jeu de quilles avait été réalisée par un propriétaire riverain sans autorisation préalable alors qu'une partie se trouvait directement dans le lit de la rivière. Le rapport du subdivisionnaire du service hydraulique de la police des cours d'eau, en date du 29 mars 1911 (AD54 - 3S88), conclura que, dans la mesure où cette construction gêne le libre écoulement des eaux, elle doit être détruite. On recense aussi une réclamation datant de juillet 1854 qui portait sur le rétrécissement de la rivière Orne par des dépôts de pierres à Labry (AD54 - 3S88). Un autre dossier portant une réclamation suite à l'aggravation des crues de l'Orne en raison de la reconstruction d'un pont détruit par la guerre par la Compagnie de l'Est rassemble des éléments intéressants. Ainsi, on peut y lire qu'en délibération du 20/01/1920, le conseil municipal de Conflans expose que « *depuis le 24/12/1919, trois débordements de la rivière d'Orne ont causé dans la commune des dégâts importants, plus de 30 maisons ont été envahies par les eaux, les routes ont été coupées en 4 endroits dans la traversée de la commune, interdisant l'accès des écoles, de la mairie, de l'église et du bâtiment des postes et télégraphes* » (AD54 - 3S88). Selon le conseil municipal, l'entreprise en charge de la reconstruction de l'ancien pont de 60 m détruit par les allemands n'aurait pas pris toutes les précautions nécessaires pour assurer l'écoulement des eaux en cas de crue. La Compagnie de l'Est indique, plan à l'appui, que la section occupée par les hautes eaux est réduite d'une manière insignifiante (figures 106 et 107). Le rapport de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées conclut ainsi : « *une des principales causes des inondations résulte de l'insuffisance du débouché du pont construit par les Allemands sous nos voies et la situation constatée n'est qu'une des multiples conséquences des désastres causés par la Guerre et les travaux exécutés par la Compagnie de l'Est pour la réfection du pont n'ont pas eu d'influence appréciable sur l'élévation exceptionnelle des eaux lors des crues de 1919-1920* ».

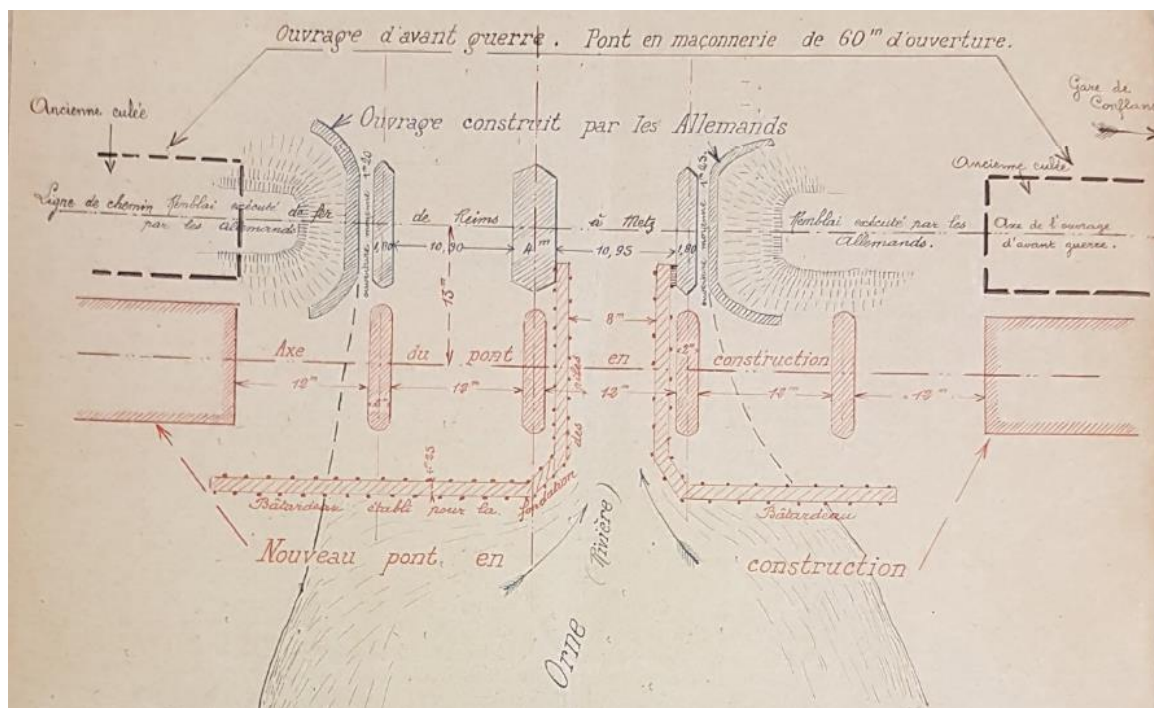


Figure 106 - Reconstruction par la Compagnie de l'Est d'un pont détruit par les Allemands à Conflans. (Source : AD54 3S88)

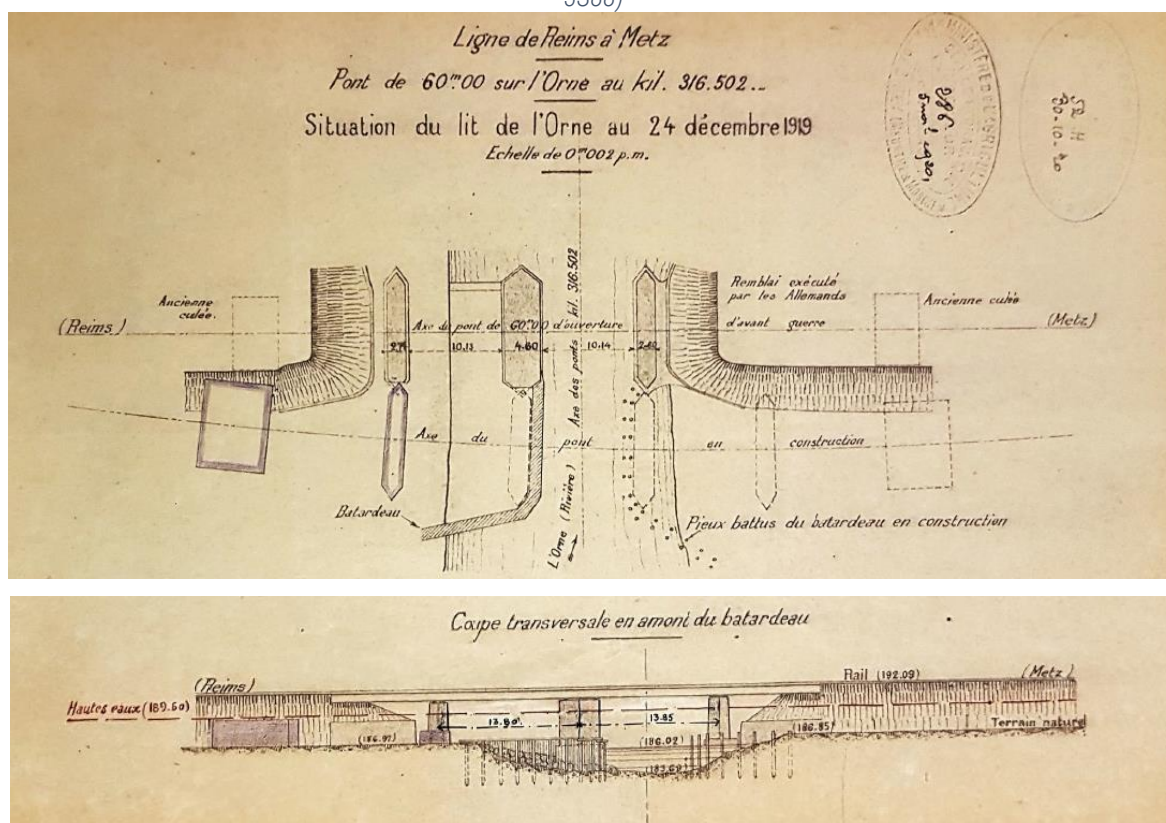


Figure 107 - Situation du lit de l'Orne au 24 décembre 1919 au niveau du pont de Conflans (vue en plan et en coupe). (Source : AD54 3S88)

On peut également citer le cas d'une pétition des habitants d'Homécourt à la suite des inondations du 6 au 8 octobre 1930 dans laquelle ils signalent un état de choses préjudiciables à l'écoulement des eaux de l'Orne en cas de crue, notamment des constructions récentes bâties sur la rive de l'Orne et un dépôt d'ordures

communal proche de ces constructions (AD54 - 3S88). Le service hydraulique établit à la suite de cette pétition un rapport qui indique : que les crues des 6 et 8 octobre 1930 ont eu des précédents ; les années 1924, 1919, 1910 et 1882 ont vu des inondations de la même importance. Or les bâtiments de la fabrique de conserve sont tous récents (ils datent de 1928) et le dépôt d'ordures a été commencé en 1919. Le lit mineur de l'Orne n'a pas été modifié et la crue de 1930 n'a pas été causée par eux. De plus, l'inondation a été ressentie dans toutes les agglomérations riveraines de l'Orne en amont et en aval d'Homécourt, et les dégâts commis n'ont pas été plus importants que dans cette dernière commune. Les cotes des plus hautes eaux notées en 1924 et en 1930 dans chaque village ont été similaires.

Les demandes de curage sont également récurrentes dans la vallée de l'Orne, pour répondre aux débordements trop fréquents du cours d'eau. On peut par exemple lire dans un rapport du subdivisionnaire du service hydraulique datant du 12 janvier 1921 (AD54 - 3S88), qu'une pétition déposée en août 1911 demandait le curage de la rivière Orne. Le motif invoqué concernait des écoulements des eaux fortement entravés sur une longueur de 300 m environ au lieu-dit Favez-Pré, sur les communes de Boncourt et de Conflans. A cette époque des travaux de réfection visant à protéger la ligne des grandes eaux avaient été effectués par la Compagnie de l'Est, et des déchets de matériaux et décombres de toute sorte encombraient le lit de la rivière. Le rapport du subdivisionnaire du service hydraulique datant du 12 janvier 1921 précise qu'à cette date, il était difficile de déterminer si le manque d'écoulement des eaux était uniquement lié à un encombrement anthropique du lit ou s'il pouvait aussi être lié à un envasement naturel du lit du cours d'eau. Il a donc été demandé à la Compagnie de l'Est d'enlever la totalité des décombres amenés par ses travaux, ce qui avait conduit à une amélioration de l'écoulement des eaux et à un abandon de la demande de curage.

