Analyse diachronique du tracé des cours d'eau et des aménagements en zone inondable dans le bassin de la Moselle aval depuis le XIXème siècle : étude réalisée dans le cadre du Programme d'Action et de Prévention des Inondations de la Moselle aval

Eric Bonnot

▶ **To cite this version:**

Eric Bonnot. Analyse diachronique du tracé des cours d'eau et des aménagements en zone inondable dans le bassin de la Moselle aval depuis le XIXème siècle : étude réalisée dans le cadre du Programme d'Action et de Prévention des Inondations de la Moselle aval. Géographie. 2020. hal-03035964

HAL Id: hal-03035964

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03035964

Submitted on 2 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

Éric BONNOT

Année 2019-2020

Master STPE spécialité ERGA

Rapport de stage 2ème année

Analyse diachronique du tracé des cours d'eau et des aménagements en zone inondable dans le bassin de la Moselle aval depuis le XIXème siècle.

Étude réalisée dans le cadre du Programme d'Action et de Prévention des Inondations de la Moselle aval.

Mots-clés : **DIACHRONIE - INONDATION - ÉTUDE GÉOHISTORIQUE - SIG - PAPI - MOSELLE AVAL**

Stage réalisé du **06 janvier** au **03 juillet 2020**

dans le **Centre de Recherche en Géographie LOTERR**

sous la direction de :

Mme Claire LANG-DELUS

Mémoire soutenu le 15 juin 2020 devant le jury composé de :

M. Gilles DROGUE (Président du jury)

Mme Claire LANG-DELUS (Tutrice de stage)

M. Didier FRANCOIS (Rapporteur)

Étude financée par :

Remerciements

Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui ont contribué à cette étude et au bon déroulement de ce stage.

Tout d'abord je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à Mme Claire LANG-DELUS, tutrice de ce stage, pour m'avoir fait confiance et ce depuis mon M1. Je la remercie pour ce stage qui m'a beaucoup apporté et qui me permet d'être épanoui professionnellement. Aussi, j'aimerai la remercier pour les nombreuses relectures, corrections, et plus largement pour sa disponibilité et ses nombreux conseils toujours bienveillants.

Ensuite, j'aimerais remercier Mr Didier FRANCOIS, rapporteur de ce stage, qui a contribué au bon déroulement de l'étude et qui a su être présent pour de nombreux conseils en informatique.

Aussi, j'aimerais remercier Mr Gilles DROGUE, responsable de Master et président du jury, qui m'a soutenu pour ma candidature en Master.

Enfin, j'aimerais remercier les doctorants et stagiaires du laboratoire pour leur bonnes humeurs et leurs conseils : Frédérique, Sabrina, Nassima, Hajar, Nicolas.

Plus largement maintenant, j'aimerais remercier l'ensemble du corps professoral du laboratoire LOTERR pour ces nombreuses années d'apprentissage en géographie. Particulièrement Mr Benoît LOSSON pour sa confiance tout au long de mon cursus universitaire mais aussi ses conseils concernant cette étude, également Mr Emmanuel GILLE qui m'a permis de découvrir ma passion pour la géographie et qui m'a toujours soutenu.

Pour terminer, j'aimerais remercier les membres de ma famille d'avoir toujours été présents notamment mes parents Catherine et Christophe, ainsi que Roxane qui a su être à mes côtés dans tous les moments et qui m'a apporté un soutien sans faille.

Table des matières

TABLE DES MATIERES **1**

LISTE DES TABLEAUX **2**

LISTE DES FIGURES **2**

LISTE DES ANNEXES **2**

STRUCTURE D'ACCUEIL : LE LOTERR **3**

INTRODUCTION **4**

CHAPITRE I : ÉTAT DE L'ART ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE **5**

I.1. ÉTAT DE L'ART 5
I.1.1. L'analyse diachronique, un outil de l'approche géohistorique *5*
I.1.2. L'apport de la géohistoire dans la connaissance du risque inondation *6*
I.1.3. L'apport de l'analyse diachronique dans la détermination des fuseaux de mobilité historique *7*
I.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 8
I.2.1. Le territoire de gouvernance du SMMA *8*
I.2.2. Orohydrographie *9*
I.2.3. Hydro-climatologie *11*
I.2.4. Occupation du sol et géologie *12*
I.2.5. Une utilisation ancienne de la ressource en eau *14*

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE L'ETUDE HISTORIQUE **15**

II.1. INVENTAIRE DES RESSOURCES DISPONIBLES 16
II.1.1. La carte de Cassini *16*
II.1.2. Les cartes d'État-Major *17*
II.1.3. Les orthophotographies *17*
II.1.4. La BDTOPO *18*
II.2. INTEGRATION DES DONNEES HISTORIQUES A UN SIG 19
II.2.1. Le géoréférencement *19*
II.2.1.a. La méthode de géoréférencement 19
II.2.1.b. L'erreur EMS 19
II.2.1.c. Les paramètres de géoréférencement 20
II.2.1.d. Les points de calage 20
II.2.2. La vectorisation *20*

CHAPITRE III : RESULTATS **21**

III.1. DES COURS D'EAU PEU MOBILES 21
III.2. UNE EXPLOITATION DU MATERIEL ALLUVIAL DE PLUS EN PLUS IMPORTANTE 24
III.3. L'EMPRISE DU BATI EN CONSTANTE AUGMENTATION AU SEIN DES EAIP 26
III.3.1. Une augmentation du bâti inégale entre les vallées *26*
III.3.2. Une évolution variée du bâti le long des linéaires *27*

CHAPITRE IV : DISCUSSION **31**

CONCLUSION **35**

BIBLIOGRAPHIE **36**

GLOSSAIRE **41**

ANNEXES **42**

Liste des tableaux

Tableau I - Principales caracteristiques hydrologiques des trois cours d'eau etudies (d'apres la Banque Hydro) 11
Tableau II - Occupation du sol des bassins versants etudies : comparatif 13
Tableau III - Historique de la canalisation de la Moselle par tronçon (d'apres VNF : J.Abele, G.François, L.Mayne ; 2015) 15

Liste des figures

Figure 1 - Organigramme du LOTERR (d'apres https://loterr.univ-lorraine.fr/content/presentation-du-loterr) 3
Figure 2 - Logo du syndicat 8
Figure 3 - Perimetre d'action du Syndicat Mixte Moselle Aval 9
Figure 4 - Regimes hydrologiques des trois cours d'eau etudies (Banque Hydro) 11
Figure 5 - Diagramme ombrothermique a la station de Metz-Frescaty, 1971-2000 (Infoclimat) 12
Figure 6 - Extrait des feuilles 110/111/141/142 de Cassini (sud-ouest de Metz), montrant notamment les deformations geographiques induites par le changement de feuille (d'apres geoportail.gouv.fr) 16
Figure 7 - Extrait de la feuille "Metz" des cartes d'Etat-Major (d'apres geoportail.gouv.fr) 17
Figure 8 - Exemple d'orthophotographie, Uckange le 28 mai 1928 (cliche 96050 de la mission C3411-0561) 17
Figure 9 - Inventaire chronologiques des sources de donnees 18
Figure 10 - Recoupement de meandre deja visible sur la carte de Cassini, a Cattenom (Geoportail) 22
Figure 11 - Canal lateral de la Moselle a l'amont de Pont-a-Mousson des 1930 22
Figure 12 - Apparition du CAMIFEMO a l'ouest du lit de la Moselle, entre Hauconcourt et Richemont (gauche : État-Major ; droite : actuel) 22
Figure 13 - Recoupement de meandre pour accueillir les grands gabarits a Belleville (gauche : annees 50 ; droite : annees 80) 22
Figure 14 - Bourreles de curage le long de la Seille dans les annees 50, aval de Moyenvic (cliche 57-1955-0960-6860, IGN) 23
Figure 15 - Derivation de la Seille pour l'alimentation d'un moulin pres d'Abaucourt sur la carte d'Etat-Major (Geoportail) 23
Figure 16 - Rectification de l'aval de l'Orne, de Rosselange a la confluence (bleu : annees 50 ; turquoise : annees 80) 23
Figure 17 - Le sillon mosellan a l'aval d'Argancy, entre gravieres et bati (d'apres A.Humbert, Lecture des paysages lorrains, 2017) 24
Figure 18 - Evolution de l'emprise des gravieres dans l'EAIP de la Moselle aval 24
Figure 19 - Evolution de l'emprise des gravieres au sein de l'EAIP dans la vallee de la Moselle aval 25
Figure 20 - Evolution du bati au sein des EAIP etudies 26
Figure 21 - Evolution de la superficie du bati par EAIP 27
Figure 22 - Evolution de l'emprise du bati au sein de l'EAIP dans la vallee de la Seille 28
Figure 23 - Evolution de l'emprise du bat au sein de l'EAIP dans la vallee de l'Orne 29
Figure 24 - Perte de bati, aval de Joeuf (gauche : cliche F3112-3512_0069 des annees 80, IGN - droite : actuellement) 29
Figure 25 - Evolution de l'emprise du bati au sein de l'EAIP dans la vallee de la Moselle aval 30
Figure 26 - Comparaison entre la superficie actuelle du bati et celle des gravieres par zone, le long de la Moselle 30
Figure 27 - Un batiment represente par plusieurs polygones decales (du plus fonce au plus clair : annees 80 - 50 - 30) 32
Figure 28 - Exemple de delimitation d'un cours d'eau rendu difficile du fait de la ripisylve presente qui apporte une ombre sur le cours d'eau, Rosselange (cliche 57-1955-0923-6911, IGN) 32
Figure 29 - Exemple de mauvais calage de la feuille d'État-Major deduit de la comparaison entre le lit actuel (jaune) et le lit a l'epoque (bleu) : vallee de la Seille (Geoportail) 33
Figure 30 - Exemple de mauvais calage de la feuille d'État-Major deduit de la comparaison entre le decoupage administratif actuel (vert) et le decoupage a l'epoque (rouge) : vallee de la Seille (Geoportail) 33
Figure 31 - Decalage important du bati actuel (rouge) par rapport au bati de l'epoque : Cite Jeanne d'Arc a Terville (cliche 96080 de la mission C3411-0561 de 1928, IGN) 33

Liste des annexes

A. Calendrier 42
B. Orohydrographie du bassin versant de la Moselle 43
C. Occupation du sol du bassin de la Moselle 44
D. Geologie du bassin de la Moselle 45
E. Erreur quadratique moyenne des orthophotographies 46
F. Resultats generaux des superficies du bati et des gravieres 46
G. Carte du decoupage des EAIP pour l'interpretation des resultats 47
H. Listes des modifications des lits 48
I. Evolution du bati au sein des EAIP 49

Structure d'accueil : Le LOTERR

Le laboratoire de recherche en géographie LOTERR[1] est une unité de recherche créée le 1er janvier 2013 par la fusion du Centre d'Études Géographique de l'Université de Metz (CEGUM) et du Centre d'Études et de Recherche sur les Paysages (CERPA) de Nancy. Il consacre ses recherches à l'étude des territoires d'un point de vu naturel, paysagé et patrimonial. Aussi, l'impact des sociétés sur l'environnement y est étudié avec différentes thématiques comme l'aménagement du territoire ou même l'économie. Le laboratoire dispose de trois axes de recherches (Figure 1) :

1. Eaux et milieux
2. Transitions paysagères et territoriales
3. Transitions, acteurs et aménagements

Ce stage s'inscrit dans le cadre de travaux menés dans l'axe 1, Eaux et milieux.

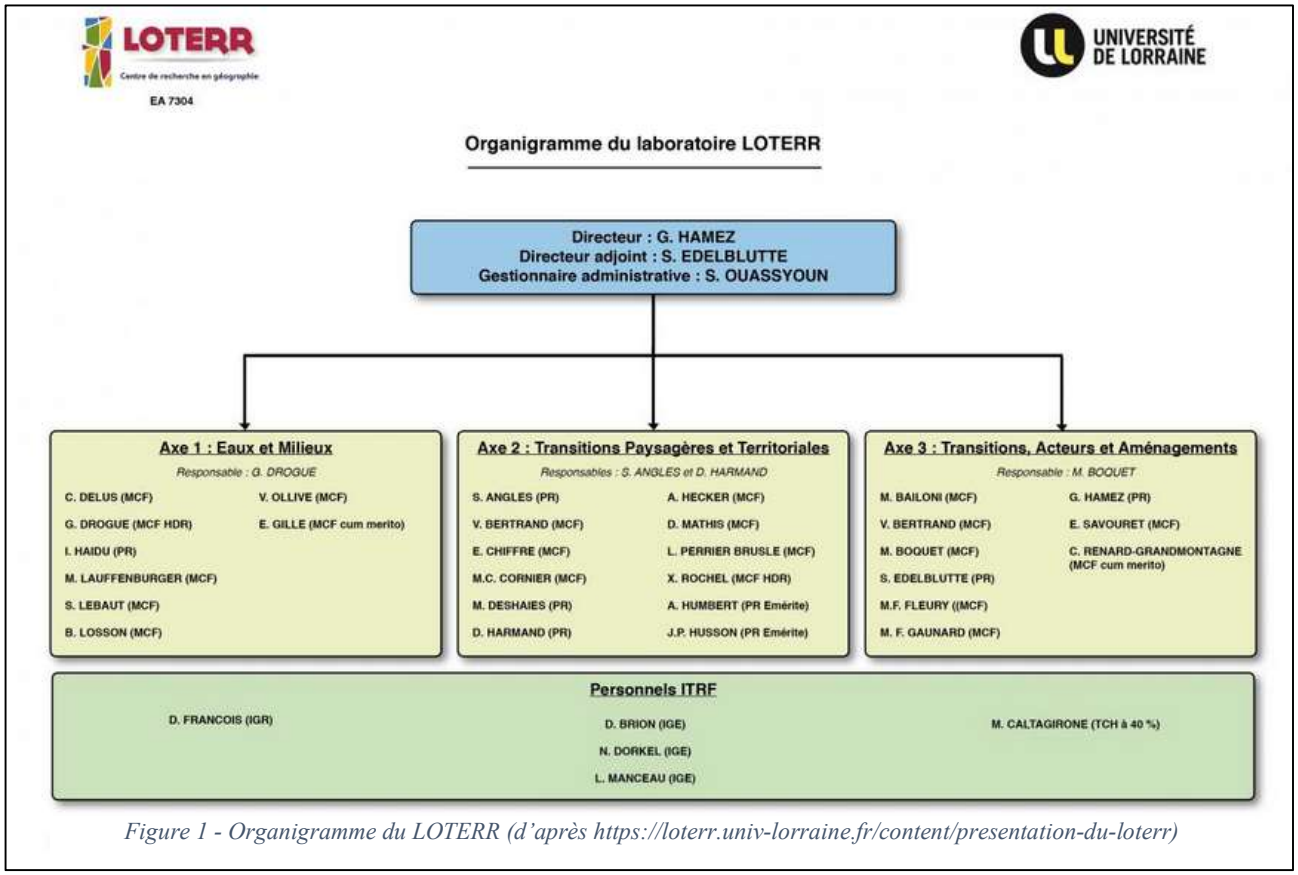


Figure 1 - Organigramme du LOTERR (d'après https://loterr.univ-lorraine.fr/content/presentation-du-loterr)

[1] https://loterr.univ-lorraine.fr/

Introduction

Suite à la Directive Inondation (Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, 2007) transposée dans le droit français en 2011 (Décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, 2011), le principe de gestion du risque inondation est « intégré » à l'échelle d'un bassin versant. Localement, de nombreuses collectivités territoriales se sont structurées en établissements publics afin d'assurer cette gouvernance sur des territoires cohérents.