Ces opérations de curage, réalisées pour améliorer l'écoulement des eaux, sont très fréquentes au cours du XIX^{ème} siècle. Les délibérations du conseil municipal de la commune de Buzy portent fréquemment sur les travaux de curage (1845, 1854, 1857, 1858, 1859) dans cette même commune (AD55 - 65S45). On peut lire dans ces documents qu'un curage annuel de l'Orne y est même recommandé. Des commissions syndicales chargées de la surveillance des travaux de curage sont mises en place à cette époque. On peut également y lire que les inondations du village de Buzy étaient parfois liées à la vidange de l'Étang de Darmont ; ce dernier a été asséché et mis en culture en 1849 ; le maire de Buzy indique que depuis les inondations y sont beaucoup moins fréquentes. Une délibération du conseil municipal de 1893 précise également que le conseil municipal considère que les herbes qui croissent dans la rivière nuisent au bon écoulement des eaux. Il demande donc aux propriétaires riverains et à l'adjudicataire de la pêche le long des terrains communaux, de procéder au nettoyage et à la coupe des herbes de la rivière du 1^{er} au 20 octobre de chaque année. Des demandes de curage font également suite à la guerre. A titre d'exemple, on peut citer une délibération du conseil municipal de la commune de Buzy datant de 1924, qui signale que la rivière Orne est obstruée et qu'il s'agit d'une conséquence directe de la guerre car des barrages avaient été établis par les Allemands pour

inonder la vallée. La commune demande donc que le curage soit effectué au compte de l'État (AD55 – 65S45).

L'ensemble de ces échanges témoigne des différentes tensions naissantes dans la vallée et qui se poursuivent encore aujourd'hui, comme en atteste « Le coup de gueule d'un maire meusien » concernant le viaduc de l'autoroute A4 à Parfondrupt, qui connaît des plaintes de la part des riverains en amont (Bouché, 2004). Mais si la question de l'aggravation des écoulements de crue par les interventions anthropiques est indéniable, elle reste difficile à quantifier.

Le dossier 3S88 des Archives Départementales de Meurthe-et-Moselle rassemble également de nombreux rapports qui concernent des **autorisations de travaux demandées au cours des XIX et XX^{ème} siècle**. Les quelques exemples décrits ci-dessous montrent que dans la plupart des cas les demandes de travaux sont acceptées **à condition qu'il n'y ait pas d'impact sur le bon écoulement des eaux**. L'Ingénieur ordinaire autorisera par exemple une demande de construction de murs de soutènement faite le 2 mai 1874 par deux frères propriétaires d'un terrain à Conflans, en précisant que « *la ligne qui satisferait le mieux à la double condition de ne nuire, ni au libre écoulement des crues de l'Orne, ni aux autres propriétés, serait le sommet de la berge qui limite leur jardin* » (AD54 - 3S88). Un autre exemple de demande qui sera acceptée concerne l'autorisation d'installer une cabine en bois destinée à abriter les baigneurs des regards indiscrets en juin 1899. La cabine était prévue sur les berges de l'Orne à Homécourt, avec un enfoncement de pilotis à 1,50 m de la rive dans le cours d'eau. L'autorisation a été accordée par le service hydraulique de la police des cours d'eau du bassin de l'Orne, dans la mesure où « *elle sera enlevée à la fin de la saison des bains [et que dans] ces conditions, elle ne créera aucun obstacle à l'écoulement des eaux des crues d'hiver, et [qu'il n'y a donc] aucun inconvénient au point de vue du service public, à en autoriser l'établissement* ».

Le développement de l'activité industrielle dans la vallée de l'Orne sera également à l'origine de très nombreuses demandes d'autorisation de travaux pour des dérivations, des constructions de ponts, des prises d'eau, etc. La demande de la société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de Pont à Mousson datant du 10 août 1907 pour dériver une partie de l'eau de l'Orne traversant l'usine d'Auboué permet d'illustrer les travaux de dérivation et les débats qui en émanent (figures 108 et 109). En effet, on peut lire dans le rapport du service hydraulique qu'un propriétaire du pré traversé par la rivière s'est à l'époque opposé au projet (AD54 - 3S88) : « *je proteste énergiquement contre tout déplacement ou détournement des chemins me donnant accès dans cette propriété, ainsi que contre tout détournement de la rivière car ces faits me causeraient un préjudice inappréciable. Je demande que les chemins et la rivière restent tel qu'ils ont toujours été, et en toute justice, que le propriétaire de 70 ares ne soit pas écrasé par celui qui possède des centaines d'hectares* ». Cette dernière phrase témoigne aussi des tensions émanant de l'installation de ces grandes industries sidérurgiques dans la vallée. La dérivation « *ne pouvant nuire à l'écoulement des eaux et ne lésant*

aucun intérêt particulier » sera toutefois autorisée et la rivière traversant l'usine sera dérivée dans une partie de 230 m de longueur environ située entre le pont de raccordement du chemin de fer de l'est à l'usine et le déversoir du moulin d'Homécourt. À la suite de ces travaux, il a été demandé un approfondissement du lit de la dérivation ou un élargissement des rives, travaux auxquels s'est opposée la société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson qui fournira des profils en long pour montrer que le fond de la dérivation est plus bas que celui de la rivière. On peut ainsi lire « *la société pétitionnaire cherche à démontrer que la rivière de l'Orne aux abords de la dérivation a son fond plus élevé que le fond de la dérivation* ». Or des mesures de vérification réalisées à l'époque par le service hydraulique montrent que le fond de la dérivation est en moyenne 0,35 m plus haut que celui indiqué dans le profil fourni par la société. Le rapport du subdivisionnaire ajoute également que le champ submersible de la vallée est réduit de manière notable au droit de la dérivation par suite de l'élargissement du remblai du chemin de fer d'une part et de l'agrandissement du terre-plein de l'usine d'autre part. Il y a donc répercussion de ces travaux sur le rétrécissement du champ d'inondation sur les maisons situées près du pont à Auboué. L'approfondissement ou l'élargissement du lit de la rivière par la société sera exigé.

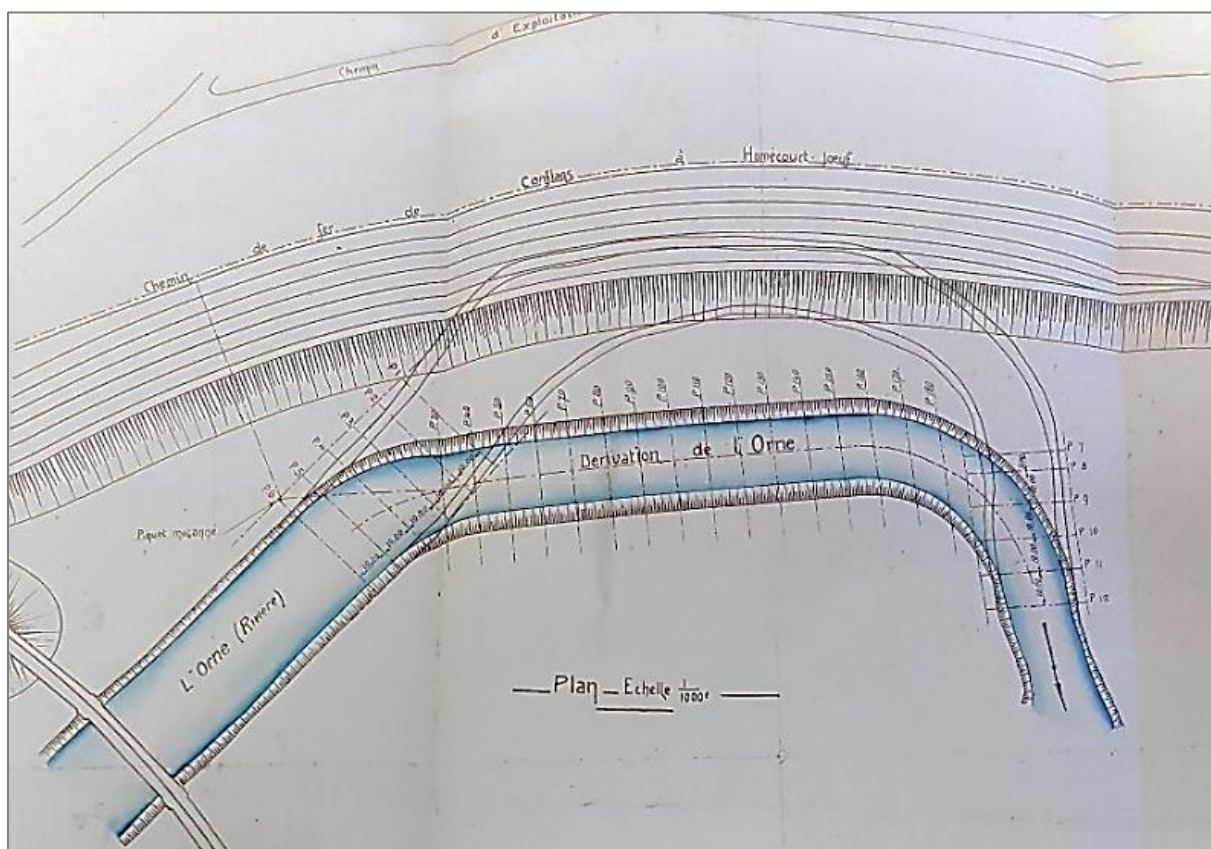


Figure 108 - Plan de dérivation de l'Orne 1. Ce plan de la dérivation est joint à la demande au préfet du département de Meurthe et Moselle par la société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson – 10 août 1907.
(Source : AD54 - 3S88)



Figure 109 - Plan de dérivation de l'Orne 2. Ce plan de la dérivation de l'Orne est demandé par la société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson – 10 août 1907. La dérivation projetée figure en rouge sur le plan.
(Source : AD54 - 3S88)

La pétition datant du 22 décembre 1897 et portée par MM de Wendel et Cie, maître de forge à Joeuf, constitue un autre exemple de demande de dérivation de l'Orne (figure 110). Elle concerne une dérivation d'environ 380 m sur le territoire de Joeuf en raison des extensions successives de leur usine. Les pétitionnaires précisent dans leur demande qu'ils sont propriétaires des deux rives et que la section d'écoulement de la dérivation projetée sera supérieure à celle qui existe en aval. Le rapport du conducteur subdivisionnaire du service hydraulique de la police des cours d'eau du bassin de l'Orne autorise la dérivation mais il précise toutefois : « nous n'avons pas à nous occuper du rétrécissement que les dépôts de scories, dans la vallée, ont déjà produit dans le champ d'inondation et du nouveau rétrécissement que produira le remblai du terrain rendu disponible par la dérivation, circonstances qui occasionneront une surélévation des crues et, en tout cas, en augmenteront la durée d'écoulement : en cas de différends ultérieurs, les tribunaux civils seraient compétents » (AD54 – 3S88).

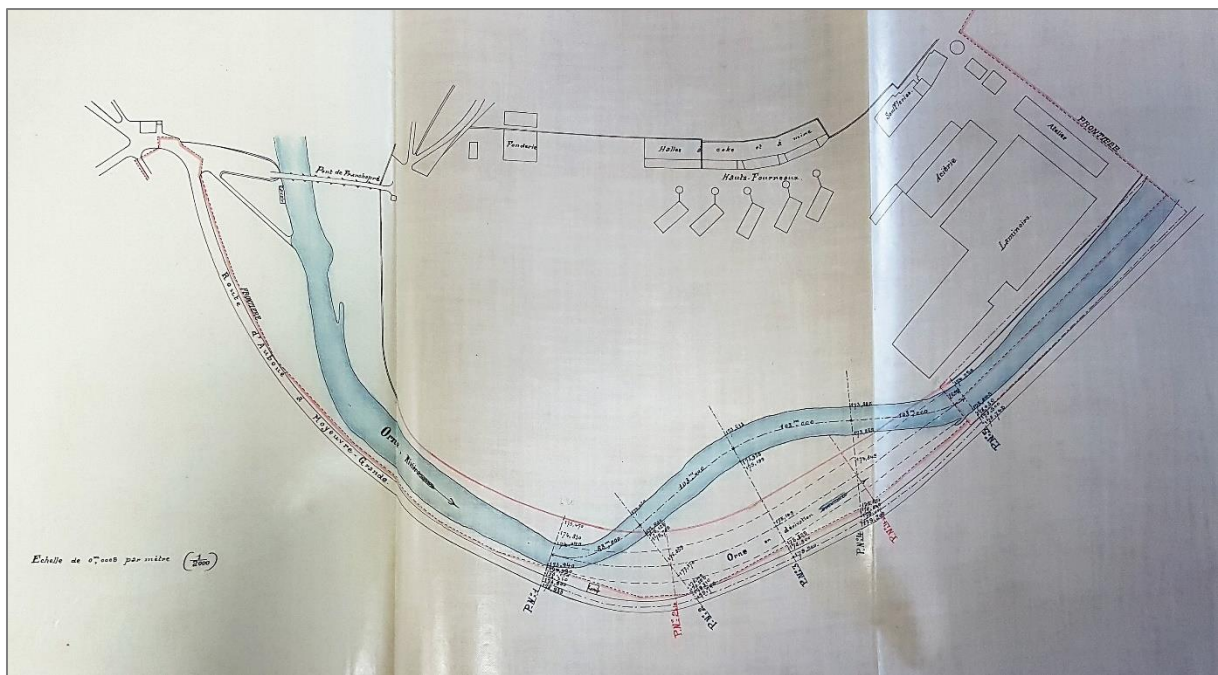


Figure 110 – Plan de projet de dérivation de l'Orne. Ce plan du projet de dérivation de la rivière d'Orne pour extensions de l'Usine de Joeuf est présenté par M.M. de Wendel et Cie – 22 décembre 1897. (Source : AD54 - 3S88)

Les plaintes concernant les dépôts de scories constituent d'ailleurs un autre objet de tensions dans la vallée à cette époque. Dans un document datant de 1884 (figure 111), on peut lire que le propriétaire du moulin de Ravenne, dans la commune de Joeuf, signale que depuis la mise en activité de l'usine métallurgique il y a environ 2 ans, MM de Wendel et Cie font déposer dans l'étroite vallée de l'Orne des scories provenant de leur établissement. Selon lui ces dépôts, en exhaussant le sol de la vallée, ont pour conséquence d'entraver le libre écoulement des eaux dont le niveau est surélevé. L'engorgement de la vallée serait lié à ces dépôts et à une insuffisance d'écoulement liée à un pont en maçonnerie construit sur l'Orne pour le service des usines. Le pétitionnaire demande à ce que MM de Wendel et Cie rétablissent dans leur état primitif les lieux pour laisser aux eaux le même écoulement que par le passé (AD54 - 3S88).

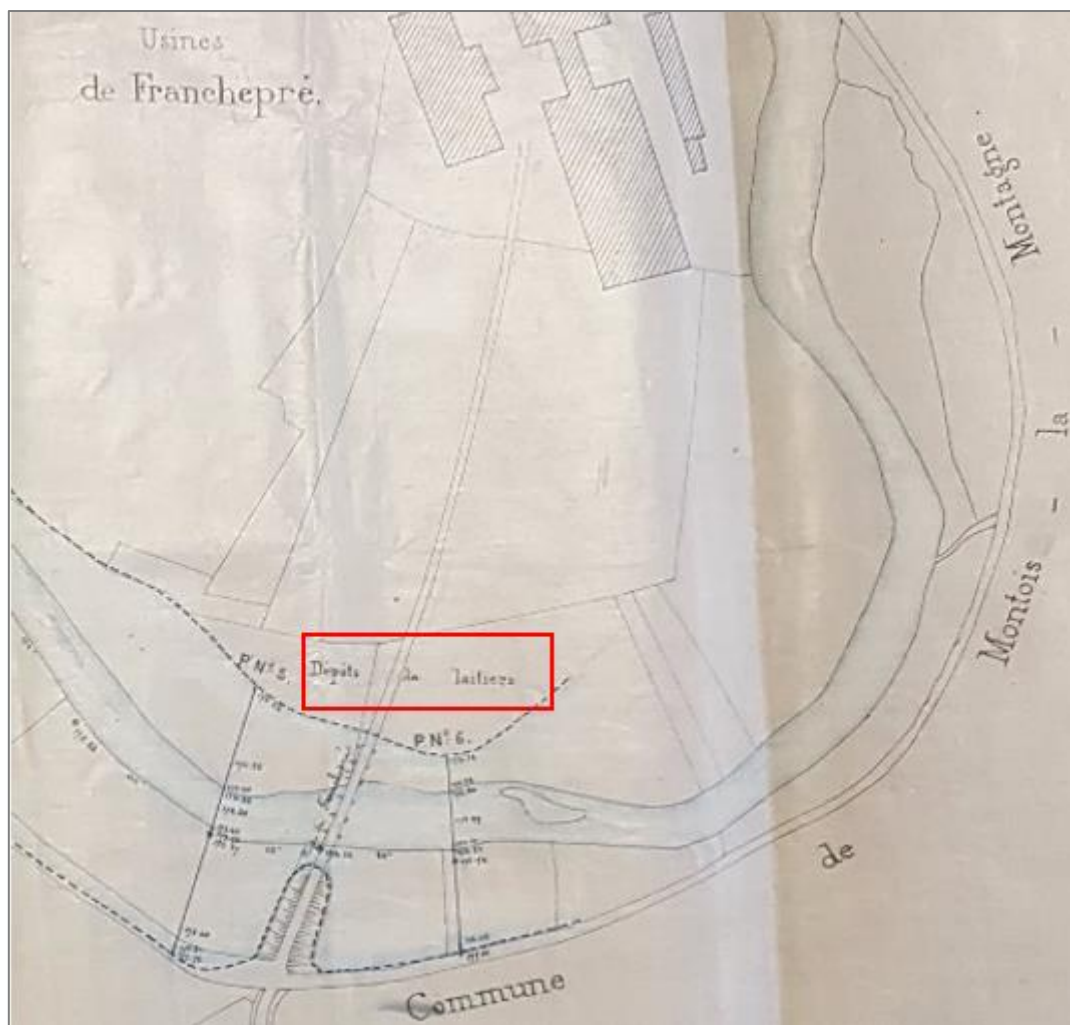


Figure 111 - Plan des dépôts de laitiers dans la vallée de l'Orne. Par M.M. de Wendel et Cie, août 1884.
(Source : AD54 - 3S88)

Comme mentionné précédemment, les demandes d'autorisation pour la construction de ponts ou de passerelles sont également très nombreuses et souvent liées à l'activité industrielle de la vallée. On peut par exemple citer une demande d'autorisation de la Société M.M. Wendel & Cie datant de juillet 1920 pour la construction d'un pont de chemin de fer sur l'Orne afin de raccorder des usines à la gare d'Homécourt Joeuf (figure 112).