Ainsi, le Syndicat Mixte Moselle Aval (SMMA) a été créé le 14 décembre 2017[2] pour réduire le risque inondation à l'échelle du bassin versant de la Moselle aval. Pour répondre à cet objectif, le SMMA s'est lancé dans une démarche de Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) d'intention[3]. Le PAPI[4] a été créé pour promouvoir une gestion intégrée du risque inondation au sein d'un bassin, à travers sept axes d'actions. Désormais dans sa troisième version (PAPI 3) (Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, 2017), 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 laboratoire LOTERR et c'est dans ce contexte qu'intervient ce stage. Elle porte sur la partie aval du cours d'eau de la Moselle et sur deux de ses principaux affluents, à savoir la Seille et l'Orne. L'objectif du stage est de réaliser une analyse diachronique du tracé de ces trois cours d'eau et des aménagements réalisés au niveau de leurs Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles (EAIP). Ces dernières, créées dans le cadre de l'Évaluation Préliminaire des Risques Inondations (EPRI), représentent l'emprise potentielle des débordements sans la prise en compte des ouvrages hydrauliques. Ces EAIP proviennent de sources d'informations différentes possédant des échelles et des précisions variables, les rendant incertaines. Les EAIP ne constituent pas une cartographie des zones inondables mais elles permettent d'approcher les contours des événements les plus extrêmes[5]. Elles proviennent d'une demande contractuelle du SMMA pour cette étude.

[2] Arrêté indiquant la création du syndicat :https://www.moselleaval.fr/UserFiles/File/le-syndicat/20171214-arrete-statuts-moselle-aval.pdf
[3] Les fiches actions du PAPI d'intention : https://www.moselleaval.fr/UserFiles/File/papi/20190430-fiches-actions-vf.pdf
[4] Ministère de la Transition écologique et solidaire, explication des PAPI : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/prevention-des-inondations#e4
[5] Note sur les EAIP : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/enveloppes-approchees-dinondations-potentielles-des-cours-deau-de-auvergne-rhone-alpes/

Concrètement, le stage doit aboutir à la création de trois atlas (un par cours d'eau), où figureront :

- L'évolution du tracé du lit mineur et donc par extension le fuseau de mobilité du cours d'eau ;
- L'évolution du bâti et des gravières permettant de caractériser l'évolution de l'artificialisation des sols[6] en zone inondable.

Pour finir, cette étude se trouve à la croisée de deux disciplines à savoir la géographie, avec une grande part de cartographie au travers de Système d'Information Géographie (SIG), et l'histoire avec l'apport de la diachronie. Elle se définit alors comme étant 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 « Historisque » qui permet d'améliorer la connaissance des phénomènes extrêmes comme les inondations (Cœur et al., 1998; Lang et al., 1998).

Chapitre I : État de l'art et présentation de la zone d'étude

I.1. État de l'art

I.1.1. L'analyse diachronique, un outil de l'approche géohistorique

L'analyse diachronique renvoie à la diachronie qui représente l' « évolution dans le temps des faits sociaux, économiques, etc. » (Larousse, s. d.). Une analyse diachronique reflète donc une évolution temporelle et/ou spatiale d'un objet lié à une thématique précise, transposable ici à la géographie et à un de ses nombreux objets d'étude : les cours d'eau. Les analyses de ce type sont de plus en plus utilisées dans le domaine scientifique, notamment en France (Baud et al., 2015; Dubois et al., 2000; Sawtschuk & Bioret, 2012) et ne concernent pas uniquement l'étude des cours d'eau. Elles peuvent par exemple s'intéresser aux problématiques de sécheresse et d'occupation du sol (Hien et al., 1996; Mahamane et al., 2007). L'analyse diachronique permettant d'analyser l'évolution d'un territoire en se penchant sur différents aspects de cet espace, constitue finalement un outil utilisé dans une approche plus large, appelée géohistoire.

L'approche géohistorique ne connait pas encore aujourd'hui de définition propre mais elle ne se limite pas uniquement à mêler géographie et histoire, la géohistoire étant à différencier de la géographie historique par exemple (Grataloup, 2002). La géohistoire prend en compte des thématiques similaires comme l'archéologie ou l'aménagement, elle connait une multitude de facette (Jacob-Rousseau, 2009) et de nombreuses études géohistoriques voient le jour (Boulanger & Trochet,

[6] Au sens bâti et gravières contrairement aux taches urbaines (plus de précision Béchet et al., 2017)

2005). La géohistoire décrit géographiquement l'évolution d'un territoire en prenant en compte les aspects historiques qui permettent d'expliquer différents changements.

La géohistoire connait un courant novateur qui suscite un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique, avec l'apparition de recherches historiques liées au climat (Garnier, 2010; Le Roy Ladurie & Flammarion, 1967; Litzenburger, 2015), et aux hydrosystèmes (Valette & Carozza, 2010), les études antérieures au XXI^{ème} siècle portant sur une évolution très contemporaine des cours d'eau (période d'analyse de moins de 50 ans) (Steiger et al., 2000).

I.1.2. L'apport de la géohistoire dans la connaissance du risque inondation

L'approche géohistorique appliquée à la recherche historique sur les crues et inondations est aujourd'hui 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 & 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[7] a notamment été réalisé dans le cadre du volet inondation du Plan Rhône. Plus largement, on retrouve ces travaux précurseurs sur le contour méditerranéen (Naulet, 2002; Valarie & Coeur, 2004), du fait des problématiques de crue éclair et de l'augmentation des zones à enjeux.

Ce type de recherche connait également un essor important car 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 ainsi lancés dans l'élaboration d'études historiques. Ainsi, l'EPTB Meurthe-Madon, avec le PAPI Madon labélisé en 2018 et le PAPI Meurthe en cours de labélisation, pilote une étude historique dont l'objectif est de réaliser une reconstitution des crues du bassin versant de la Meurthe (Bonnot, 2019) ainsi qu'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, toujours en cours, est réalisée par le laboratoire LOTERR qui bénéficie désormais d'une expérience méthodologique qui sera redéployée dans le cadre de l'étude pour le SMMA. En effet, la commande du SMMA repose sur un cahier des charges très proche de celui de l'étude pour l'EPTB Meurthe-Madon, avec pour objectifs : la reconstitution des crues historiques, la cartographie de l'évolution des aménagements en lit majeur et le tracé des fuseaux de mobilité, les deux derniers points faisant l'objet de ce stage.

[7] https://histrhone.cerege.fr/

I.1.3. L'apport de l'analyse diachronique dans la détermination des fuseaux de mobilité historique

La mobilité des cours d'eau peut être étudiée à partir d'une analyse diachronique qui repose sur la comparaison de cartes et/ou de photographies aériennes à des périodes différentes. Ce type de démarche permet l'obtention de différents fuseaux de mobilités que l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) a défini. L'analyse diachronique des cours de la Moselle, de l'Orne et de la Seille reprend en grande partie la définition des fuseaux de mobilité faite par l'AERM en 1999, dans le cadre de l'élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Rhin-Meuse, et mise à jour en 2017 (AERM et al., 2017).

Dans cette étude, l'AERM définit un fuseau de mobilité comme étant un « espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres » (HYDRATEC et al., 1999). Concrètement, on distingue 4 grands types d'enveloppes de mobilités (Service aménagement des rivières Haut-Rhin, 2011) :

- L'enveloppe de mobilité maximale qui représente l'espace maximal que le cours d'eau a pu balayer depuis des milliers d'années. Sa cartographie s'effectue à partir des limites des alluvions modernes (Fz et Fy) présents sur les cartes géologiques au 1 : 50 000ème ;
- L'enveloppe de mobilité théorique qui reprend les définitions de l'amplitude d'équilibre d'un cours d'eau et qui peut être assimilée à 10 fois la largeur du lit à plein bord ;
- L'enveloppe de mobilité historique qui provient de l'analyse diachronique, à différentes dates, de l'emplacement du lit du cours d'eau ;
- L'enveloppe de mobilité fonctionnelle qui regroupe l'enveloppe de mobilité théorique et historique, dont on soustrait les contraintes anthropiques actuelles. L'AERM en propose une liste ainsi que les ajustements à opérer pour chacun d'entre eux.

Cependant, le rapport de l'AERM de 1999 a montré que la cartographie de l'amplitude d'équilibre, bien qu'hydrauliquement acceptable, n'est pas utilisable sur tous les secteurs. Finalement, il semblerait que le facteur de 10 soit largement surévalué étant donné les cours d'eau relativement peu dynamique du secteur (par rapport à des torrents ou des rivières en tresses). De ce fait, la présente analyse diachronique des trois cours d'eau du bassin Moselle aval se fait au travers d'une cartographie de l'espace de divagation historique, prenant implicitement en compte les contraintes anthropiques.

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Le territoire de gouvernance du SMMA

Figure 2 - Logo du syndicat

Le 14 décembre 2017 marque la création du Syndicat Mixte Moselle Aval[8] (Figure 2), qui possède trois grandes compétences :

i. Animation et coordination pour la mise en œuvre de la Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI) de la Moselle aval ;
ii. Réalisation d'études préliminaires pour une gestion intégrée du risque inondation à l'échelle du bassin et plus particulièrement la création du Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) ;
iii. Accompagnement des collectivités incluses dans le territoire du SLGRI, pour la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI).

Le périmètre du bassin de la Moselle aval cadrant cette étude reprend celui du SLGRI (Figure 3) (DREAL, 2017). D'une surface de 4 632 km², le bassin de la Moselle aval s'étend de la confluence avec la Meurthe à Custines, à la frontière germano-luxembourgeoise. Il regroupe 600 communes et 27 intercommunalités ainsi que le Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Metz – Thionville – Pont à Mousson qui occupe la quasi-totalité du linéaire de la Moselle sur le territoire Moselle aval. Le TRI estime une population de près de 20 000 habitants en zone inondable dans le cas d'une crue fréquente (décennale), plus de 50 000 pour une crue moyenne (trentennale) et près de 100 000 dans le cas d'une crue extrême (centennale), ainsi que 200 000 habitants au sein de l'EAIP (DREAL, 2014). Le risque inondation concerne principalement le débordement de la Moselle et de ses deux principaux affluents dans cette partie aval, l'Orne et la Seille.

[8] Arrêté indiquant la création du syndicat :https://www.moselleaval.fr/UserFiles/File/le-syndicat/20171214-arrete-statuts-moselle-aval.pdf

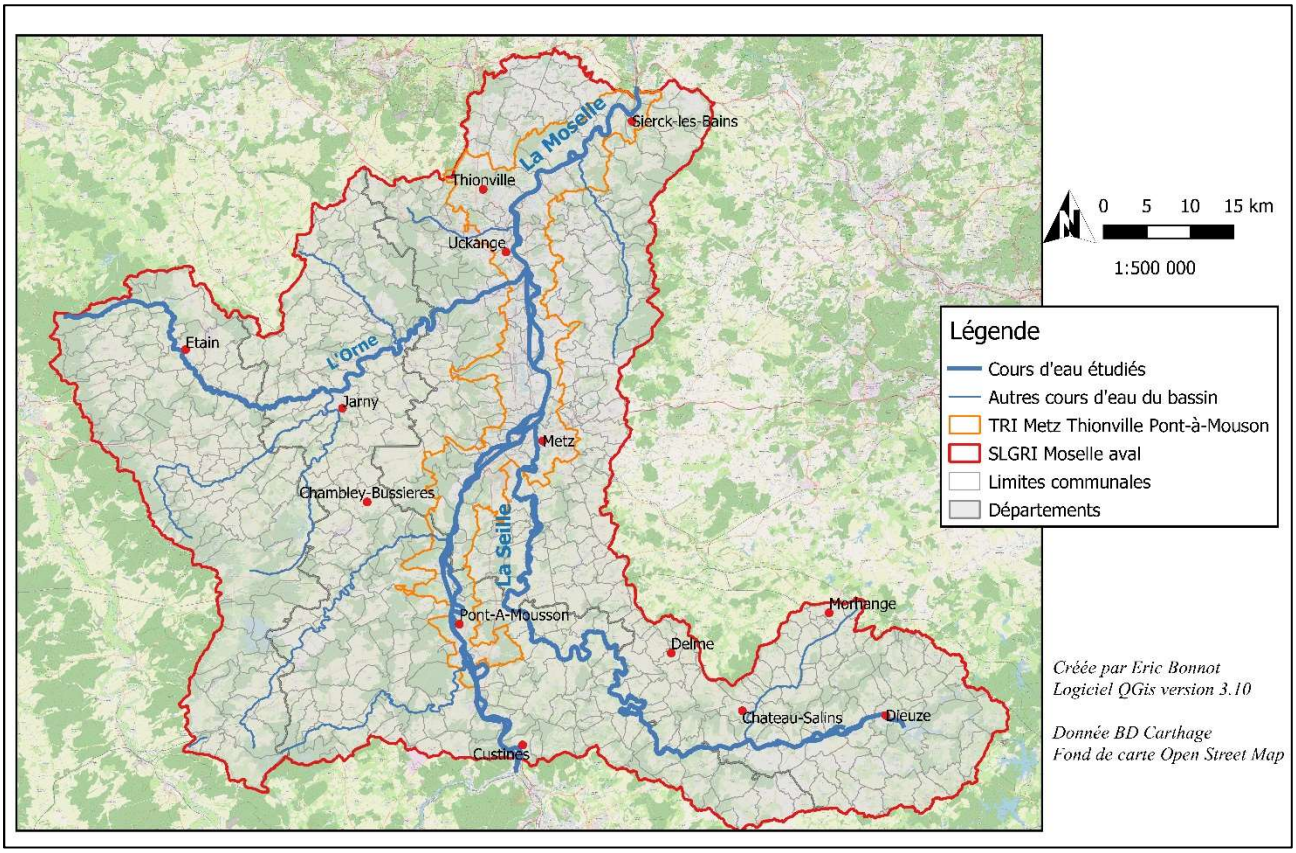


Figure 3 - Périmètre d'action du Syndicat Mixte Moselle Aval

Le contexte orohydrographique, hydrologique, l'occupation du sol, la géologie et l'histoire des usages de l'eau de ces trois cours d'eau sont présentés dans les parties I.2.2. à I.2.5.