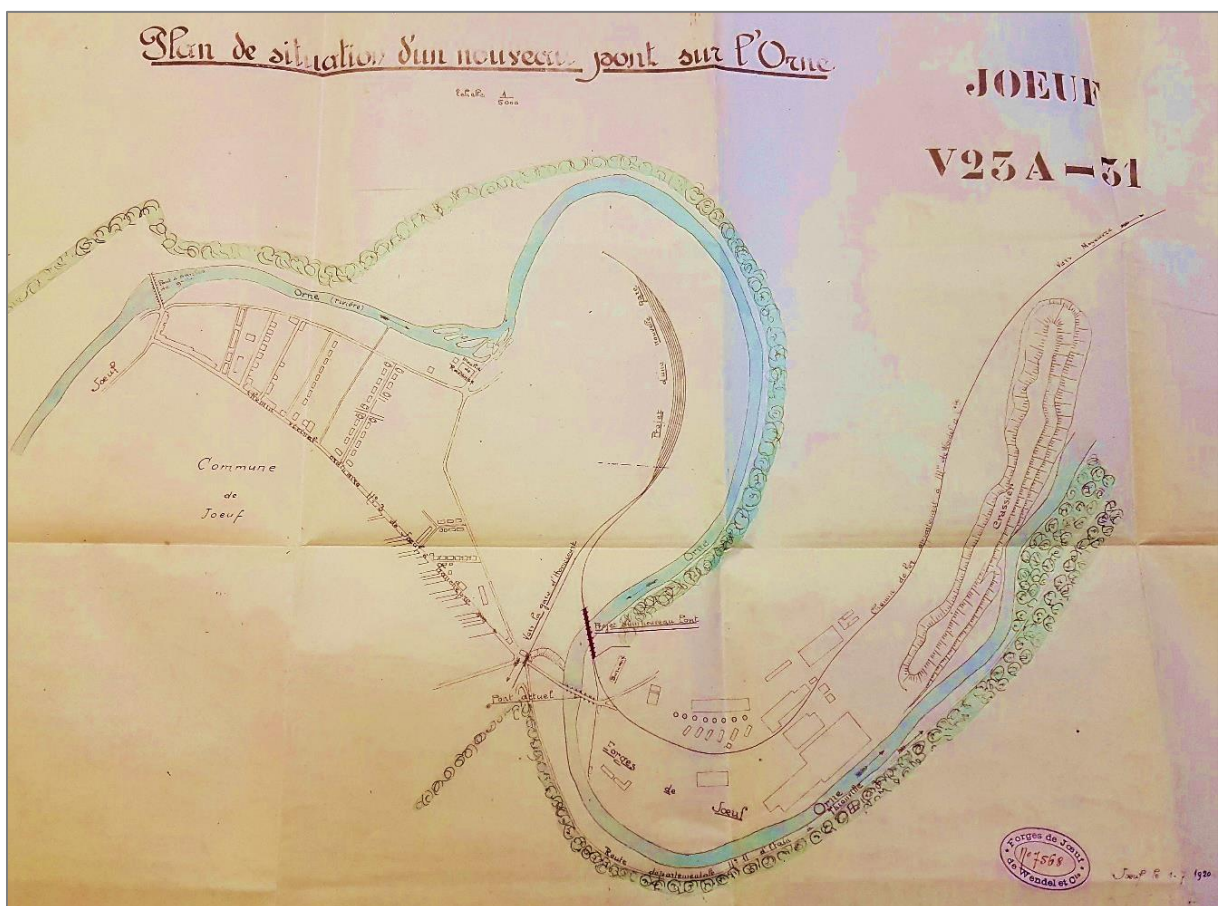
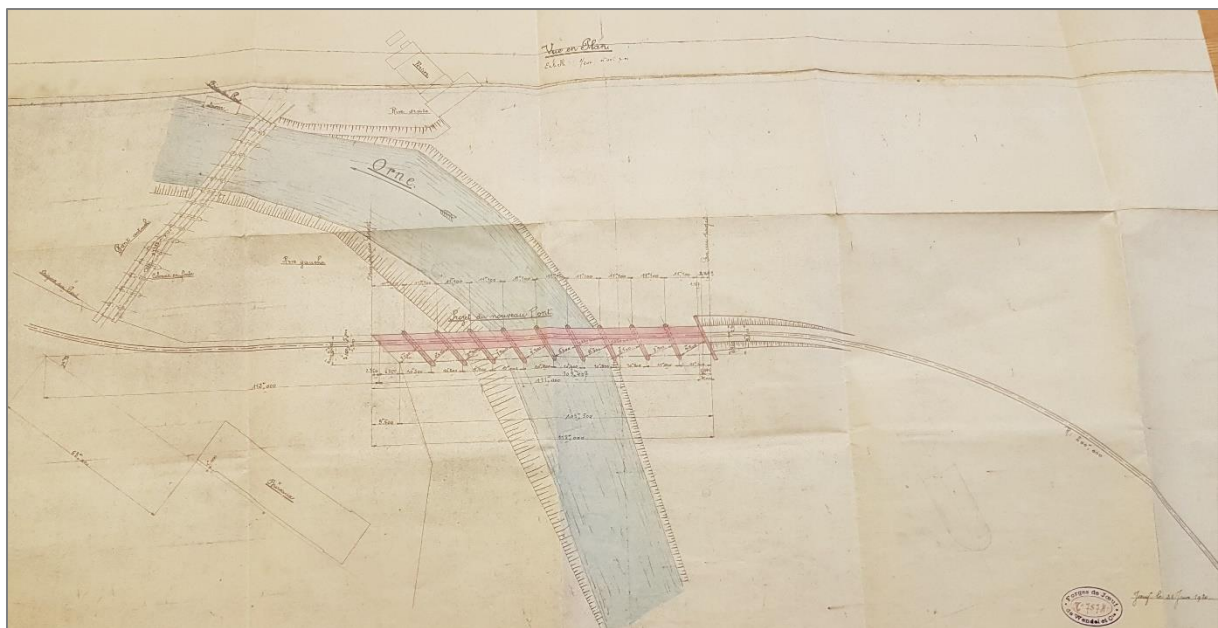


Figure 112 - Projet du nouveau pont de chemin de fer sur l'Orne. Projet dans le cadre du raccordement des usines de la Sté MM. Wendel & Cie à la gare d'Homécourt Joëuf, juillet 1920. (Source : AD54 - 3S88)

Un projet de construction d'un pont en maçonnerie ou en fer sur l'Orne à Joeuf, datant des années 1886-1887, figure également dans le dossier qui rassemble ces demandes de travaux (AD54 – 3S88). **Outre l'intérêt des plans annexés à ces projets** qui permettent de visualiser la configuration précise de la vallée à l'époque, **on y retrouve des indications concernant les crues historiques**. Le rapport de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées du projet de construction d'un pont sur l'Orne à Joeuf s'appuie ainsi sur le niveau des eaux de crues de référence afin de calculer le débouché nécessaire à l'écoulement des eaux au niveau de l'ouvrage projeté. On peut ainsi lire dans ce document qui date de 1886, que la crue de 1824 a été la plus importante, suivie de celle de 1882. Les hauteurs d'eau atteintes lors de ces deux événements figurent sur plusieurs documents du projet (figures 113 à 116). D'une manière générale, les travaux d'élargissement et d'élévation des ponts sont également fréquents au cours du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle, pour permettre un meilleur écoulement des eaux. Leur dimensionnement s'appuie sur l'altitude des plus hautes eaux connues.

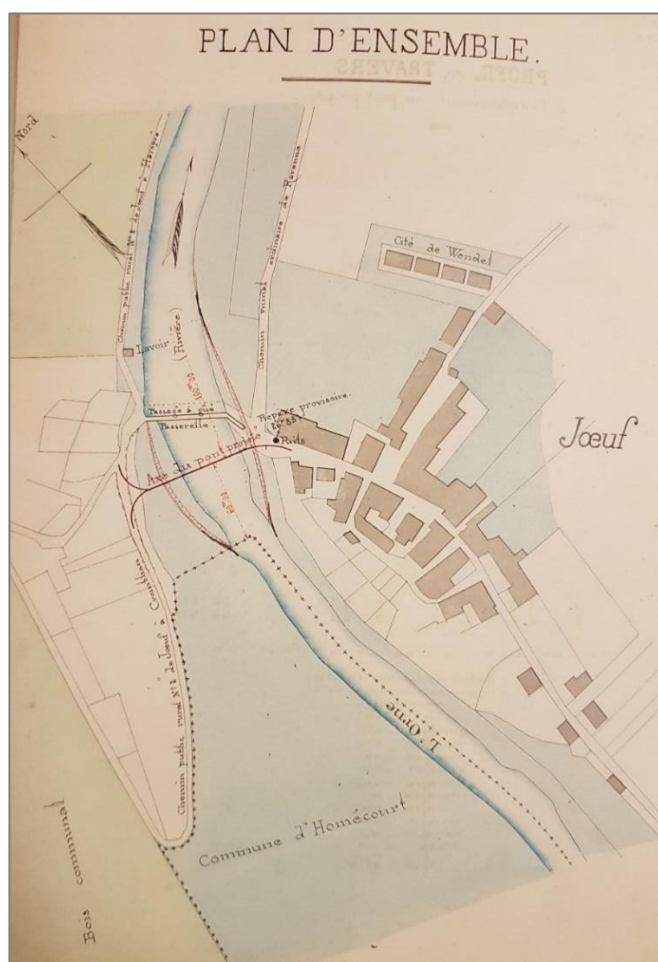


Figure 113 - Plan d'ensemble du projet de construction d'un pont en maçonnerie ou en fer sur l'Orne à Joeuf, octobre 1886. (Source : AD 54 – 3S88)