I.2.2. Orohydrographie

Ce paragraphe explicite les principales caractéristiques orohydrographiques des trois cours d'eau étudiés, d'après la carte en annexe B. Orohydrographie du bassin versant de la Moselle p.43 d'après Lebaut (2020).

Avec un bassin versant de plus de 11 500 km² et un linéaire de 314 km[9] dans sa partie française, la Moselle constitue l'un des cours d'eau les plus importants du Grand Est. Elle prend sa source au col de Bussang, au sein du massif vosgien, à environ 700 m d'altitude, et se jette dans le Rhin à Coblence à 80 m d'altitude. On distingue, dans son écoulement français, trois zones :

- Sa traversée des Vosges vers le Plateau lorrain et jusqu'à Toul, appelée également moyenne et haute-Moselle, avec un écoulement préférentiel vers le nord-ouest. A Toul se produit un changement de direction important connu comme étant la capture de la Moselle, phénomène largement explicité (Gamez et al., 1995; Losson, 2003);
- Une zone médiane où l'écoulement se fait vers le nord jusqu'à Thionville, appelée le sillon Lorrain ;

[9] Fiche Sandre « La Moselle » : http://www.sandre.eaufrance.fr/geo/CoursEau/A---0060

- L'aval, après Thionville, marqué par une entrée douce dans le massif de l'Eiffel et un début de méandrage qui se veut être de plus en plus important.

La Seille, affluent de rive droite de la Moselle, est une rivière longue de 120 km qui s'écoule quasi exclusivement en Moselle. Elle prend sa source à la sortie de l'étang de Lindre (210 m), juste au sud-est de la commune de Dieuze, et se jette en rive droite du bras mort de la Moselle (165 m), à Metz. Avec un bassin versant de 1347 km², elle connait de nombreux affluents et traverse pas moins de 57 communes. Son tracé peut être subdivisé en trois parties :

- Partie amont avec un écoulement d'est en ouest. Le tracé est rectiligne jusqu'à la commune de Brin-sur-Seille ;
- A partir de là se dessine la partie médiane s'écoulant vers le nord-ouest et connaissant de grandes boucles accompagnées d'un méandrage qui vient s'y superposer ;
- Une fois traversée la commune de Cheminot, la Seille s'écoule plein nord vers sa confluence, avec un tracé rectiligne entrecoupé de quelques 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, traverse successivement les départements de la Meuse, de la Meurthe-et-Moselle et de la Moselle et draine un bassin versant de 1274 km². Elle prend sa source à 1,5 km à l'ouest de la commune d'Ornes (55) (300 m) et se jette en rive gauche de la Moselle, 95 km plus en aval, au sein de la commune de Richemont (57) (155 m). Son écoulement se fait globalement vers l'est même si elle dessine un virage vers le sud qui lui permet de rejoindre la commune de Conflans-en-Jarnisy et plus largement Jarny (54). Jusqu'alors, ce n'est qu'un petit ruisseau traversant la plaine de la Woëvre, mais la confluence avec l'Yron lui permet d'atteindre un gabarit supérieur. A partir de là, l'Orne s'encaisse de plus en plus dans les terrains du Bajocien, en incisant d'abord les marnes de Gravelotte, puis l'oolithe de Jaumont et pour finir les calcaires à entroques et à polypiers qui constituent le sommet de la côte de Moselle. Dans la partie aval de sa vallée, l'Orne continue d'accroitre son débit par l'apport des eaux d'exhaure des anciennes mines (Jarny ou Auboué par exemple) (Kang et al., 1992), même si ces derniers sont moindres aujourd'hui.

I.2.3. Hydro-climatologie

Le tableau i présente la superficie des bassins versants (S BV) aux stations hydrométriques les plus en aval ainsi que quelques débits caractéristiques (d'après la Banque Hydro[10]): le débit moyen annuel (module Q_{MA}), le débit minimal moyen calculé sur 3 jours consécutifs (VCN_3), le débit instantané maximal connu (QIX), la lame d'eau annuelle (L) et le débit moyen spécifique annuel (Qsp) sur la période 1981-2020 pour la Moselle, 1967-2020 pour l'Orne et 1964-2020 pour la Seille.

Tableau I - Principales caractéristiques hydrologiques des trois cours d'eau étudiés (d'après la Banque Hydro)

	S BV (km^2)	Q_{MA} (m^3/s)	VCN_3 (m^3/s)	QIX (m^3/s)	L (mm)	Qsp ($l/s/km^2$)
Seille à Metz (pont Lothaire)	1 280	9,64	1,26	174 *(26/02/97)*	239	7,6
Orne à Rosselange	1 226	12	1,55	318 *(22/12/93)*	311	9,8
Moselle à Uckange	10 770	140	22	2 360 *(11/04/83)*	413	13

Même si le module de la Moselle est bien supérieur à celui de l'Orne et de la Seille (plus de 10 fois supérieur), les débits se répartissent annuellement de la même manière pour les trois cours d'eau (Figure 4). En effet, les rivières du secteur sont définies comme ayant un régime pluvial océanique, avec des hautes eaux générées par des précipitations et une baisse des débits durant la saison estivale, du fait d'une évapotranspiration importante. Effectivement, les cours d'eau du secteur sont soumis à un climat océanique [11] qui arrose tous les mois de façon uniforme, mais on observe une amplitude thermique moyenne annuelle de près de 20°C (Figure 5), différenciant nettement l'hiver de l'été.

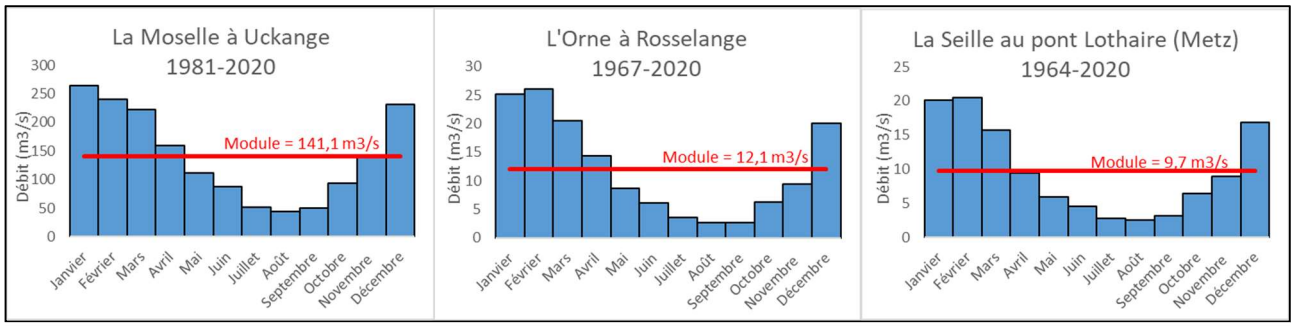


Figure 4 - Régimes hydrologiques des trois cours d'eau étudiés (Banque Hydro)

[10] Banque Hydro : http://hydro.eaufrance.fr/

[11] Climat du secteur : https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1971-2000/metz-frescaty/valeurs/07090.html

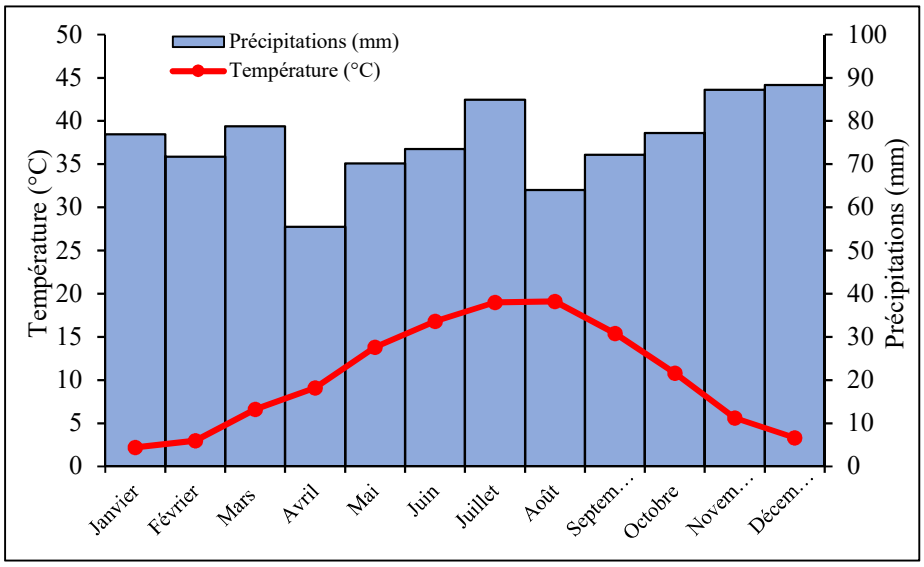


Figure 5 - Diagramme ombrothermique à la station de Metz-Frescaty, 1971-2000 (Infoclimat)

Concernant les extrêmes hydrologiques, les crues du bassin de la Moselle sont relativement bien connues, pour la période post 1900, notamment grâce à la thèse de Frécaut (1971) et au rapport d'étude hydrologique des crues du bassin français de la Moselle sur la période 1970-1991 (Gille, 1993). L'inventaire réalisé dans le cadre de l'application de la Directive européenne inondation (Lang & Coeur, 2014) contient également de nombreuses informations consultables sur le site de la BDHI. Durant le XXème 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. Cette crue centennale a été très largement décrite à travers de nombreuses monographies (Boudou, 2015; Nicod, 1949; Rothé, 1948). La reconstitution des crues historiques de la Moselle, de l'Orne et de la Seille au cours des 2-3 derniers siècles fait d'ailleurs l'objet d'un deuxième volet de cette étude. 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 XIXème siècle, notamment en 1893, et au début du XXème siècle (1906 et 1911), mais la fréquence des épisodes secs du XXIème siècle (2003, 2015, 2017, 2018 et 2019) est sans équivoque et se traduit par des étiages sévères (Didier et al., 2019) qui génèrent des tensions sur la ressource en eau.

I.2.4. Occupation du sol et géologie

L'occupation des sols, qui constitue l'un des facteurs principaux conditionnant la réponse hydrologique d'un bassin versant (temps de concentration ou de réponse par exemple), est décrite quantitativement dans le tableau ii et spatialement dans l'annexe C. Occupation du sol du bassin de la Moselle p.44.

Tableau II - Occupation du sol des bassins versants étudiés : comparatif

		Territoires artificialisés	Territoires agricoles	Forêts et milieux semi-naturels	Zones humides	Surfaces en eau	**Total**
Seille *Bras mort de la Moselle à Metz*	Superficie en km²	80	1030	225	1	11	**1347**
	Part de la superficie en %	5,9	76,5	16,7	0,1	0,8	100
Orne *Moselle à Richemont*	Superficie en km²	83	848	336	2	5	**1274**
	Part de la superficie en %	6,5	66,6	26,4	0,2	0,4	100
Moselle aval *Frontière allemande*	Superficie en km²	388	3020	1260	1	77	**4746**
	Part de la superficie en %	8,2	63,6	26,5	0,0	1,6	100
Moselle *Frontière allemande*	Superficie en km²	852	6181	4396	6	114	**11549**
	Part de la superficie en %	7,4	53,5	38,1	0,1	1,0	100

Les trois bassins possèdent une occupation du sol quantitative relativement identique avec des territoires agricoles majoritaires : 60 % pour la Moselle aval et l'Orne, et plus des trois quarts de la superficie du bassin de la Seille. Dans ce dernier on retrouve moins de forêts et de milieux semi-naturels (17 %), alors que pour les deux autres bassins, cette couverture occupe plus d'un quart des bassins. Cela s'explique par le fait que les bassins de la Moselle aval et de l'Orne intègrent les côtes de Moselle largement boisées. Aussi, le bassin salifère de la Seille est centré sur le Plateau lorrain oriental, région rurale avec des exploitations agricoles importantes.

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). Les territoires artificialisés représentent 6 % du bassin de la Seille et de l'Orne qui sont relativement ruraux, à l'exception de leurs parties aval avec la métropole messine pour la Seille et à partir de Conflans-en-Jarnisy pour l'Orne. Pour la Moselle aval, on a 8 % de territoires artificialisés mais ils sont concentrés en lit majeur, depuis la Métropole de Metz jusqu'à l'Agglomération Thionvilloise. Ce « sillon mosellan » connait d'ailleurs une continuité quasi parfaite du bâti.

L'occupation du sol est à mettre en parallèle avec la géologie du bassin disponible en annexe D. Géologie du bassin de la Moselle p.45 (Lebaut, 2020). En effet, on retrouve les zones rurales sur la Seille et l'Orne, au niveau des argiles et des marnes, tandis que les forêts se répartissent sur les côtes calcaires. Enfin, les zones urbanisées sont dans les fonds de vallées qui présentent des alluvions, comme c'est le cas pour la Moselle ou l'Orne.

Finalement, les enjeux (ici les territoires artificialisés) se distribuent soit sur la partie aval (Orne et Seille), soit sur la quasi-totalité du lit majeur (Moselle aval). Ces secteurs, en plus de constituer des zones à forts enjeux, sont sujets à des aléas inondation, d'où la présence d'un risque inondation très important.

I.2.5. Une utilisation ancienne de la ressource en eau

La Seille est connue pour drainer une vallée productrice de sel (Olivier, 2009) depuis l'âge du Bronze (1500 ans avant J.C)[12]. Cette vallée constitue le cœur du « pays du Saulnois », bassin salifère riche qui doit sa salinité aux évaporites des terrains du Keuper (BRGM, s. d.). Ainsi, on retrouve une flore typique des littoraux, principalement des halophytes (salicorne ou aster marine par exemple)[13]. Ce cours d'eau possède une histoire riche (Mathis, 2009) et est, depuis le Moyen-Âge au moins, largement anthropisé. On le remarque surtout avec la partie amont qui présente un tracé rectiligne, permettant de drainer les nombreux prés alentours. On y retrouve également le village de Vic-sur-Seille, au 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, avec Marsal où les fortifications de Vauban sont encore très visibles dans le paysage.

Concernant l'Orne, on a pu voir que la rivière connait, dans sa seconde moitié de parcours, un régime hydrologique influencé par les exhaures de mines. En effet, durant le XX^{ème} siècle, la vallée de l'Orne (comme son homologue 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 du linéaire (Rogé & Walterspieler, 1982), utilisant l'eau pour refroidir les organes des hauts-fourneaux principalement. De ce fait, la deuxième moitié de l'Orne, à partir de Conflans-en-Jarnisy, est totalement anthropisée et garde encore les séquelles de la sidérurgie, qu'elles soient paysagères (Picon, 2014), environnementales (Nasseh et al., 1999) ou même démographiques (Chalard, 2007). Pour sa partie amont, l'Orne traverse un bassin très rural constitué principalement de la plaine de la Woëvre et les interactions avec l'Homme se limitent aux nombreuses pâtures.

La Moselle connait elle aussi une exploitation importante, mais principalement 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 Coblence, mais la mise en place de sa canalisation aura été semée d'embûches (Berger, 2015; Bour, 1956).

[12] L'histoire du bassin de la Seille : http://sitewebseille.free.fr/histoire_de_la_seille.html
[13] Explication du PNR sur la faune et la flore du bassin de la Seille : https://www.pnr-lorraine.com/decouvrir/la-nature/les-grand-paysages/la-seille/la-valle-de-la-seille/

L'historique de la canalisation de la Moselle française (Fournier, 2014; Frécaut, 1959; Schontz, 2004) permet de voir que trois grandes phases d'aménagement existent (Tableau III). 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). Finalement la Moselle est entièrement canalisée au grand gabarit durant les années 60 et 70. Depuis, aucune modification n'a été effectuée.

Tableau III - Historique de la canalisation de la Moselle par tronçon (d'après VNF : J.Abèle, G.François, L.Mayne ; 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 Coblence	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

Enfin, en plus de son exploitation pour le transport, la Moselle a connu une extraction de son matelas alluvial très importante qui pose désormais des problèmes de gestion et de reconversion des espaces (Edelblutte, 2000; Mathis et al., 2012).

Chapitre II : Méthodologie de l'étude historique

L'étude diachronique du tracé des cours et de l'évolution des aménagements en lit majeur repose essentiellement sur la collecte d'un corpus cartographique et documentaire historique. L'inventaire des documents disponibles a été réalisé au sein de différents services d'archives (AD57), de fonds universitaires et de sites internet (IGN[14], Mapire[15], Gallica[16]). Si la plupart des documents étaient disponibles en format numérique, certains d'entre eux auraient dû être numérisés. Il s'agit généralement de documents cartographiques patrimoniaux, uniquement disponibles en carte ou plan papier. Les cartes ont ensuite été géoréférencées sous un SIG afin de permettre un travail de digitalisation.

[14] Accès aux données IGN : https://geoservices.ign.fr/documentation/diffusion/index.html
[15] Banque de données historiques européennes : https://mapire.eu/en/
[16] Consultation de la base de données historique de la Bibliothèque National de France : https://gallica.bnf.fr/accueil/fr

II.1. Inventaire des ressources disponibles

L'analyse diachronique du lit mineur et du bâti se fait, le plus souvent, à partir de sources documentaires de type cartes et/ou plans. Ainsi, les études de ce type sont tributaires de la précision cartographique des différentes époques ainsi que des technologies permettant des levés de terrains les plus précis possibles. De ce fait, cette étude démarre au XIX^{e} siècle puisque c'est là que la cartographie française devient réellement précise et utilisable (Arnaud, 2017; Chappart & Reynard, 2007).

Les ressources utilisées dans le cadre de cette étude sont listées ci-après par ordre chronologique.

II.1.1. La carte de Cassini

La « Carte générale et particulière de la France » constitue la première carte topographique de la France. Cette dernière a été élaborée durant la deuxième moitié du XVIII^{e} siècle par Cassini de Thury (Bigourdan, 1899). Elle se base sur le méridien de Paris et possède une échelle de 1/86 400 (Dainville, 1955). Les feuilles disponibles pour la zone d'étude ont été levées entre 1754 et 1761[17] et sont accessibles via le Géoportail[18] où elles sont assemblées et géoréférencées.

Bien que l'ancienneté de ces cartes leurs confèrent un intérêt dans le cadre d'une analyse historique, son usage est peu pertinent dans cette étude. La carte de Cassini (Figure 6) est en effet assez peu précise, possède des déformations géographiques et omet des informations orohydrographiques ainsi que des aménagements anthropiques (Pelletier, 2002; Vallauri et al., 2012). De ce fait, elle n'est pas réellement superposable aux autres ressources. La carte de Cassini permet surtout d'aborder les lits mineurs d'une façon qualitative (morphologie des lits), mais elle ne peut pas être utilisée pour en extraire une information précise ou quantifiée (superficie de bâti en zone inondable par exemple).

Figure 6 - Extrait des feuilles 110/111/141/142 de Cassini (sud-ouest de Metz), montrant notamment les déformations géographiques induites par le changement de feuille (d'après geoportail.gouv.fr)

[17] Liste des 181 feuilles de la carte de Cassini : https://www.cdip.com/cassini/cassini_carte_liste.html
[18] La carte de Cassini géoréférencée sur le Géoportail : https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-de-cassini

II.1.2. Les cartes d'État-Major

Figure 7 - Extrait de la feuille "Metz" des cartes d'Etat-Major (d'après geoportail.gouv.fr)

Créées à partir de 1802 puis révisées durant tout le XIX^{e} siècle, les cartes dites de l'Etat-Major viennent compléter la carte de Cassini avant de totalement l'occulter (Chappart & Reynard, 2007). Les premières feuilles sont publiées à partir de 1830 au 1 : 80 000, puis révisées surtout au 1 : 40 000 jusque 1880. Pour la zone d'étude, toutes les feuilles utilisées ont été terminées en 1831 (Bigourdan, 1899). Ces feuilles sont construites dans la projection de Bonne, permettant la conservation des surfaces mais pas des angles, comme c'est le cas pour la plupart des projections modernes. De ce fait, elles sont utilisables pour la digitalisation du lit mineur mais il persiste des décalages visibles sur des tronçons rectilignes. Aussi, les feuilles manquent de précision (pixellisation) rendant les zones bâties incomparables au bâti actuel.

Désormais, les cartes d'Etat-Major sont accessibles via le Géoportail (Figure 7) et peuvent être téléchargées via l'espace professionnel de l'IGN (IGN, 2016) où elles sont géoréférencées dans le système de coordonnées Lambert 93.

II.1.3. Les orthophotographies

Une orthophotographie 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. Une orthophotographie est donc un produit superposable à une carte (géoréférencée) et facilement intégrable dans un SIG » (*Orthophotographie — Géoconfluences*, s. d.).

Figure 8 - Exemple d'orthophotographie, Uckange le 28 mai 1928 (cliché 96050 de la mission C3411-0561)

Ces images sont principalement disponibles de deux façons :

- Par l'offre professionnel de l'IGN (IGN, 2018) où elles sont géoréférencées et regroupées par millésimes (années 50-60 pour les plus anciennes) ;
- Par le site Remonter le Temps[19] qui permet le téléchargement d'images à l'unité, non géoréférencées, mais qui connait un nombre d'images bien plus important (première mission concernant la zone d'étude en 1928).

[19] Page d'accueil de « Remonter le Temps »https://remonterletemps.ign.fr/

Ces orthophotographies (Figure 8) permettent d'ajouter plusieurs étapes dans l'analyse diachronique, principalement durant le XX^{e} siècle, avec :

- Les années 30 et leurs 139 orthophotographies de moins de 5 km² qui couvrent uniquement la Moselle de Marbache à Dieulouard, Pagny-sur-Moselle à Ars-sur-Moselle et Hauconcourt à la frontière ; ainsi que l'Orne de Étain à St-Jean-lès-Buzy et de Auboué à la confluence ;
- Les années 50 et leurs 598 clichés de 1 km² ayant pour emprise la totalité des EAIP ;
- Les années 80 et leurs 56 clichés de 16 km² qui couvrent également l'entièreté des EAIP.

II.1.4. La BDTOPO

Dans le cadre du Référentiel géographique à Grande Echelle (RGE) que l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) a pour mission de constituer, quatre composantes existent. La composante « Topographie » est diffusée à travers la BDTOPO. Cette BDTOPO version 3.0 (IGN, 2019) représente le territoire et ses infrastructures en 3D, sous forme de fichiers vectoriels.

Les différents objets de la BDTOPO sont hiérarchisés suivant la directive Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) permettant notamment une interopérabilité au sein de l'Union Européenne. On y retrouve 9 objets à savoir « administratif », « adresses », « bâti », « hydrographie », « lieux nommés », « occupation du sol », « services et activités », « transport », « zones réglementées ».

Ces données, notamment bâti et hydrographie, sont utilisables pour la période actuelle car les mises à jour se font tous les 1 à 5 ans, suivant la thématique. Elles sont utilisables directement via un SIG en projection « Lambert 93 ».

Finalement, les ressources disponibles permettent une analyse diachronique sur 5 périodes à savoir l'État-Major, les années 30 (incomplètes), les années 50, les années 80 et actuellement (Figure 9).

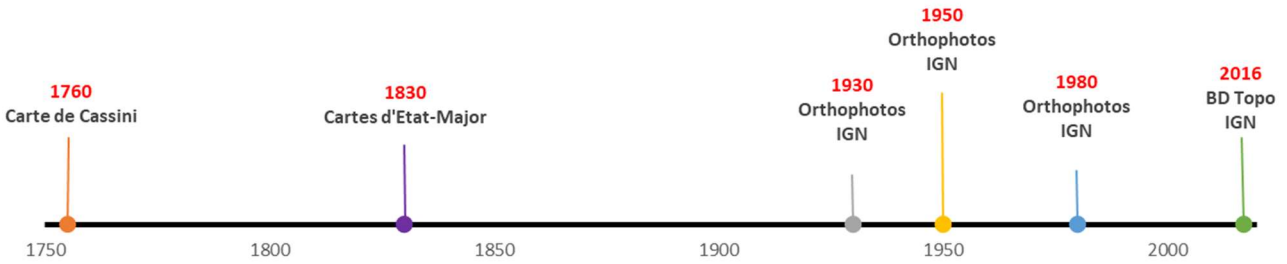


Figure 9 - Inventaire chronologiques des sources de données

II.2. Intégration des données historiques à un SIG

L'intégration de données historiques (ici principalement des orthophotographies) à un SIG permet de cartographier les variations spatiales de deux facteurs clés. Concrètement, la vectorisation aboutit au tracé des cours d'eau et du bâti au sein des EAIP.

Cette intégration des données historiques s'est d'abord faite par le géoréférencement des orthophotographies. Ensuite, la digitalisation a pu débuter afin d'alimenter l'atlas final qui englobe les données des différentes sources historiques. Tout ce travail a été effectué avec le logiciel QGis dans ses versions 3.10 et 3.12.

II.2.1. Le géoréférencement

Le géoréférencement consiste à attribuer des coordonnées géographiques à une donnée (photographie aérienne, carte, etc.) afin de pouvoir la replacer spatialement au sein d'un SIG. Dans cette étude, le Système de Coordonnées de Référence (SCR) est « RGF93 Lambert 93 » et plus précisément « IGNF:RGF93LAMB93 ». Ce SCR est l'équivalent de « EPSG:2154 », plus souvent utilisé dans les SIG. Le calage est effectué sur les sources non géoréférencées, ce qui, dans notre corpus, concerne uniquement les orthophotographies. On retrouve d'abord les années 30 avec des missions disparates, puis les années 80 pour l'entièreté des EAIP.

II.2.1.a. La méthode de géoréférencement

La méthode utilisée ici est dite « en mode relatif » et reprend le guide du logiciel QGis (Lejeune et al., 2019). Elle consiste à repérer des points semblables les plus précis possibles entre l'orthophotographie et la photographie aérienne actuelle. Cette dernière provient d'un serveur Web Mapping Services (WMS) de l'IGN[20] et est disponible jusqu'à une échelle de 1 : 850. Les orthophotographies étant déjà rectifiées géométriquement, il ne reste qu'à appliquer des points de calage pour les superposer. On enregistre finalement l'orthophotographie téléchargée (fichier JP2), les points de calages (fichier POINTS), l'orthophotographie géoréférencée (fichier TIF) et les métadonnées liées aux paramètres de transformation (fichier XML).

II.2.1.b. L'erreur EMS

Le résultat final d'une orthophotographie s'apprécie par sa superposabilité avec les autres couches SIG, mais aussi par son erreur quadratique moyenne EMS (ou RMSE Root Mean Square Error en anglais) qui doit être la plus faible possible. Cette valeur provient des erreurs de chaque point (appelés résidus) :

[20] Lien du serveur WMS de l'IGN (gratuit) : https://wxs.ign.fr/pratique/geoportail/wmts

$EMS = \sqrt{\frac{R_1^2+R_2^2+R_3^2+\cdots+R_n^2}{nb\ R}}$ Avec R_1, R_2 le résidu du point 1, 2 et nb R le nombre de résidus (nombre de point).

Les erreurs des différents regroupements d'orthophotographies sont rassemblés en annexe E. Erreur quadratique moyenne des orthophotographies p.46.

II.2.1.c. Les paramètres de géoréférencement

Pour qu'un géoréférencement soit de bonne qualité, il est nécessaire d'opter pour des paramètres de transformations optimums qui soient le moins néfaste pour l'erreur finale. Les orthophotographies ne nécessitent qu'un bon positionnement dans l'espace et donc une transformation simple est adaptée. Cependant, après avoir effectué différents tests et étant donné que les images sont très anciennes pour certaines, une légère distorsion peut être effectuée. C'est donc la transformation de type polynomiale 1 qui est adoptée. Concernant la méthode de rééchantillonnage, les orthophotographies ayant une taille de pixel de l'ordre de 1 m, il n'est pas nécessaire de modifier les statistiques de l'image ce qui impose la méthode du plus proche voisin.