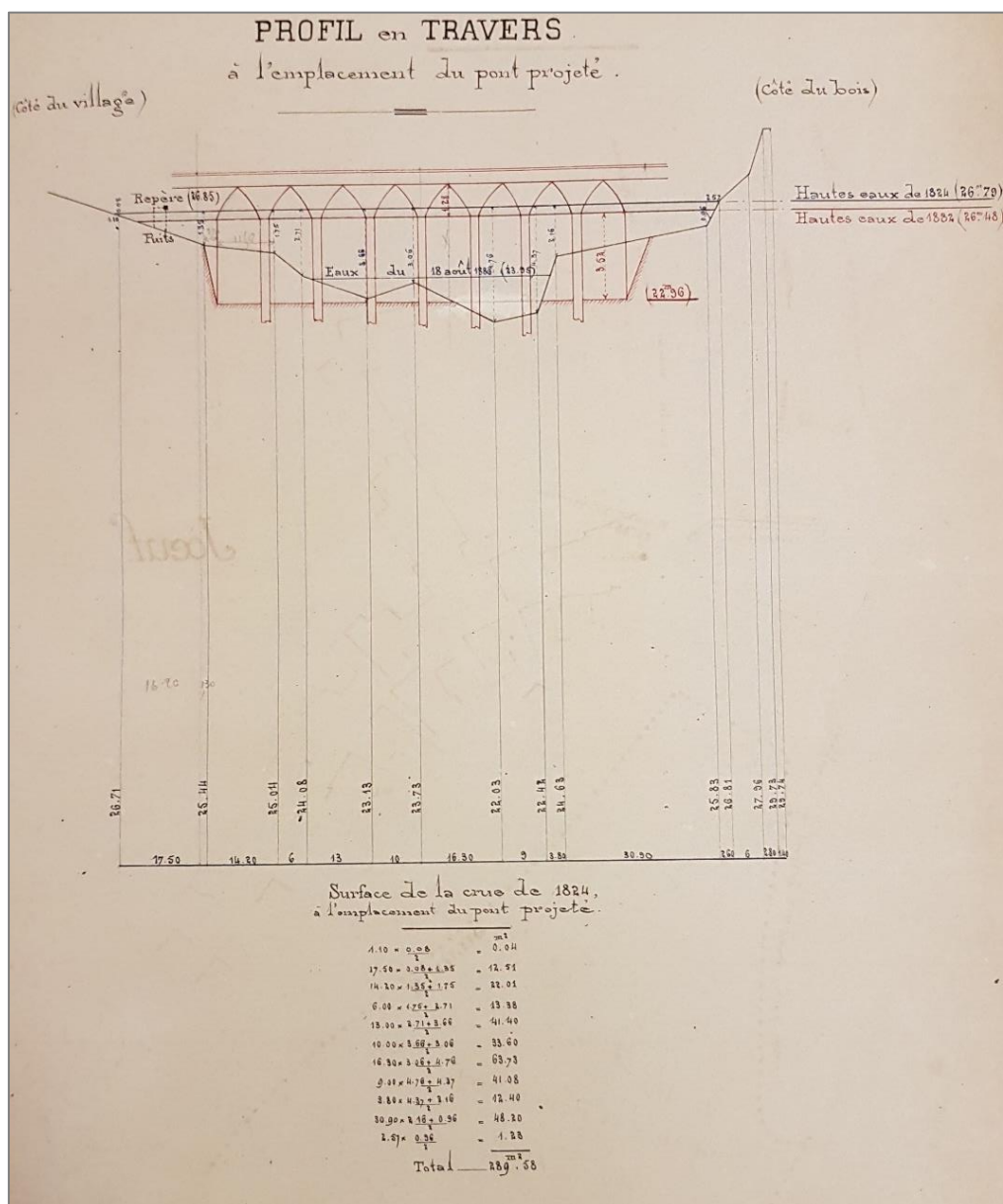


Figure 114 - Profil en travers à l'emplacement du pont projeté sur l'Orne à Joeuf, octobre 1886. Les hautes eaux de 1824 (en bleu) et de 1882 (en rouge) sont représentées sur ce profil. La surface de la crue de 1824 a été calculée à l'emplacement du futur pont. (Source : AD 54 – 3S88)

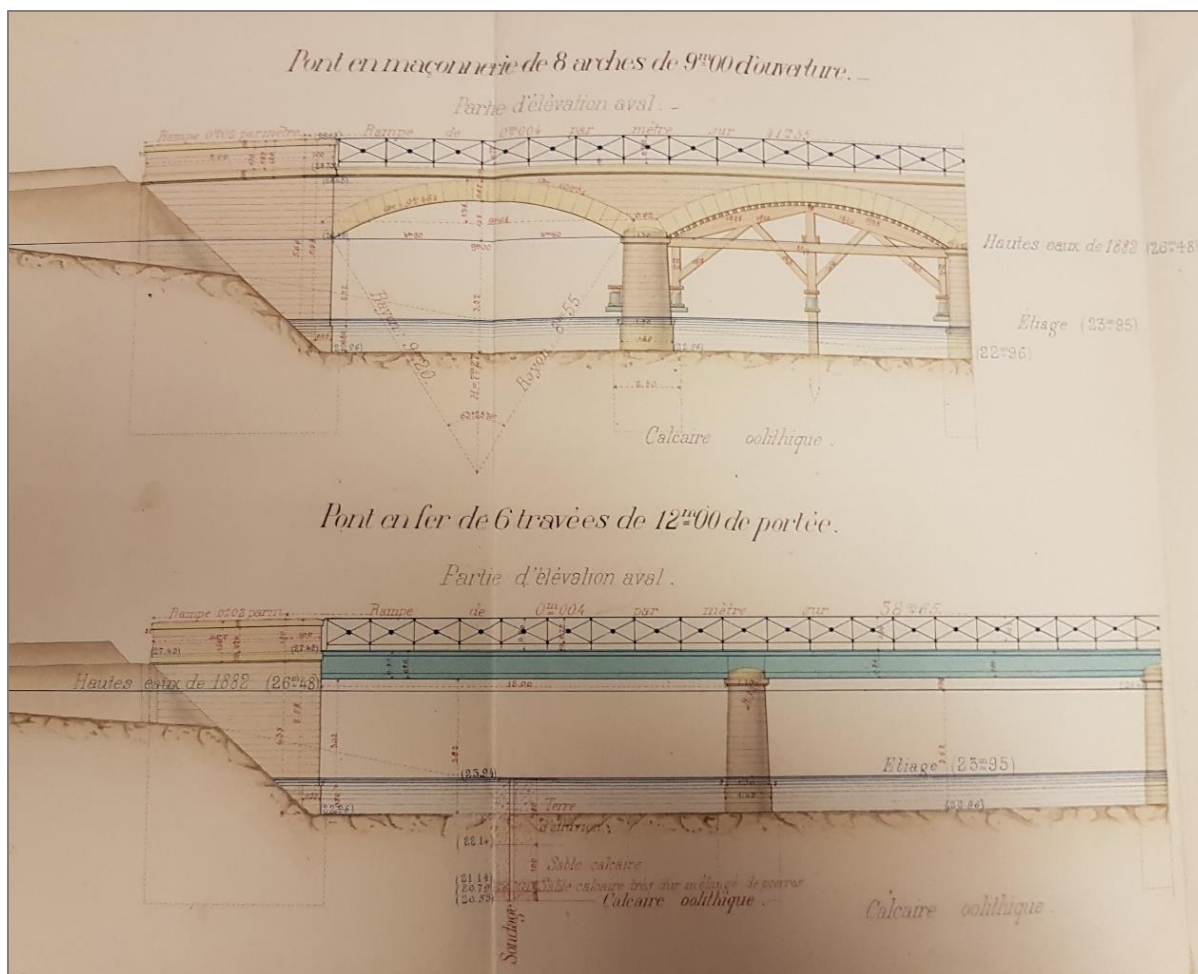


Figure 115 - Dessin des ouvrages de l'avant-projet de construction d'un pont en maçonnerie ou en fer sur l'Orne à Joeuf, octobre 1887. Les hautes eaux de 1882 sont représentées sur ces dessins. (Source : AD 54 – 3S88)



Figure 116 - Plan d'ensemble du projet de construction d'un pont sur l'Orne à Joëuf, août 1886
Des repères des crues de 1824 et 1882 figurent sur ce plan. (Source : AD 54 – 3S88)

Les demandes de travaux liées au développement industriel de la vallée peuvent également être illustrées par cette demande d'autorisation d'un exploitant de carrières pour l'établissement d'un chemin de fer aérien au-dessus de l'Orne à Homécourt, datant de mars 1899. L'exploitant souhaite cet aménagement pour le transport de pierres provenant de ses carrières et destinées à la construction de cités ouvrières. L'autorisation sera accordée dans la mesure où aucun support destiné à soutenir les câbles ne sera installé dans le lit de la rivière et où les bennes ne passeront pas à moins de 3,00 m au-dessus du niveau ordinaire des eaux. Le rapport qui concerne ce dossier stipule que si des matériaux tombent dans la rivière, l'exploitant devra les faire retirer à ses frais au fur et à mesure de façon à ne pas obstruer le cours de la rivière.

Les demandes pour des constructions de passerelles sur la rivière Orne sont également nombreuses. Ainsi, on peut citer le cas de la commune d'Olley qui demande en juillet 1890 l'autorisation de construire un ouvrage d'art submersible par les hautes eaux et qui ne gênerait pas l'écoulement des eaux afin d'assurer l'exploitation des propriétés situées sur la rive droite de l'Orne. Un chemin d'exploitation d'accès à des prés et des terres de propriétaires de la commune d'Olley traverse à gué la rivière Orne (figure 117). Or lors de petites crues les eaux empêchent le passage des véhicules qui peuvent conduire des amendements ou des récoltes. La demande sera acceptée sous certaines conditions décrites dans l'extrait du rapport de l'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées (figure 118).

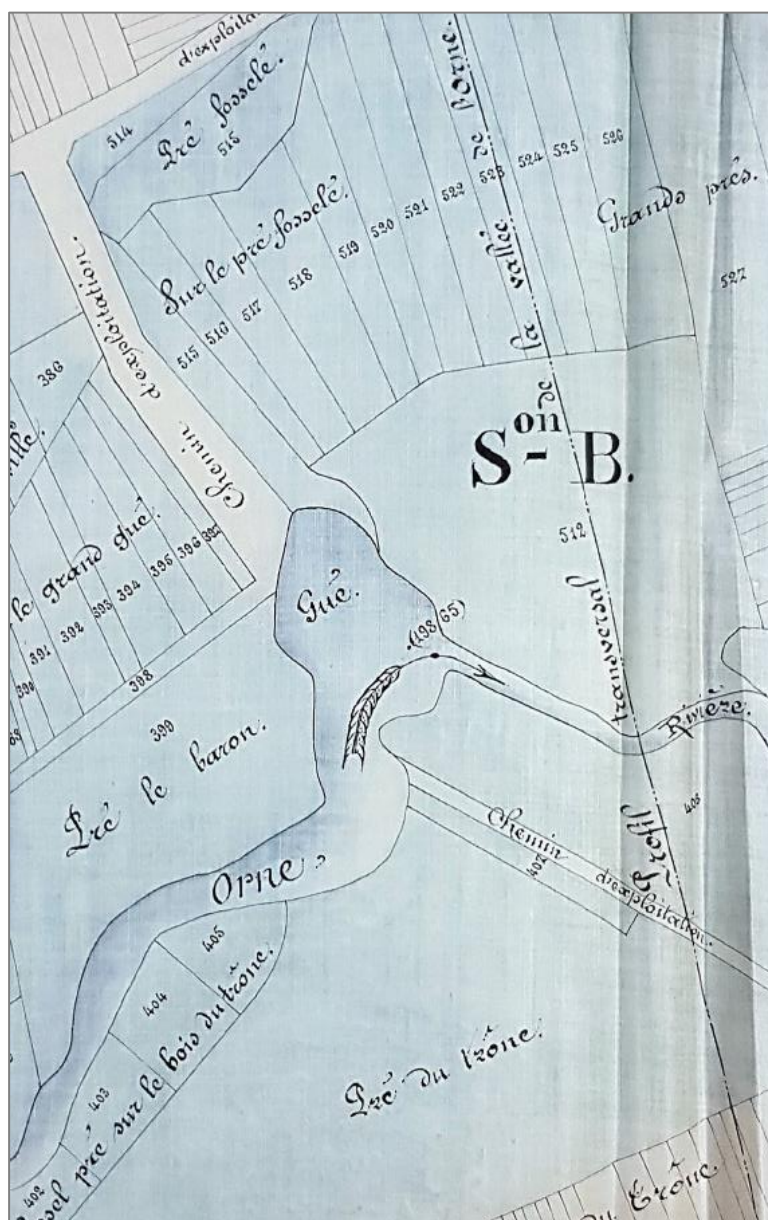


Figure 117 - Plan pour la construction d'une passerelle sur l'Orne à Olley. Plan annexé au rapport de l'Ingénieur datant de juillet 1890. (Source : AD54 – 3S88)

Nous estimons, en conséquence, qu'il y a lieu d'informer le Conseil Municipal d'Olley, qu'il peut construire, sous sa responsabilité, sur la rive d'Orne, à l'extrémité du quai traversé par un chemin d'exploitation, un aqueduc à plusieurs pentes, submersible par les hautes eaux, dans les conditions suivantes : Cet ouvrage présentera une largeur libre de débouché de 13^m 50 ; son radier sera arasé à la cote (198.65) et la partie inférieure des dalles de recouvrement, de 0^m 20 d'épaisseur, à la cote (199.88) par rapport au seuil du lavoir communal sud de cette localité, considérée à la cote (200.00) ; en outre, les têtes de cet aqueduc devront se raccorder, chacune, sur une longueur de 5^m 00, avec le terrain naturel, et aucun autre remblai ne devra être exécuté dans la vallée.

L'Ingénieur ordinaire.
E. Aubert

Figure 118 - Demande de construction d'une passerelle sur l'Orne à Olley en juillet 1890. Extrait du rapport de l'Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées. (Source : AD54 – 3S88)

D'autres exemples concernant **des demandes d'autorisation de construire des passerelles** figurent dans ce même dossier 3S88 des Archives Départementales de Meurthe-et-Moselle : une autorisation pour une passerelle en bois sur la rivière Orne déposée par la société de tir la Sentinelle de septembre 1909 ; une demande d'établissement d'un pont en pilotis en travers de l'Orne à Homécourt en avril 1899 ; une demande d'établissement d'un pont provisoire en bois en travers de l'Orne à Homécourt en mai 1899 ; une autorisation pour une construction d'un pont sur l'Orne à Homécourt en avril 1860 ; une demande d'élargissement d'une passerelle sur l'Orne à Boncourt en février 1923 figure également parmi ces documents.

Les demandes d'autorisation pour l'établissement de prises d'eau sont également nombreuses à cette époque. A titre d'exemple, on peut citer une demande pour réaliser deux prises d'eau provisoires dans l'Orne, faite par la société des mondes de fer de Giraumont en octobre 1929, ou une autre portée par la société des Hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson pour l'établissement d'une prise d'eau sur le territoire d'Auboué et datant d'avril 1929.

Les dossiers disponibles aux archives ne permettent pas toujours de déterminer si les aménagements ont été réalisés, mais les nombreuses demandes témoignent de l'évolution des aménagements dans la vallée au cours du XIX^{ème} et du XX^{ème} siècles. Les résultats de l'analyse diachronique confirment néanmoins de nombreuses rectifications du cours d'eau ainsi que l'établissement d'un nombre important d'ouvrages de franchissement à cette époque.

2.2. L'organisation de la défense et la gestion du risque inondation

A l'époque médiévale, les populations interprètent les catastrophes naturelles comme une expression de la désapprobation divine du Très Haut envers les fautes individuelles ou collectives (Litzenburger, 2015) et ces explications divines des catastrophes naturelles dominent jusqu'au XVII^{ème} siècle (Meschinnet de Richemond, 2016). On retrouve sous l'Ancien Régime des témoignages de processions et de prières à l'exemple de « l'année 1735, [où] la pluie tombant en grande abondance, on eut recours à Saint Sigisbert pour la faire cesser » (Pfister, 1908). Des mesures de protection et de prévention existent déjà à cette époque, mais elles ne sont pas formulées en ces termes car cela reviendrait pour l'humanité à tenter de se saisir trop ouvertement des qualités de Dieu, seul maître de la Création et du destin humain (Meschinnet de Richemond, 2011, cité dans Meschinnet de Richemond 2016). **C'est à partir du XIX^{ème} siècle que de nombreuses actions vont être menées sur les cours d'eau, témoignant de la volonté de valoriser les fonds de vallée inondables et de protéger les populations riveraines des débordements. La protection contre les inondations s'effectue par des mesures structurelles, encouragées par les progrès du génie civil.** Des protections de berge et des endiguements sont pratiqués en différents points, souvent pour protéger des aménagements réalisés dans la zone inondable.

À cette époque, les propriétaires ou les maires des communes peuvent demander, par la voie d'une pétition, l'autorisation à défendre les rives des terrains qu'ils possèdent. Ces demandes sont ensuite étudiées par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés de fournir au Préfet un avis sur le projet. On retrouve à ce sujet un document de 1853 très intéressant (AD54 - 3S112 - Dossier digues). La commission syndicale de Thézey-St-Martin y demande l'autorisation de réaliser un endiguement pour mettre à l'abri des inondations certaines terres. Le rapport précise que les premiers essais d'endiguement dans la commune, qui datent de 1848, ont été positifs et ont permis de protéger les récoltes de la commune de Thézey ; mais cet endiguement a été défavorable à la commune d'Abaucourt située sur la rive opposée et qui a dû *« supporter seule tout l'effort de ces crues si fréquentes ces 4 dernières années »*. La digue constitue dans la vallée de la Seille une innovation grave. Il est évident que si la commune de Thézey est autorisée à soustraire tout ou partie de ses prés à l'action des crues, la même autorisation devra être accordée à la commune d'Abaucourt. Le rétrécissement du lit des grandes eaux entre ces deux communes aura pour résultat

immédiat de rendre ces eaux plus hautes en amont, plus rapides en aval. Les communes d'amont et les communes d'aval devront donc à leur tour élever aussi des digues ; celles-ci contre les corrosions des courants supérieurs, celles-là contre les inondations devenues plus fréquentes et plus longues. Ainsi de proche en proche s'étendra forcément sur toute la vallée le système d'endiguement substitué à celui du libre écoulement qui a été jusqu'alors maintenu dans toute son intégrité. Une enquête générale est recommandée sur les 37 communes de Dieuze à la frontière avec l'Allemagne (donc à l'échelle de la vallée), avec pour questions : les inondations produites par les eaux de la rivière Seille font-elles plus de mal que de bien ? quels sont les terrains de la commune qui reçoivent les dépôts limoneux des grandes eaux ? quels sont les terrains de la commune qui gagneraient à être couverts par des digues.

Les aménagements visant à réduire le risque inondation suscitent donc très tôt des interrogations. Il faudra par contre attendre le XX^{ème} siècle pour qu'une politique de réglementation en matière d'aménagement en zone inondable s'impose. Des servitudes d'utilité publique sont instaurées, en 1935 avec les Plans de Surfaces Submersibles (PSS) qui ont pour objet d'assurer le libre écoulement des eaux et la préservation des champs d'inondation, puis en 1982 avec les Plans d'Exposition aux Risques (PER). Les PER constituent alors un nouvel outil complémentaire en étendant les préoccupations à la protection des biens et des personnes par la délimitation des zones selon leur vulnérabilité. La loi sur l'eau du 3 janvier 1992, qui souligne la nécessité de préserver les champs d'inondation (article 16), se concrétise par la mise en place en 1995 d'un outil unique qui rassemble les différents textes relatifs à la prise en compte des risques inondation : le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) qui constitue désormais l'unique outil applicable en la matière.

Mais l'amélioration de la gestion du risque inondation repose également sur une meilleure annonce et prévision des crues.

L'annonce de crue dans le bassin de la Moselle aval, du fait de son histoire particulière liée aux différents conflits franco-allemands, est relativement récente vis-à-vis de la mise en place des premiers règlements d'annonces de crue à l'échelle des grands bassins hydrographiques français (Houdré, 2001). Avant l'émergence des premiers règlements d'annonce de crue, c'est en novembre 1847 que le législateur décide de s'intéresser au suivi du niveau de l'eau, sur la Loire. Il faudra alors attendre 1854 pour qu'un arrêté vienne fonder un service hydrométrique pour la transmission des prévisions sur le bassin de la Seine. S'en suivent alors plusieurs études concernant les inondations sur les principaux cours d'eau français (Seine, Loire, Rhône et Garonne), mais c'est le 17 juin 1858 qu'est créé le premier service de correspondance pour l'annonce des crues, dans le bassin de la Meuse. A partir de là, les principaux bassins français seront rapidement dotés d'un service d'annonce de crue, mais malgré la proximité géographique avec la Meuse, ce ne sera pas le cas de la Moselle aval.