II.2.1.d. Les points de calage

Outre des paramètres de géoréférencement optimums, il est nécessaire que les points de calage soient bien choisis. Pour ce faire, on choisit des points relativement espacés et dispersés sur la totalité de l'orthophotographie, le mieux étant aux quatre coins de l'image. Il est alors nécessaire de prendre le moins de points possible pour un calage le plus précis qu'il soit car cette étape est chronophage. Aussi, la transformation polynomiale 1 oblige à avoir trois points de calages pour établir une équation, mais un résidu ne peut être calculé qu'à partir de quatre points. Au vu des différents tests réalisés, une erreur inférieure à une dizaine de mètres reste acceptable mais on tente de ne jamais dépasser 5 m d'écart. Dans la majorité des cas, quatre points suffisent pour avoir une erreur acceptable, mais il est quelques fois nécessaire d'ajouter un ou deux points pour minimiser l'erreur qui doit être augmentée par une déformation importante du terrain (côte de Moselle ou vallée aval de l'Orne).

II.2.2. La vectorisation

Une fois l'étape du géoréférencement réalisée, la vectorisation peut débuter. Cette étape consiste à transformer différents objets géographiques (ici lit mineur, gravière et bâti) présents sur une image raster (ici les orthophotographies et les cartes d'État-Major) en objets géométriques (polygones, lignes ou points). Pour cela, il existe principalement une méthode automatique ou manuelle (Ladet & Bloquel, 2017). Les orthophotographies étant en noir et blanc et certaines pouvant présenter des zones floues, une vectorisation automatique n'est pas envisageable mais elle peut se faire de façon manuelle. La méthode de travail se scinde en trois parties (Favre et al., 2011):

- La préparation à la vectorisation. La vectorisation étant une étape très chronophage, elle doit être soigneusement préparée. Une arborescence de travail est donc créée. Pour chaque cours d'eau on trouve les périodes qui constituent l'analyse diachronique (État-Major / Années 30 / Années 50 / Années 80 / Actuel), sous chaque période on retrouve un fichier « Lit_mineur » et « Bati », ainsi que « Gravieres » pour la Moselle ;
- La vectorisation. Elle se fait par la création de polygones se superposant aux objets à vectoriser. C'est l'étape à effectuer avec le plus de précision possible ; elle est faite à une échelle de 1 : 800ème, limite de pixellisation des orthophotographies ;
- Le contrôle et la validation. Cette étape s'effectue d'abord par un contrôle visuel puis par un contrôle automatisé avec l'outil « Vérifier la géométrie ». Cela permet de repérer d'éventuels polygones imbriqués ou non clos.

Encore une fois, la vectorisation est chronophage, il a donc fallu l'optimiser. Pour les lits des cours d'eau ainsi que les gravières, la vectorisation a été entièrement effectuée à la main. Pour le bâti, la vectorisation a débuté du bâti de la BDTOPO qui a été superposé aux sources historiques. Ensuite, une grande partie du travail a consisté à supprimer le bâti inexistant des images rasters, avec quelques exceptions où du bâti a dû être ajouté.

Chapitre III : Résultats

Les analyses quantitatives et qualitatives obtenues dans le cadre de la création d'atlas diachronique sont présentées dans ce chapitre. Les atlas sont disponibles dans le document « Atlas de l'évolution des lits mineurs, des gravières et du bâti au sein des EAIP de la Moselle, de l'Orne et de la Seille », joint à ce rapport. Les résultats généraux des superficies sont disponibles en annexe F. Résultats généraux des superficies du bâti et des gravières p.46.

III.1. Des cours d'eau peu mobiles

La vectorisation des cours d'eau étudiés à différentes dates montre une divagation transversale naturelle des lits relativement peu importante depuis le XIXème siècle. En effet, les quelques modifications dans le tracé des cours d'eau interviennent presque exclusivement lors d'interventions anthropiques. La liste des modifications les plus importantes est disponible en annexe H. Listes des modifications des lits p.48.

Effectivement, les cours d'eau sont utilisés par l'Homme depuis plusieurs siècles. La Moselle a déjà été reconnue par l'Empire romain comme étant une artère fluviale majeure et a connu des projets de canalisation dès 52 avant J-C (Cermakian, 1975). On retrouve ces traces sur la carte de Cassini avec un recoupement de méandre à Cattenom qui peut être anthropique puisqu'on le retrouve actuellement avec une écluse (Figure 10). L'anthropisation s'accélère avec des aménagements contemporains (Figure 11) encore plus contraignants pour les cours d'eau. On retrouve par exemple le CAMIFEMO (Figure 12) qui a ouvert en 1932 ou encore plus récemment la canalisation pour les grands gabarits, qui obligent des recoupements de méandres[21] ou des élargissements de lit (Figure 13).

Figure 10 - Recoupement de méandre déjà visible sur la carte de Cassini, à Cattenom (Géoportail)

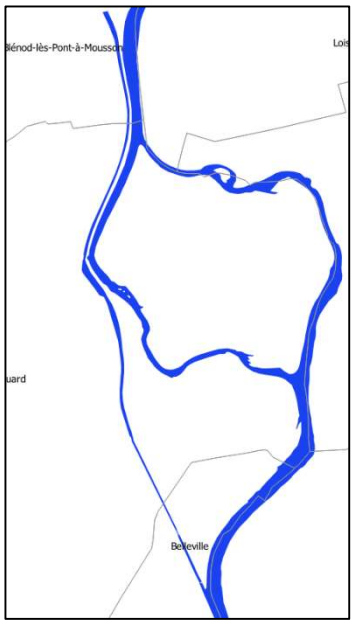


Figure 11 - Canal latéral de la Moselle à l'amont de Pont-à-Mousson dès 1930

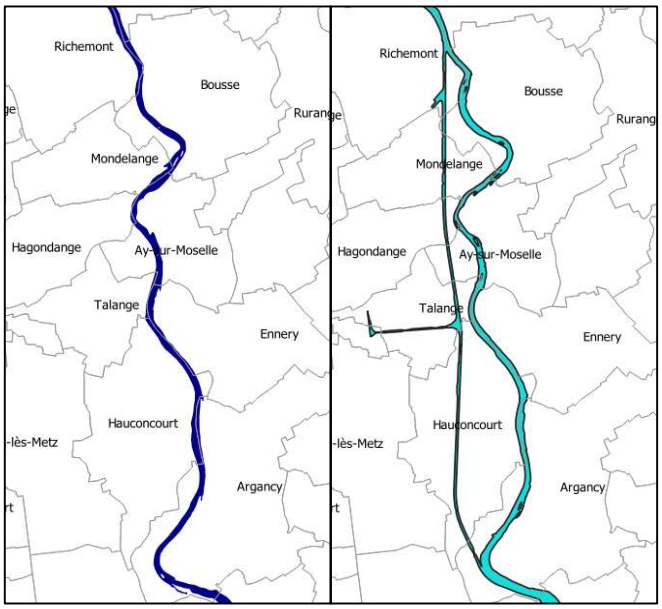


Figure 12 - Apparition du CAMIFEMO à l'ouest du lit de la Moselle, entre Hauconcourt et Richemont (gauche : État-Major ; droite : actuel)

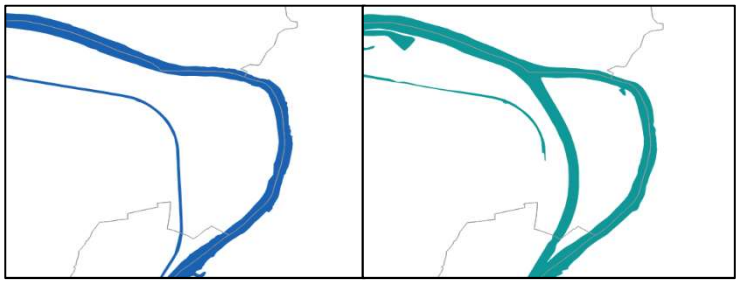


Figure 13 - Recoupement de méandre pour accueillir les grands gabarits à Belleville (gauche : années 50 ; droite : années 80)

[21] Informations données par la table attributaire du tracé de la Moselle fourni par le SANDRE

La Seille a également été anthropisée depuis longtemps notamment pour le transport du sel depuis l'Antiquité. Plus récemment, on retrouve sur la carte d'État-Major de nombreuses dérivations permettant d'alimenter des moulins (Figure 15). Aussi, la Seille est marquée par une rectification et un recalibrage important puisque le tracé n'a que peu changé depuis le XIX^{ème} siècle. On retrouve des traces de ces travaux aux archives départementales de Moselle, durant la période de l'annexion. Ces travaux sont particulièrement visibles sur les orthophotographies des années 50, avec des bourrelés de curage bien identifiables sur la quasi-entièreté du linéaire (Figure 14).

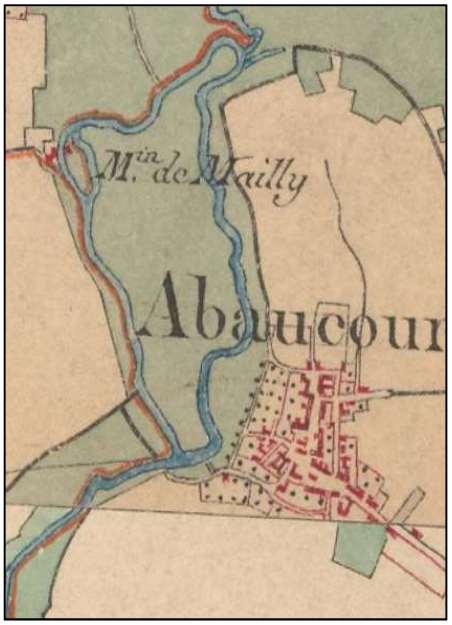


Figure 15 - Dérivation de la Seille pour l'alimentation d'un moulin près d'Abaucourt sur la carte d'Etat-Major (Géoportail)

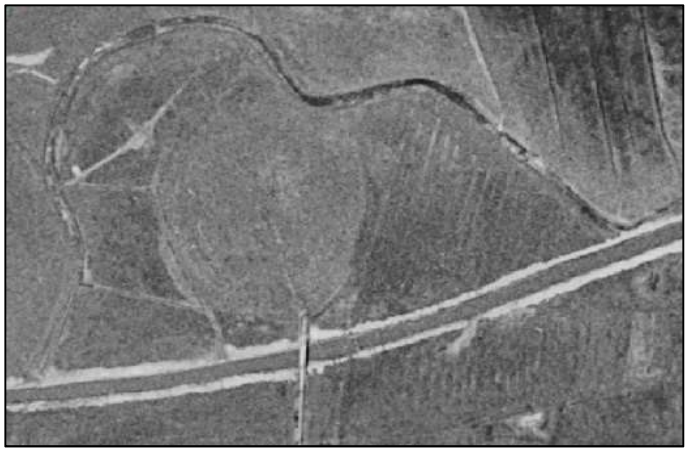


Figure 14 - Bourrelés de curage le long de la Seille dans les années 50, aval de Moyenvic (cliché 57-1955-0960-6860, IGN)

L'Orne semble avoir connu une anthropisation plus récente (XIX^{ème} siècle) mais elle se retrouve, dans sa partie aval, totalement contrainte. Avec la montée en puissance de l'industrie sidérurgique dans le secteur, l'Orne est rapidement utilisée comme moyen de transport et son tracé de Rosselange à sa confluence est totalement rectifié (Figure 16).

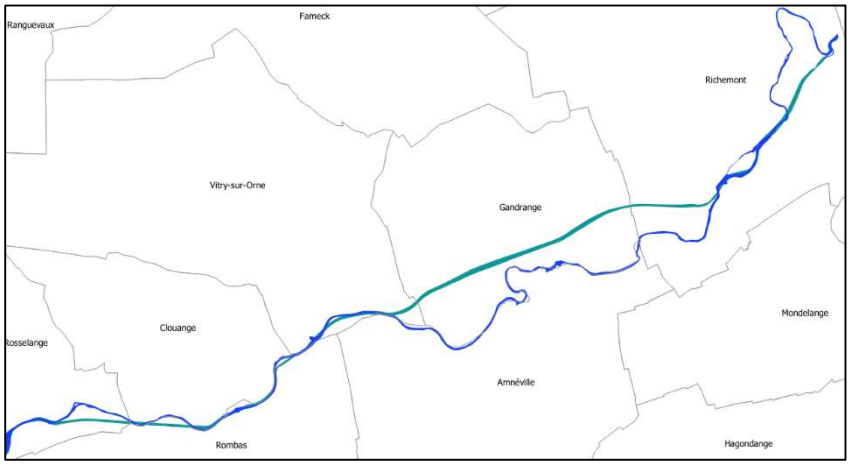


Figure 16 - Rectification de l'aval de l'Orne, de Rosselange à la confluence (bleu : années 50 ; turquoise : années 80)

Ces nombreuses actions anthropiques, anciennes ou récentes, qui visent également à contrôler les extrêmes hydrologiques des cours d'eau (Bonnefont & Carcaud, 1997), ont eu pour effet de diminuer la dynamique fluviale (Corbonnois & Zumstein, 1994; El Ghachi, 2007; Frécaut, 1973; Maire & Corbonnois, 2000). Ainsi, les cours d'eau se trouvent être aujourd'hui peu mobiles, surtout la Moselle qui dispose d'une mince bande délimitée par les nombreuses gravières de la vallée.

III.2. Une exploitation du matériel alluvial de plus en plus importante

Le paysage de la vallée de la Moselle aval est marqué par de nombreuses gravières (Figure 17).

Figure 17 - Le sillon mosellan à l'aval d'Argancy, entre gravières et bâti (d'après A.Humbert, Lecture des paysages lorrains, 2017)

A l'heure actuelle, les gravières occupent 18,5 km², soit près de 8,5 %, de la superficie totale de l'EAIP de la Moselle aval (Figure 18). Bien qu'elles soient aujourd'hui très présentes, elles ne l'étaient pas il y a un siècle, avec une superficie de 0,3 %. Cependant, l'augmentation de l'exploitation ne s'est pas faite de façon linéaire puisqu'elle a plus ou moins triplé tous les 20 ans depuis 1930, mais un ralentissement est observable depuis 1980 avec une superficie qui a été multipliée par 1,4 en plus de 35 ans.