Jusqu'à l'annexion allemande, le bassin de la Moselle aval ne connaît donc pas de système d'annonce de crue. A partir de 1871, l'Empire allemand commence à moderniser considérablement le suivi du niveau d'eau sur l'ensemble du linéaire de la Moselle aval (cf. 4.1.1). Aussi, à l'amont, le Service de la Navigation de Nancy commence à étudier la possibilité de mettre en place un service d'annonce de crue sur leur secteur (Meurthe et Moselle amont) (AD 54 3S560). Le 27 juin 1872, les gestionnaires allemands négocient avec les gestionnaires français pour obtenir des renseignements en cas de crues importantes (AD57 15AL658). Les négociations prévoyaient dès septembre le prolongement de la ligne télégraphique d'annonce de crue du Service de la Navigation, vers les territoires allemands. On imagine l'importance des enjeux en Moselle, pour que les deux antagonistes étudient une solidarité amont-aval, deux ans seulement après la fin de la guerre.

Pendant ces négociations, l'annonce de crue sur le bassin de la Moselle aval débute avec la mise en place d'un fil télégraphique entre Jouy-aux-Arches et Metz, en 1875, le long du canal latéral de la Moselle (AD57 15AL658). C'est deux ans plus tard, en 1877, que la coopération franco-allemande démarre, avec le premier fil télégraphique international, entre Pont-à-Mousson et Jouy-aux-Arches, reliant directement le Service de la Navigation de Nancy et le *Wasserbau-Bezirk von Metz*. Cette coopération entre les deux nations deviendra finalement officielle en 1879, dans le premier règlement d'annonce de crue du département de la Meurthe-Moselle (AD88 1005S4) : « Il [L'ingénieur ordinaire] *donnera immédiatement avis de la crue, par voie télégraphique [...] à l'autorité allemande, à Metz* ». Concrètement, ce texte oblige l'ingénieur ordinaire du canal latéral de la Moselle à annoncer aux autorités allemandes qu'une crue est en cours et il doit tenter de prévoir « *l'heure et la hauteur du maximum probable de la crue à Toul* » et transmettre les informations. Cependant, l'avis de crue n'est pas défini par un seuil de hauteur d'eau mais il est basé sur l'appréciation des ingénieurs.

Il faudra finalement attendre le 9 septembre 1882 pour voir le premier règlement d'annonce de crue concernant la Moselle aval (et la Sarre) (AD57 15AL658). Ce document, rédigé en allemand et en français, prévoit :

- Article 1 : de déclencher l'annonce de crue lorsque la hauteur de la Moselle à Millery dépasse 3 m et continue de monter, ou lorsque les ingénieurs présents dans la Moselle supérieure ou sur la Meurthe déclarent une crue extraordinaire. Dans ces cas, « *l'ingénieur de la navigation à Metz en donne avis au gouvernement impérial, à la direction impériale des fortifications, à la direction impériale de police et à la mairie de Metz* » ;
- Article 2 : d'informer les communes menacées par les inondations (une liste exhaustive de 30 communes est donnée), ainsi que la direction des arrondissements de Metz et Thionville. Aussi, l'ingénieur de la navigation de Metz doit prévenir le directeur des travaux de la navigation de Strasbourg, les maires de Remich et Grevenmacher, le conseiller de régence et des travaux publics à Trèves, en cas de pluies torrentielles, de crues subites et de débâcles. Pour terminer, l'ingénieur de la navigation de Metz doit prévenir toutes les instances ci-dessus lorsque la crue atteint son maximum à Millery ou à Metz ;
- Article 7 : les télégrammes doivent être les plus brefs possible, et comportent obligatoirement le niveau de l'eau à l'échelle d'observation, en centimètres.

Deux différences notables apparaissent entre les règlements d'annonce de crue classiques français, et celui de la Moselle en 1882. D'abord, il n'est pas indiqué si le suivi de la crue doit être régulier, de combien de temps les télégrammes doivent espacés, etc... Il n'y a aucune temporalité dans ce règlement. Aussi, l'ingénieur de la navigation de Metz doit prévenir toutes les communes susceptibles d'être inondées, dès qu'il est averti qu'une crue se produit en Meurthe-et-Moselle, tandis qu'en France cette annonce se fait généralement plus tard, lorsque les niveaux deviennent critiques.

Malheureusement, **à l'heure actuelle il nous est impossible de dire si ce règlement a connu des modifications par la suite**, comme ça a été le cas pour le règlement d'annonce de crue de la Meurthe-et-Moselle qui a été révisé plusieurs fois à la suite de différents retours d'expérience (crue de 1910 principalement). Effectivement, **aucun règlement d'annonce de crue entre celui de 1882 et ceux de 1953 et 1957 n'a été trouvé aux archives**. Cependant, durant toute cette période, l'annonce internationale des crues qui avait été mise en place à partir 1877 a perduré, puisque tous les règlements d'annonce de crue du département de la Meurthe-et-Moselle précisent que l'Ingénieur de la navigation de Metz, ou les autorités allemandes compétentes, doivent être avertis en cas de crue. Pour ce qui est de la partie française du bassin Moselle aval de l'époque (entre Custines et Pagny-sur-Moselle), c'est le barragiste de Millery qui devait avertir les mairies de Pont-à-Mousson, Pagny-sur-Moselle et Champey (à partir de 1896). Il est à noter que le règlement d'annonce de crue du département de Meurthe-et-Moselle de 1911 ajoute le cours de l'Orne. Le cantonnier de Puxe devait avertir l'Ingénieur de Briey, les maires de Conflans, Hatriz, Auboué, Homécourt et Joeuf ainsi que le sous-préfet. En revanche, ce règlement et celui de 1922 ne prévoyaient pas d'avertir l'administration allemande pour l'Orne. Pour la Seille il n'y avait, a priori, toujours pas d'annonce de crue. Il est aussi important de remarquer que, malgré la fin de l'annexion allemande suite à la fin de la 1^{ère} Guerre Mondiale, les administrations mosellanes ne deviennent pas françaises de suite. Il faut attendre la loi du 1^{er} juin 1924 pour voir une réintégration complète du territoire. Ainsi, c'est le Service de la Navigation de Nancy qui récupère les compétences liées aux cours d'eau de la Moselle aval.

Malgré tout, **il subsiste donc une lacune temporelle concernant l'annonce de crue jusqu'au 10 novembre 1953 (AM Metz 30Magn4), date du premier règlement d'annonce de crue du département de la Moselle concernant les cours d'eau navigables**. Le principal changement est qu'à partir de ce moment, l'annonce de crue se fait en lien avec le Service de la Navigation, mais elle est gérée par département et c'est le préfet qui la coordonne. Grande nouveauté, le règlement prévoit un article concernant les observations météorologiques qui doivent être transmises aux services compétents. Le règlement d'annonce de crue réglemente donc également les observations météorologiques. Pour l'hydrométrie, l'annonce de crue sur le Moselle ne concerne que deux échelles, celle de Metz Pont des Morts dont s'occupe la subdivision du Service de la Navigation de Metz, et celle du barrage d'Uckange dont s'occupe la subdivision de Thionville. Le règlement légifère aussi sur la prévision des crues, en demandant à l'Ingénieur de Metz de prévoir la marche de la crue à Metz à partir des informations transmises par le barragiste de Millery. Pour ce qui est de l'ingénieur de Thionville, il doit prévoir la marche de la crue de la Moselle à Thionville à partir des informations transmises par les ingénieurs de Metz et de Conflans (pour l'Orne). Le règlement prévoit, en plus des avis d'annonce de crue, un avis de maximum de la crue ainsi qu'un avis final d'annonce de crue. Tous ces avis doivent posséder au moins la hauteur de l'eau à l'échelle concernée ainsi que toute information importante à déclarer (rupture de digue, submersion de quartier, etc.). Finalement, le cœur du règlement se compose d'un tableau, qui reprend les cotes qui fixent les seuils d'annonce de crue à chaque échelle, le poste

avertisseur, la ou les personnes à avertir suivant la cote atteinte ainsi que les heures d'observations (figure 119).

Cotes à l'échelle de la station	:	:	:	Postes à avertir	:	:
Cotes de :	Cotes d' :	Cotes à :	Cotes des :	Poste avertisseur :	Avis à envoyer :	Dès la cote de :
surveil- inondation :	partir de :	plus gran- :	des crues :	:	:	En période de surveillance :
lance :	Commence- :	laquelle :	des crues :	:	:	surveillance :
ment de dé- fin crue :	observées :	:	:	:	:	quand la montée horaire de :
bordement :	est très :	1910-1919 :	:	:	:	pas de 0 m 10 :
général :	grave :	1947 :	:	:	:	ou lorsqu'il est prévu :
:	:	:	:	:	:	que la cote d'inondation :
:	:	:	:	:	:	sera atteinte :
:	:	:	:	:	:	ou lorsque cette cote est :
:	:	:	:	:	:	atteinte :

Figure 119 - En-tête du règlement d'annonce de crue du département de la Moselle du 1953.

Ce règlement sera suivi en 1957 par le règlement d'annonce de crue des cours d'eau non navigables du département de la Moselle. Il reprend le format du règlement d'annonce de crue des cours d'eau navigables, mais concerne uniquement l'Orne, la Seille et la Nied. Là encore, le règlement s'appuie d'abord sur les observations météorologiques avant de commencer le suivi hydrométrique. L'annonce de crue concerne pour l'Orne, les échelles de Moyeuve-Grande et Gandrange (subdivision de Metz) ; pour la Seille, les échelles de Chambrey (subdivision de Château-Salins) et Magny (subdivision de Metz). Les prévisions aux échelles de la Seille sont faites à partir des observations pluviométriques de Metz-Frescaty, de cinq échelles disposées le long de la Seille, et des relevés de la Moselle à Metz Pont des Morts pour prendre en compte un éventuel barrage hydraulique à la confluence. Pour l'Orne, la prévision se fait à partir des observations pluviométriques de Chambrey, des cotes lues aux échelles de Meurthe-et-Moselle et de la cote de l'échelle de Richemont. En plus des maires et des ingénieurs des subdivisions de Metz et Thionville, il est prévu d'informer les industriels de la vallée de l'Orne en cas de crue, ils représentent donc un enjeu important.