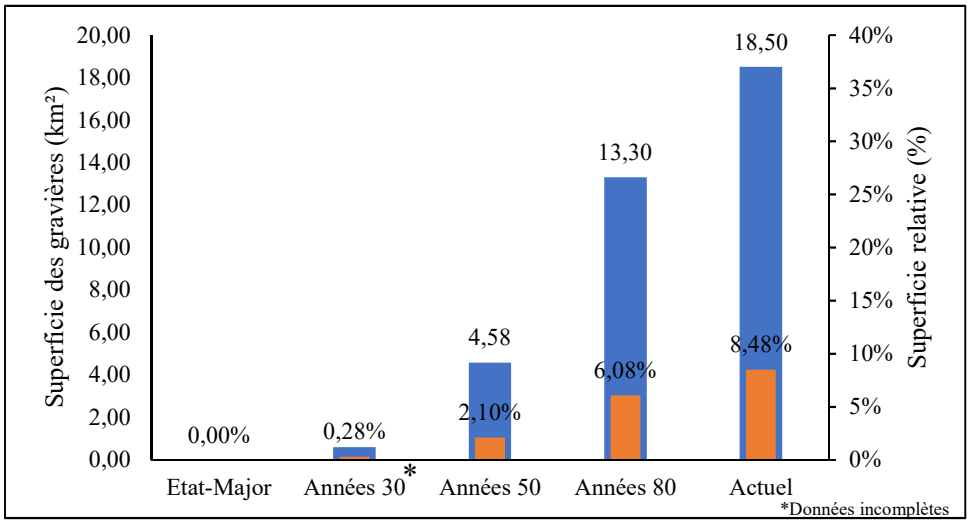


Figure 18 - Evolution de l'emprise des gravières dans l'EAIP de la Moselle aval

Pour comprendre l'évolution de l'emprise des gravières tant spatialement qu'historiquement, l'EAIP de la Moselle aval a été découpée en 45 zones, soit tous les 2,5 km du linéaire de la Moselle, à partir des Points Kilométriques Hydrographiques (PKH) (Figure 19). Ainsi, on observe que les premiers espaces 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 jusqu'à 10 à 15 % de ces zones (jaunes). Entre 1950 et 1980, les gravières se sont installées en quantité tout le long du linéaire (orange), excepté aux abords des grandes agglomérations comme Pont-à-Mousson, Metz ou Thionville. Finalement, entre 1980 et actuellement (rouge), les superficies ont simplement augmenté, légèrement pour certains secteurs (sillon Mosellan et aux alentours de Cattenom) ou fortement pour d'autres (la partie amont, entre Custines et Novéant-sur-Moselle). On note des zones où la superficie a diminué du fait du comblement des gravières, c'est le cas près de Custines et sur une zone entre Novéant-sur-Moselle et Metz.

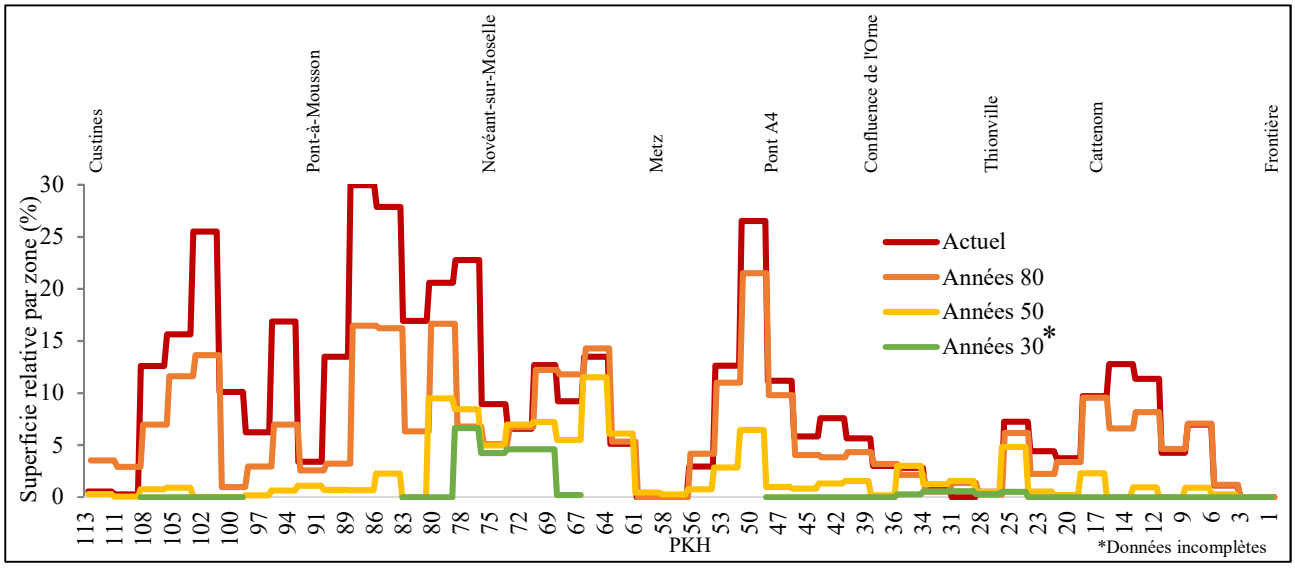


Figure 19 - Evolution de l'emprise des gravières au sein de l'EAIP dans la vallée de la Moselle aval

L'EAIP de la Moselle aval a été découpée en 35 tronçons, tous les 2,5 km de linéaire de cours d'eau. Ainsi, les tronçons ne sont pas homogènes mais une superficie relative des gravières est calculée en fonction de la superficie du tronçon, afin de pouvoir comparer l'emprise des gravières entre chaque tronçon.

Aujourd'hui, seuls les abords de Metz ainsi que l'aval de la confluence avec l'Orne restent exemptés d'une emprise importante de gravière. Cette distribution spatiale est à mettre en parallèle avec l'implantation du bâti.

III.3. L'emprise du bâti en constante augmentation au sein des EAIP

III.3.1. Une augmentation du bâti inégale entre les vallées

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 20). Il s'est développé de façon relativement linéaire avec un doublement de la superficie entre chaque période, excepté depuis les années 80 avec une augmentation de 18 % en plus de 30 ans.

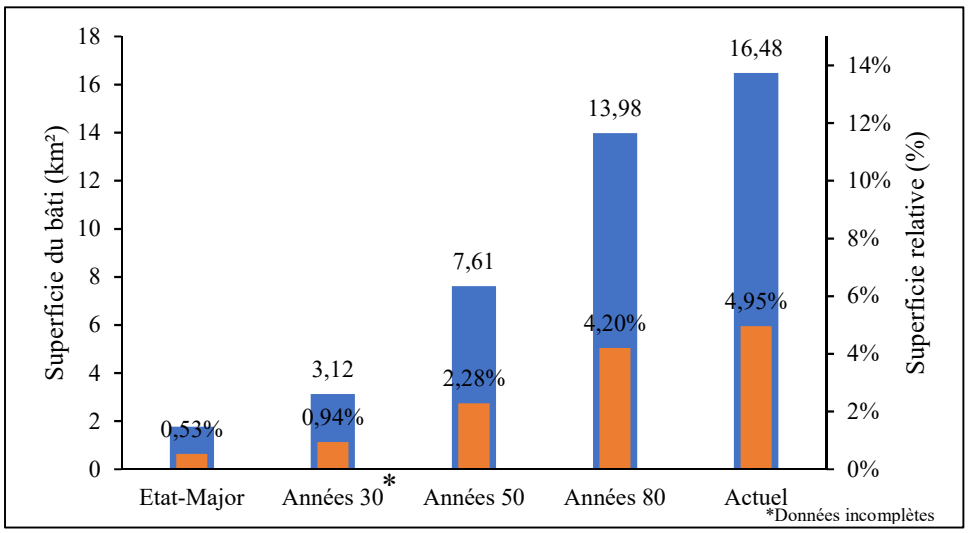


Figure 20 - Evolution du bâti au sein des EAIP étudiés

La figure 21 permet de comparer l'évolution de la superficie entre les EAIP. Ainsi, le bâti a augmenté entre le XIX^{ème} siècle et aujourd'hui, mais pas de façon homogène. En effet, le bâti le long de la Seille a subi une augmentation relativement faible (+ 134 % soit multiplié par 1,5), comparé à l'Orne (+ 6767 % soit multiplié par 8) mais surtout à la Moselle (+ 1 200 % soit multiplié par 13).

En plus de ne pas connaitre la même augmentation du bâti en un siècle, les différentes EAIP n'ont pas connu les mêmes phases d'évolution. Concrètement, même si la Seille voit son bâti augmenter continuellement depuis plus d'un siècle, l'augmentation s'est surtout faite entre les années 50 et 80. En 1950, le bâti représentait 0,61 % de l'EAIP ; contre 1,41 % en 1980, il y est multiplié par 1,6.

Pour l'Orne, entre le XIX^{ème} siècle et actuellement, l'emprise absolue du bâti a augmenté mais là encore, pas linéairement. L'augmentation s'est surtout faite entre le milieu du XIX^{ème} et les années 30 avec un bâti multiplié par près de 4. Ensuite, il est multiplié par 2 tous les 20 ans, jusqu'en 1980. Depuis les années 80, la vallée de l'Orne connait une récession de sa surface bâtie avec une baisse de plus de 12 %. Cette baisse peut s'expliquer par les crises sidérurgiques successives de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle (Freyssenet, 1983) ayant provoquées un arrêt des nombreuses aciéries de la vallée, et plus tard leur démolition.

Enfin, pour la Moselle, l'augmentation est forte et assez linéaire. Entre les périodes, la superficie absolue du bâti est multipliée par 2, sauf depuis les années 80 avec une emprise qui a été multipliée par 1,2 en plus de 30 ans, montrant un ralentissement de l'augmentation de la superficie du bâti. Ce ralentissement peut être la conséquence de l'émergence d'une législation mise en place face aux inondations, à la fin du XX^{ème} siècle (Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, 1995).

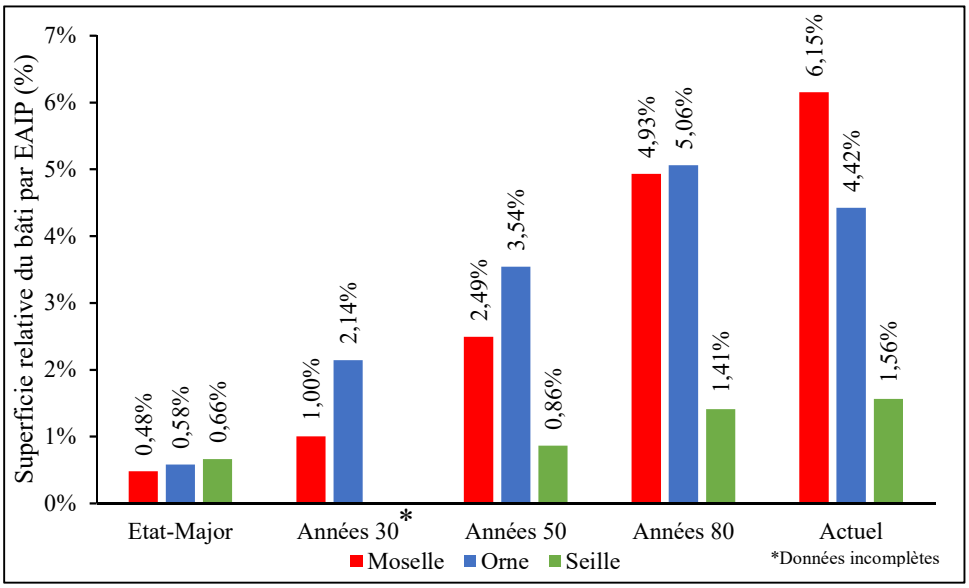


Figure 21 - Evolution de la superficie du bâti par EAIP

Des précisions supplémentaires concernant l'évolution de l'emprise du bâti au sein des EAIP sont disponibles en annexe I. Evolution du bâti au sein des EAIP p. 49.

III.3.2. Une évolution variée du bâti le long des linéaires

De façon analogue aux gravières dans l'EAIP de la Moselle, les EAIP ont été découpées en zones (49 pour la Seille, 34 pour l'Orne et 45 pour la Moselle), tous les 2,5 km de linéaire de cours d'eau, afin de pouvoir apprécier l'implantation spatiale et l'évolution temporelle du bâti au sein des EAIP. Le zonage est disponible en annexe G. Carte du découpage des EAIP pour l'interprétation des résultats p.47.

L'évolution du bâti par zone le long de la Seille (Figure 22) montre une réelle augmentation du bâti uniquement au niveau des communes les plus importantes (Dieuze, Vic-sur-Seille, Marly, Magny, Metz). Pour le reste, le bâti n'augmente pas ou très peu. Dans l'implantation du bâti, on peut distinguer l'extrême aval de la vallée du reste de celle-ci. En effet, à l'échelle de la vallée, le bâti n'a que peu augmenté à l'exception de l'extrême aval. D'ailleurs, 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. On le remarque d'ailleurs à l'augmentation importante du bâti uniquement à Marly et Magny, entre les années 50 et 80. Depuis les années 80, aucun secteur ne semble connaitre d'augmentation significative. On note une superficie relative importante à Nomeny au milieu du XIX^{ème} qui n'apparait plus aux périodes plus récentes. La cause est certainement un entrepôt qui semble être surdimensionné sur la carte de l'Etat-major.

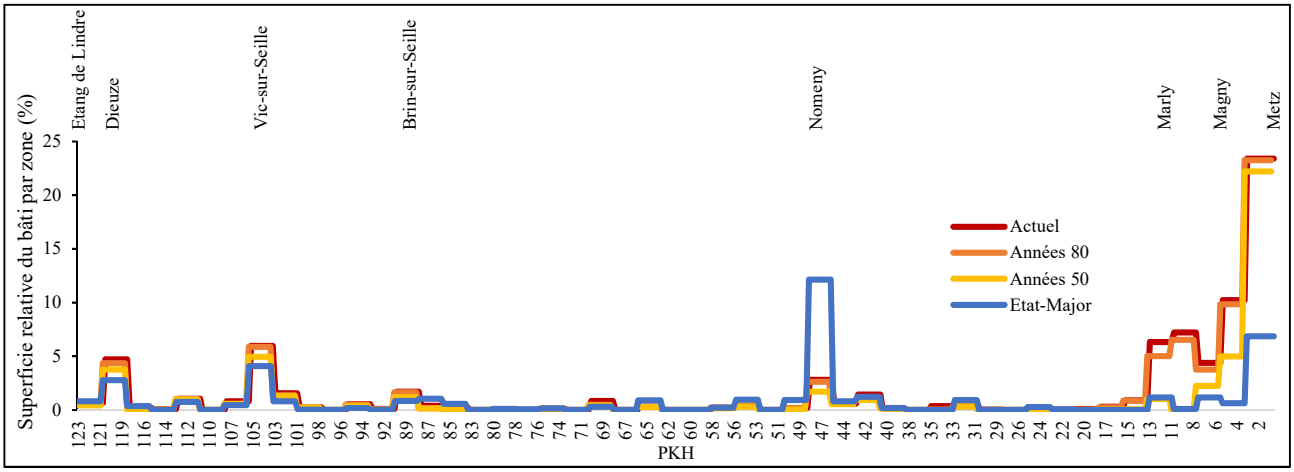


Figure 22 - Evolution de l'emprise du bâti au sein de l'EAIP dans la vallée de la Seille

Sur le même principe que l'EAIP de la Moselle aval pour les gravières, l'EAIP de la Seille a été découpée en 49 tronçons tous les 2,5 km de linéaire de cours d'eau. Ainsi, on peut comparer, sur l'entièreté du linéaire, la superficie relative de l'emprise du bâti par tronçon.

L'évolution de l'emprise du bâti dans la vallée de l'Orne (Figure 23) peut être, comme pour la Seille, divisée spatialement en deux parties. On retrouve une partie amont, jusqu'à Homécourt, où seules les communes importantes connaissent une augmentation de la 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, et ce dès les années 30. Les années 50 et 80 y sont similaires et semblent marquer le maximum de la surface bâtie. En effet, la superficie bâtie est en baisse depuis les années 80, depuis Moyeuvre-Grande à la confluence avec la Moselle. C'est là où étaient situées les nombreuses aciéries et où l'on retrouve maintenant de grandes friches industrielles. L'exemple le plus flagrant étant situé juste à l'amont de Moyeuvre-Grande avec une superficie relative de bâti qui passe de 19 % à 2 % (0,7 km² à 0,1 km²) entre 1980 et aujourd'hui (Figure 24).

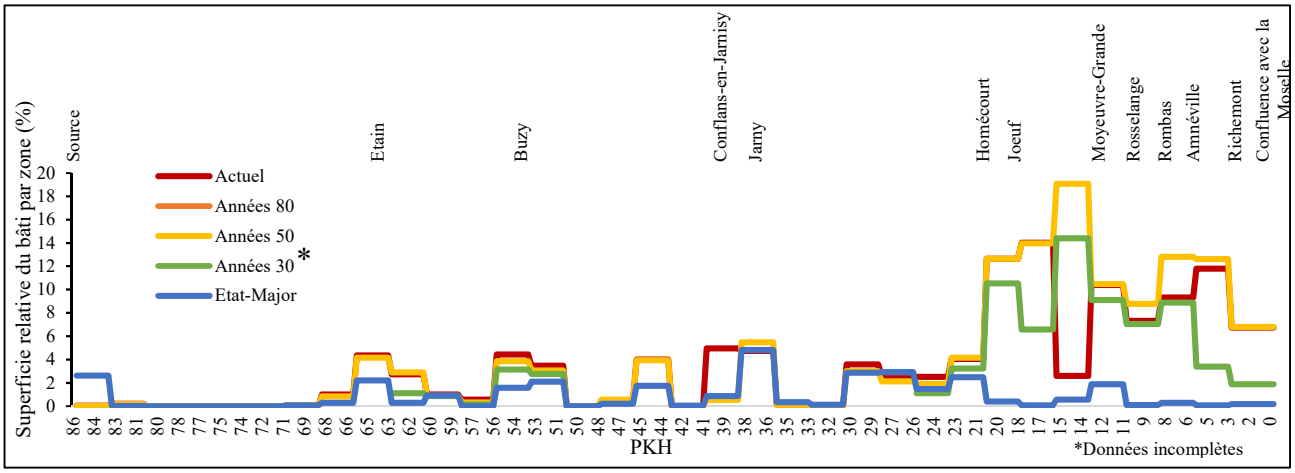


Figure 23 - Evolution de l'emprise du bât au sein de l'EAIP dans la vallée de l'Orne
Sur le même principe que les autres EAIP, l'EAIP de l'Orne a été découpée en 34 tronçons.

Figure 24 - Perte de bâti, aval de Joeuf (gauche : cliché F3112-3512_0069 des années 80, IGN - droite : actuellement)

L'évolution du bâti le long de la Moselle (Figure 25) n'est pas semblable à celle des deux autres cours d'eau. En effet, même s'il subsiste des zones relativement peu bâties (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), on peut dire que la vallée de la Moselle est couverte de bâti avec

des zones où la superficie peut avoisiner les 15 % (Pont-à-Mousson et Thionville). L'augmentation a débuté dans les années 30 avec les communes importantes (Pont-à-Mousson, Metz et Thionville). Ensuite, avec les années 50 et 80, le bâti s'est accru dans ces agglomérations mais s'est également élargi aux communes voisines, preuve de la périurbanisation importante dans le fond de vallée. Finalement, cela a produit une quasi-continuité de forte superficie entre Metz et Thionville, créant le sillon Mosellan. On retrouve aujourd'hui des surfaces bâties quantitativement proches entre les grandes agglomérations et des communes plus petites comme Hagondange ou Mondelange.

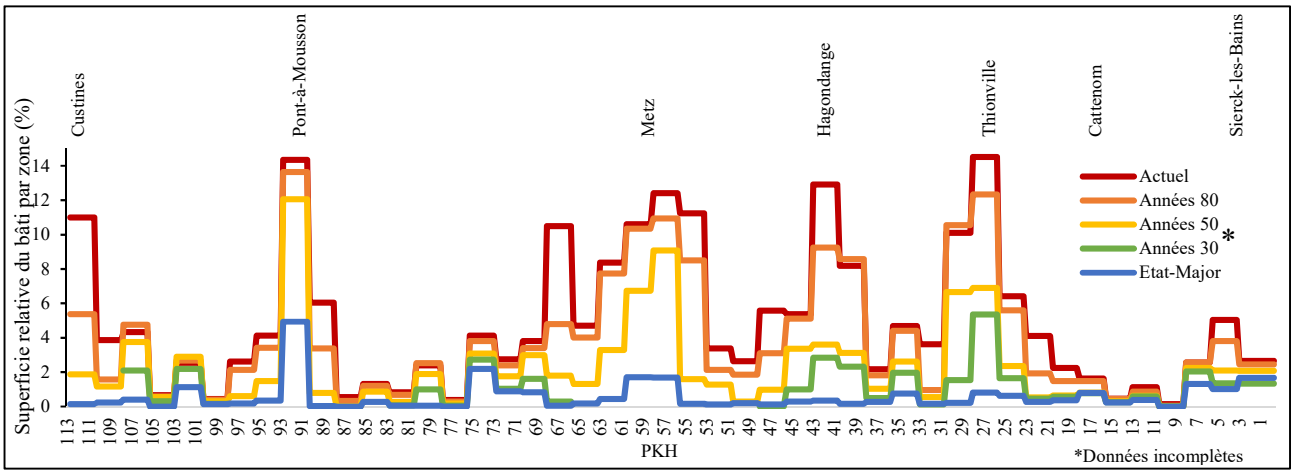


Figure 25 - Evolution de l'emprise du bâti au sein de l'EAIP dans la vallée de la Moselle aval
Les tronçons pour les calculs de superficie relative du bâti de la Moselle aval sont les mêmes que pour les gravières.

La distribution spatiale du bâti le long du linéaire de la Moselle est à mettre en parallèle avec la distribution spatiale des gravières (Figure 26). On remarque que les gravières sont aujourd'hui implantées là où la surface bâtie est la plus faible et inversement. Cependant ce n'est pas le cas partout, avec par exemple les alentours d'Hagondange qui disposent d'un bâti important mais également de quelques gravières. On retrouve aussi le cas en amont de Metz ou en aval de Thionville. La Moselle connait donc une anthropisation importante tout le long de son linéaire.

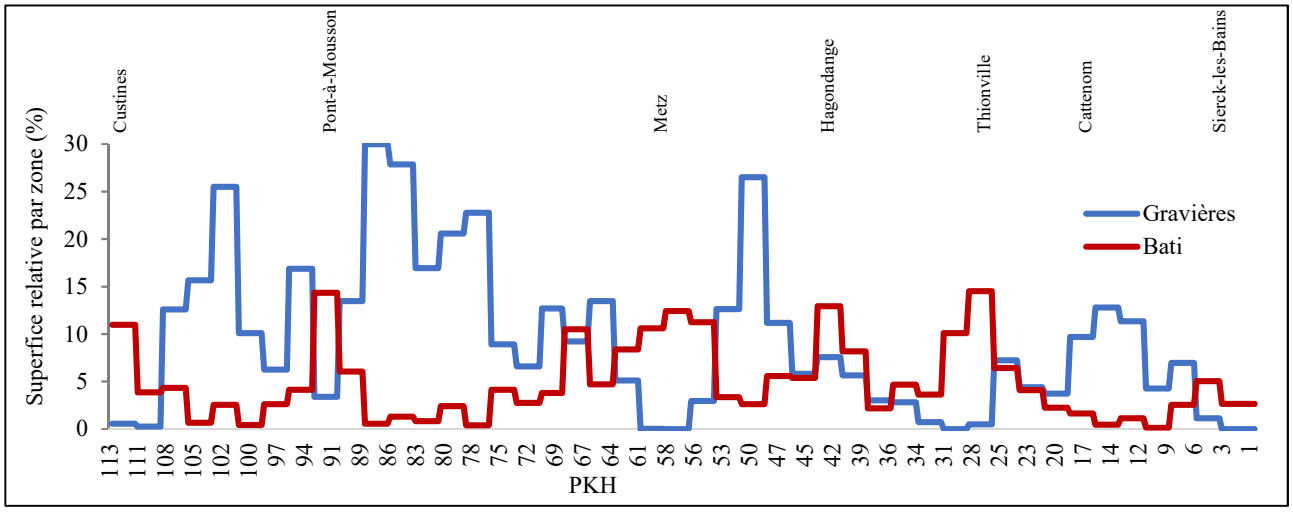


Figure 26 - Comparaison entre la superficie actuelle du bâti et celle des gravières par zone, le long de la Moselle

Chapitre IV : Discussion

Cette étude a permis la création d'atlas retraçant l'évolution du tracé des lits mineurs de la Moselle, de l'Orne et de la Seille, ainsi que l'évolution du bâti, depuis le XIX^{ème} siècle. Arrivé au terme de l'étude, il semble que certaines parties de l'étude peuvent comporter des limites.

La première limite rencontrée se situe dans la recherche et l'inventaire de sources de données. L'étude suivant une démarche géohistorique, elle dépend pour beaucoup de sources de données historiques. Or, ces données peuvent être perdues, difficile d'accès et surtout disséminées, étant donné le passé compliqué du département de la Moselle lié aux annexions allemandes. Concrètement, le travail de vectorisation n'a pas pu être complet pour la période des années 30 car il semblerait qu'il n'existe pas de missions photographiques assez importantes pour couvrir toute la zone d'étude. De ce fait, aucune mission n'existe pour la vallée de la Seille, les vallées de l'Orne et de la Moselle sont couvertes à 60 % environ.

En plus de ce problème sur la donnée historique, les études géohistoriques demandent souvent des ressources auprès de plusieurs organismes, tâche rendue ardue du fait du confinement lié à la situation sanitaire actuelle. Ainsi, cette étude comporte une lacune chronologique relativement importante, située entre les années 1830 et 1930. Cette lacune aurait probablement pu être évitée en numérisant une partie du fond cartographique du laboratoire LOTERR par exemple. Aussi, les sources de données étant historiques, il se peut que la qualité actuelle des orthophotographies soit plutôt mauvaise, avec des zones floues par exemple.

Ensuite, cette étude étant novatrice, il existe des questionnements concernant la méthodologie utilisée. En effet, l'étude se base sur les EAIP, mais cette enveloppe ne tient pas compte des aménagements de protection contre les inondations et elle semble comporter une emprise bien trop grande par rapport aux réalités du terrain. Aussi, il existe déjà des atlas de zones inondables[22] qui se basent sur différentes méthodes (modélisation de la crue centennale, crue historique ou méthode hydrogéomorphologique) et qui couvrent le territoire « réellement » inondable, espace plus réduit que les EAIP. De plus, la méthode utilisée pour cartographier les EAIP n'est pas connue ce qui oblige une réserve. Se pose alors la question de la pertinence du choix des EAIP pour ce travail de cartographie, mais, la demande étant contractuelle et aucune réunion de lancement n'ayant pu avoir lieu du fait du confinement, la question n'a pas encore été soulevée.

[22] http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/21/carte_globale_lorraine.map

Outre le choix des EAIP, la méthodologie présente un second défaut. La vectorisation du bâti a été faite à partir de la BDTOPO de l'IGN, dans l'ordre chronologique des périodes. Concrètement, la vectorisation aurait dû se faire des périodes les plus récentes aux périodes les plus anciennes en gardant les mêmes polygones. Actuellement, un même bâtiment peut posséder plusieurs polygones décalés, du fait des erreurs de géoréférencement (Figure 27).

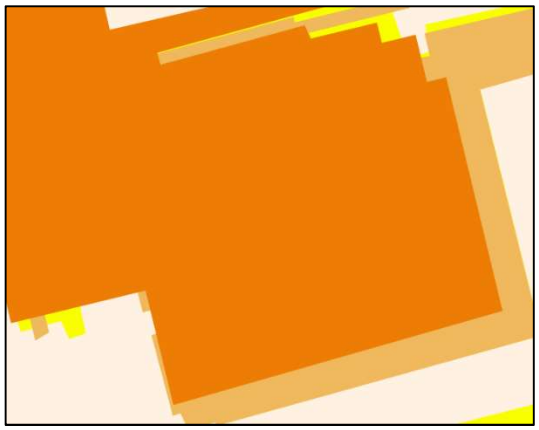


Figure 27 - Un bâtiment représenté par plusieurs polygones décalés (du plus foncé au plus clair : années 80 - 50 - 30)

Enfin pour terminer sur la méthodologie, l'un des buts de l'analyse diachronique est d'évaluer l'évolution du bâti au sein des EAIP. Or, elle n'est pas mise en parallèle avec l'évolution démographique du secteur, qui permettrait probablement d'expliquer l'augmentation de la superficie bâtie. Aussi, le bâti ne connait pas de classification donc les atlas ne permettent pas de connaitre les réels enjeux des vallées. Cependant, l'objectif n'était pas de quantifier les enjeux en zone inondable mais bien de quantifier l'emprise du bâti.