Ce système de suivi et d'alerte par le Service de la Navigation avec les cahiers de crue, et la gestion de la crise plus locale avec les règlements d'annonce de crue départementaux, va perdurer jusqu'à l'incorporation du Service de la Navigation de Nancy dans VNF, au début des années 1990. Les règlements d'annonce de crue départementaux seront régulièrement mis à jour, comme en 1972 (CAITM 1661W362). Pendant ce temps, l'annonce de crue au niveau international qui s'était un peu perdue à la suite des deux conflits mondiaux, va renaître le 1^{er} octobre 1987⁴³. Effectivement, l'accord de 1987 entre les gouvernements français, allemands et luxembourgeois, prévoit l'implantation de six stations d'annonce de crue sur les bassins de la Moselle et de la Sarre, dont trois sur la Moselle aval (Custines, Hauconcourt et Uckange). Aussi, l'accord prévoit de faciliter l'échange de données entre l'amont et l'aval. Compte tenu des avancées techniques, cet accord sera précisé lors de la convention du 20 octobre 2007 et retranscrit dans la loi française le 18 novembre 2011⁴⁴. L'échange de données amont/aval est étendu à l'ensemble des stations

⁴³ Accord tripartite (France, Allemagne, Luxembourg) du 1^{er} octobre 1987 concernant l'annonce de crue dans le bassin de la Moselle et de la Sarre : <https://www.ifrc.org/docs/idrl/I388FR.pdf>

⁴⁴ Décret n°2011-1575 portant publication de l'accord international relatif à l'annonce des crues dans le bassin versant de la Moselle : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000024814198>

de mesure ainsi qu'aux données météorologiques. Aussi les services de prévisions des trois nations partagent désormais le même outil de prévision des crues.

Pendant ce temps, en France, on développe le projet SARDAC (Système Automatisé de Données pour l'Annonce de Crues) qui vise à moderniser l'annonce et la prévision des crues (figure 120) par une automatisation des stations d'annonce de crue. Aujourd'hui, on retrouve les stations de Custines, Metz Pont des Morts, Hagondange (en remplacement de Hauconcourt) et Uckange sur la Moselle aval ; Chambrey, Nomeny et Metz Pont Lothaire pour la Seille ; Étain, Jarny et Moyeuvre-Grande pour l'Orne. Les autres stations existantes servant au suivi hydrométrique général, mais pas à l'annonce de crue.



Figure 120 - Automatisation de la station existante d'Uckange. Début des années 1980, dans le cadre du projet SARDAC. (Source : Archives DREAL Grand Est)

La loi n°2003-699 du juillet 2003⁴⁵ relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages vient revoir toute l'organisation concernant l'annonce de crue. La loi prévoit que l'organisation de la surveillance, de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues soit assurée par l'État et plus particulièrement le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI) au niveau national. A l'échelle locale, la surveillance, la prévision et la transmission de l'information sur les crues se fait par la DREAL Grand Est, et la prévision des crues est établie par le Schéma Directeur de la Prévision des Crues (SDPC) du bassin Rhin-Meuse. Cependant, on retrouve encore un Règlement Départemental d'Annonce de Crue (RDAC)⁴⁶, mis en place par la préfecture, et qui va principalement s'intéresser à la gestion de la crise au niveau local, avec la transmission de l'information auprès des collectivités territoriales et de la population.

⁴⁵ Loi du 30 juillet 2003 : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000604335/>

⁴⁶ RDAC Moselle, 2016 : <https://www.moselle.gouv.fr/content/download/7200/60797/file/RDAC%202016%20.pdf>

Conclusion

Cette étude a été menée dans le cadre de l'élaboration du PAPI d'intention Moselle aval. Elle avait deux principaux objectifs :

- la réalisation d'une analyse diachronique de l'évolution des aménagements en zone inondable
- et la reconstitution des inondations au cours des trois derniers siècles.

Ce travail géohistorique pourrait constituer une base d'analyse de l'évolution du risque inondation sur le territoire, mais les déterminants de la variabilité des extrêmes hydrologiques sont nombreux et rendent toute interprétation délicate. En effet, si les crues ont principalement une origine climatique, les actions anthropiques peuvent modifier la réponse du bassin versant au cours du temps. La distinction entre facteurs naturels et humains dans la genèse et l'intensité de ces événements est donc difficile à établir. Par ailleurs, l'utilisation de sources documentaires rend l'analyse historique dépendante de la quantité d'archives disponibles et de la perception de l'événement qui varie en fonction du contexte socio-culturel. Si les séries reconstituées à partir des archives hydrométriques ont pu être homogénéisées, le classement des événements qui repose en partie sur les sources documentaires peut être biaisé.

La comparaison des résultats de ces recherches avec d'autres études historiques sur les inondations permet d'identifier des événements d'ampleur régionale. Ainsi, les événements de 1824 et 1919 ont été considérables sur le Rhin (Pardé, 1931). Les crues de 1740 et 1880 constituent des événements majeurs sur la Meuse (Suttor, 1990). Sur la Moselle allemande, Sartor et al. (2010) mettent en évidence des périodes avec une concentration d'événements majeurs : les années 1740 (sur la Moselle on retrouve 1734 et 1740 en classe 3 et 1736 en classe 2), 1820 (1824 est en classe 3 sur la Moselle), 1840 (1844 est en classe 3), 1920 (1919 est en classe 3, 1910, 1920 et 1924 en classe 2) et 1990 (l'année 1993 est en classe 2 sur le territoire d'étude). Giacona et al. (2019), qui ont notamment travaillé sur des cours d'eau alsaciens et développés l'importante base de données ORRION, identifient une période de forte activité, de 1700 à 1850, suivie d'une accalmie avant une reprise fin XX^{ème} début XXI^{ème} siècle. D'un point de vue cyclique, on retrouve ces caractéristiques avec la période de forte activité de 1700 à 1850, suivie d'une période sans événement majeur avant une reprise au XX^{ème} siècle.

Pour ces événements d'ampleur régionale, la part climatique peut être avancée même si les facteurs anthropiques ont pu avoir une influence sur l'intensité des événements et leurs impacts. Le rôle climatique se traduit également à travers la fin des épisodes de débâcles. Les crues de débâcles, très présentes jusqu'au XIX^{ème} siècle, disparaissent en effet progressivement en raison du réchauffement climatique qui

marque la fin du Petit Âge glaciaire. Mais **cette crise climatique est également aggravée par l'artificialisation croissante des sols et les aménagements dans les fonds de vallées inondables.** Les zones d'expansion des crues se réduisent et les enjeux augmentent, conduisant à une aggravation du risque inondation. Les nombreux ouvrages hydrauliques construits directement, ou à proximité immédiate du lit mineur, **ont aussi pu avoir un impact sur l'écoulement des eaux en période de crue.** Les nombreuses plaintes qui figurent dans les documents d'archive en témoignent. Si l'aléa climatique est bien à l'origine de la genèse des épisodes extrêmes, **le caractère très dommageable des événements récents s'explique par l'augmentation de la vulnérabilité du territoire.**

Les résultats issus de cette étude seront intégrés à la BDHI et pourront être utilisés par le Syndicat Mixte Moselle Aval pour informer et sensibiliser la population au risque inondation. La connaissance des événements passés est aujourd'hui au cœur des politiques de prévention et de gestion des risques naturels. L'information historique contribue en effet à une meilleure connaissance des inondations et participe au développement d'une culture du risque.

Glossaire et acronymes

AD :	Archives Départementales
Anaclinal :	Qualifie une direction opposée à la direction du pendage (George et Verger, 1996)
Bâti :	Le bâti cartographié dans le cadre de cette étude recouvre l'ensemble des bâtiments, c'est-à-dire des constructions à usages variés (habitation, industriel, agricole, etc.). Il est issu de la BDTopo 2016.
BfG :	Bundesanstalt für Gewässerkunde (institut fédéral d'hydrologie)
BNF :	Bibliothèque Nationale de France
CAITM :	Centre des Archives Industrielles et Techniques de Moselle
CAMIFEMO :	Canal des Mines de FER de la MOselle
Cataclinal :	Qualifie une direction conforme à celle du pendage des couches géologiques (George et Verger, 1996)
DDAF :	Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt
DDT :	Direction Départementale des Territoires
DREAL :	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EAIP :	Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles
EDF :	Électricité De France
EPRI :	Évaluation Préliminaire des Risques Inondations
EPTB :	Établissements Publics Territoriaux de Bassin
IGN :	Institut National de l'information Géographique et forestière
LOTERR :	Centre de recherche en géographie
NGF 69 :	Nivellement Général de la France
N.N :	Nivellement allemand
Orthoclinal :	Qualifie une direction perpendiculaire au pendage (George et Verger, 1996)
PAPI :	Programmes d'Actions de Prévention des Inondations
PER :	Plans d'Exposition aux Risques
PKH :	Point Kilométrique Hydrographique
PPRi :	Plan de Prévention du Risque Inondation
PSS :	Plans de Surfaces Submersibles
QIX :	Débit Maximal Instantané généralement en m3/s

QMA :	Module ou Débit Moyen Annuel généralement en m ³ /s
Qsp :	Débit Spécifique donné en l/s/km ²
RMSE :	Root Mean Square Error ou Erreur Moyenne Quadratique (EMS)
ROE :	Référentiel des Obstacles à l'Écoulement
SCR :	Système de Coordonnées de Référence
SFH :	Service des Forces Hydrauliques
SHF :	Société Hydrotechnique de France
SMMA :	Syndicat Mixte Moselle Aval
SNCF :	Société Nationale des Chemins de fer Français
SIG :	Système d'Information Géographique
SLGRI :	Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation
SPC :	Service de Prévision des Crues
SRAEL :	Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Lorraine
TRI :	Territoires à Risques importants d'Inondation
VNF :	Voies Navigables de France
WMS :	Web Mapping Services
WSV :	Wasser und Schifffahrtsdirektion (direction des voies navigables allemandes)