Figure 28 - Exemple de délimitation d'un cours d'eau rendu difficile du fait de la ripisylve présente qui apporte une ombre sur le cours d'eau, Rosselange (cliché 57-1955-0923-6911, IGN)

Outre les limites de l'étude liées à l'utilisation de données historiques et à une méthodologie perfectible, il reste des incertitudes liées à l'interprétation des résultats. D'abord, les principales sources de données sont les orthophotographies qui sont en noir et blanc. Cela pose un problème lors de la vectorisation car il est difficile de distinguer le chenal de la ripisylve, cette dernière pouvant apporter un ombrage conséquent sur l'eau (Figure 28). Aussi, l'étude est dépendante de la date des prises de vue des orthophotographies. En effet, une étude hydrologique ne peut pas comparer un cours d'eau à des périodes de l'année différente. Même si ici, toutes les orthophotographies proviennent de la saison estivale, le contexte météorologique n'est pas connu et il donc pratiquement impossible de connaitre la phase hydrologique que connait le cours d'eau. De ce fait, certaines caractéristiques ne peuvent être analysées (largeur du cours d'eau, bras mort ou assec par exemple). Ces deux problèmes obligent une certaine réserve quant à la largeur réelle du chenal aux différentes périodes.

En plus de ces biais liés aux orthophotographies qui influent sur la largeur des lits mineurs, les tracés eux-mêmes peuvent ne pas être fidèles à la réalité. Effectivement, les feuilles d'État-Major, bien que venant de l'IGN, ne sont pas parfaitement calées du fait de leurs incertitudes planimétriques. En effet, durant l'utilisation de ces feuilles, on a pu repérer que certaines parties pouvaient être décalées, surtout en comparant la position des lits mineurs des cours d'eau ayant une morphologie bien particulière (Figure 29). Aussi, la comparaison entre les limites administratives (communales essentiellement) actuelles et celles de l'État-Major est un indice puisqu'elles doivent être pour la plupart identiques (Figure 30). L'observation du linéaire des trois cours d'eau a permis de conclure que le décalage est présent en ordonnée mais très peu en abscisse. Ainsi, la vallée de l'Orne (écoulement ouest-est) est très touchée, la vallée de la Seille l'est surtout en amont et la vallée de la Moselle ne subit presque pas de décalage. Ces décalages sont légendés au travers des atlas.

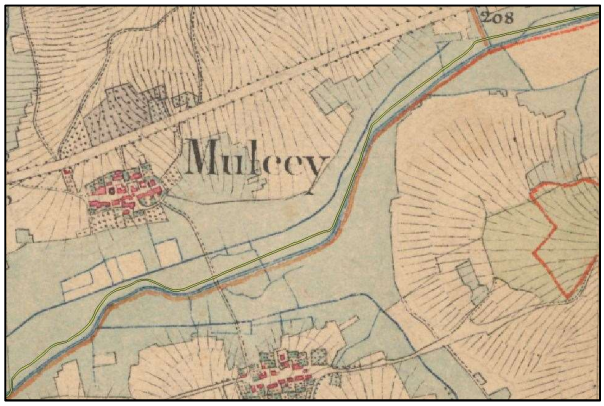


Figure 29 - Exemple de mauvais calage de la feuille d'État-Major déduit de la comparaison entre le lit actuel (jaune) et le lit à l'époque (bleu) : vallée de la Seille (Géoportail)

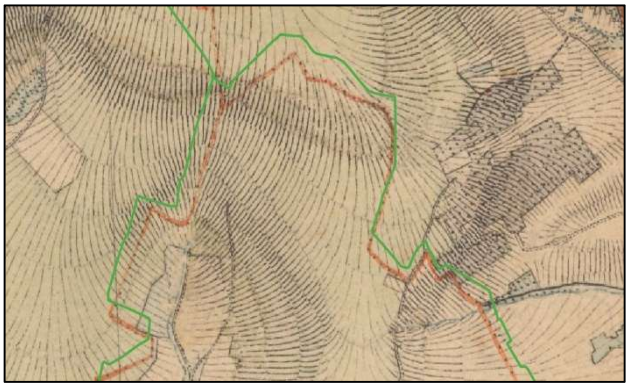


Figure 30 - Exemple de mauvais calage de la feuille d'État-Major déduit de la comparaison entre le découpage administratif actuel (vert) et le découpage à l'époque (rouge) : vallée de la Seille (Géoportail)

Aussi, les orthophotographies peuvent conduire à des décalages. Ici, l'erreur sur le géoréférencement ne dépasse pas 5 m en moyenne, ce qui est négligeable puisque les atlas sont fournis au 1/25000ème, soit une erreur équivalente à 0,2 mm sur la carte. Malgré tout, cette erreur reste néfaste surtout lors de la digitalisation du bâti puisqu'elle implique des imprécisions (Figure 31).

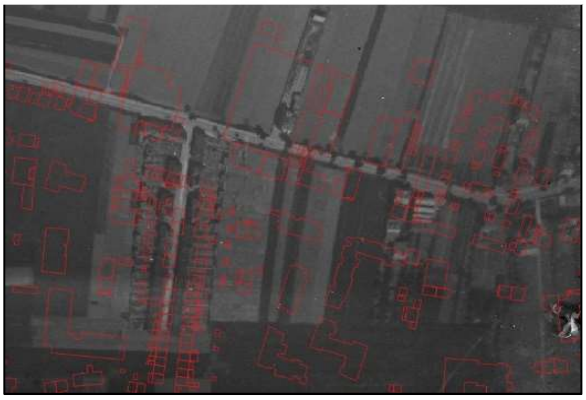


Figure 31 - Décalage important du bâti actuel (rouge) par rapport au bâti de l'époque : Cité Jeanne d'Arc à Terville (cliché 96080 de la mission C3411-0561 de 1928, IGN)

Les limites de l'étude ayant pu être décrites via d'abord les sources de données historiques, la méthodologie à perfectionner et les biais sur l'analyse des résultats, on remarque que l'étude pourrait être approfondie. En effet, les résultats montrent une décélération de l'augmentation du bâti depuis les années 80 le long de la Moselle, et même une baisse de la superficie en aval de l'Orne. On peut tenter de mettre ce constat en parallèle avec l'apparition des PPRi, à l'échelle communale. Cela pourra apporter un élément de réponse.

Aussi, l'étude pourrait être affinée vis-à-vis de l'occupation du sol et plus particulièrement de son évolution sur les périodes analysées. En perspective de cette étude, il serait intéressant d'aborder l'artificialisation des sols sur l'entièreté des EAIP. Plus précisément, cette étude vise à quantifier le bâti mais pas l'artificialisation des sols, c'est-à-dire les tâches urbaines. De ce fait, l'emprise de l'Homme telle que décrite au travers de cette étude se limite à la superficie stricte des bâtiments et ne prend pas en compte les voies de communication et autres aménagements. Ainsi, elle est largement sous-évaluée par rapport à l'artificialisation réelle des fonds de vallées.

Aussi, au vu des différentes cartes historiques et des orthophotographies, l'emprise de la forêt semble avoir largement diminuée au profit d'une artificialisation. Outre le fond de vallée, c'est tout le bassin versant qui pourrait être cartographié, afin de mieux comprendre les mécanismes de ruissellements et d'infiltrations, mais surtout d'étudier leurs évolutions.

Conclusion

L'objectif de ce stage était la réalisation d'une analyse diachronique du tracé de la Moselle aval, de l'Orne et de la Seille, et des aménagements réalisés au niveau de leurs EAIP. Outre l'intérêt géohistorique d'une telle étude, elle est importante dans le cadre de l'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque inondation au sein d'un bassin versant. En effet l'analyse diachronique pourra être mise en parallèle de l'historique des crues, deuxième volet de l'étude commandée par le SMMA.

Plus largement, l'étude entreprise dans le cadre de l'axe 1 du PAPI d'intention Moselle aval s'inscrit dans le processus d'alimentation de la Base de Données Historiques sur les Inondations (BDHI)[23], qui recense l'historique des inondations en France et qui permet d'améliorer la connaissance du risque inondation.

[23] https://bdhi.developpement-durable.gouv.fr/welcome

Bibliographie

AERM, FLUVIAL.IS, BIOTOPE, & DUBOST. (2017). *Etude des fuseaux de mobilité et des espaces de bon fonctionnement des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. Mission 1 : Actualisation et synthèse des connaissances sur les fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse*. https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/etude-des-fuseaux-de-mobilite-et-des-espaces-de-bon-fonctionnement-des-cours-d-eau-du-bassin-rhin-me1

Arnaud, J.-L. (2017). *La France en cartes, 1756-2016*. 7.

Baud, D., Reynard, E., & Bussard, J. (2015). *Les transformations paysagères de la plaine du Rhône. Analyse diachronique et cartographie historique (1840-2010)*. 34.

Béchet, B., Bissonnais, Y. L., Ruas, A., Aguilera, A., André, M., Andrieu, H., Ay, S., Baumont, C., Barbe, E., Beaudet, L. V., Belton-Chevallier, L., Berthier, E., Billet, P., Bonin, O., Cavailhes, J., Chancibault, K., Cohen, M., Coisnon, T., Colas, R., … Desrousseaux, M. (2017). *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : Déterminants, impacts et leviers d'action*. 623.

Berger, F. (2015). Les enjeux de la canalisation de la Moselle et de la Sarre jusqu'au Rhin pour les industriels sidérurgistes du bassin Lorraine-Sarre- Luxembourg (jusqu'aux années 1950). In *Industries, territoires et cultures en Europe du Nord-Ouest, XIXe-XXe siècles : Mélanges en l'honneur de Jean-François Eck* (p. 137-145).

Bigourdan, G. (1899). La carte de France. *Annales de géographie*, *8*(42), 427-437. https://doi.org/10.3406/geo.1899.6155

Bonnefont, J.-C., & Carcaud, N. (1997). Le comportement morphodynamique de la Moselle avant ses aménagements/The morphodynamic behaviour of Moselle river before its harnessings. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, *3*(4), 339-353. https://doi.org/10.3406/morfo.1997.932

Bonnot, E. (2019). *Les crues historiques du bassin de la Meurthe* (p. 41). Université de Lorraine.

Boudou, M. (2015). *Monographie des inondations de janvier 1910 (étude centrée sur le bassin du Doubs)*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1448.5366

Boulanger, P., & Trochet, J.-R. (Éds.). (2005). *Où en est la géographie historique ? Issu d'un colloque qui s'est tenue en Sorbonne du 12 au 14 septembre 2002*. Harmattan.

Bour, R. (1956). *L'historique de la canalisation de la Moselle*. 101-112.

BRGM. (s. d.). *Notice géologique explicative feuille 195.pdf*. Consulté 12 février 2020, à l'adresse http://ficheinfoterre.brgm.fr/Notices/0195N.pdf

Cermakian, J. (1975). *The Moselle : River and canal from the Roman Empire to the European Economic Community*. Published for the University of Toronto, Dept. of Geography by the University of Toronto Press.

Chalard, L. (2007). Des villes françaises en net déclin démographique. Le cas de communes anciennement industrielles. *Population & Avenir*, *683*(3), 15-19. Cairn.info. https://doi.org/10.3917/popav.683.0015

Chappart, G., & Reynard, N. (2007). La carte topographique française de 1887 à nos jours. *Le monde des cartes*, *191*, 53-67.

Cœur, D., Lang, M., Naulet, R., & Burnet, R. (1998). *Histoire et connaissance des phénomènes naturels extrêmes*. 12.

Corbonnois, J., & Zumstein, J.-F. (1994). Proposition de typologie des cours d'eau. Application au réseau hydrographique du Nord-Est de la France (bassin de la Moselle). *Revue de Géographie Alpine*, *82*(2), 15-24. https://doi.org/10.3406/rga.1994.3746

Dainville, F. de. (1955). La carte de Cassini et son intérêt géographique. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, *32*(251), 138-147. https://doi.org/10.3406/bagf.1955.8014

Décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, 2011-227 (2011).

Didier, F., Delus, C., Drogue, G., Lebaut, S., & Gille, E. (2019). *Reconstitutions des étiages de la Moselle depuis 1871*. 8.

Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, (2007).

DREAL. (2014). *Rapport de présentation—Cartographie du risque inondation sur le Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Metz-Thionville-Pont à Mousson*. http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport-presentation_tri-metz-approuve-13-06-2014_cle043188.pdf

DREAL. (2017). *Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation—Moselle Aval*. http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/170621_slgri_moselleaval_vf.pdf

Dubois, J.-J., Kergomard, C., & Laganier, R. (2000). Analyse géohistorique des paysages d'eau de la région de Condé-sur-l'Escaut (Nord) : De l'artificialisation de la nature à la naturalisation de l'artifice. *Hommes et Terres du Nord*, *2*(1), 77-85. https://doi.org/10.3406/htn.2000.2716

Edelblutte, S. (2000). « Logique d'exploitation » ou « logique de protection » dans la vallée de la moyenne Moselle. Le paysage révélateur des conflits spatiaux liés à l'extraction des alluvions. *Géocarrefour*, *75*(4), 293-304. https://doi.org/10.3406/geoca.2000.2481

El Ghachi, M. (2007). *La Seille : Un système fluvial anthropisé (Lorraine, France)* [Thèse, Metz]. http://www.theses.fr/2007METZ015L

Favre, C., Grel, A., Granier, E., Cosserat-Mangeot, R., Bachacou, J., Leroy, N., & Dupouey, J.-L. (2011). Digitalisation des cartes anciennes. Manuel pour la vectorisation de l'usage des sols et le géoréférencement des minutes 1:40 000 de la carte d'Etat-Major. *Champenoux: INRA*, 54.

Fournier, J. (2014). Les travaux de canalisation de la Moselle—Vers de nouvelles perspectives d'avenir. *Etudes touloises*. http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/fichier.pdf?Archive=244559106273

Franchomme, M., Servain-Courant, S., & Sajaloli, B. (2014). De l'approche géohistorique à l'élaboration de nouveaux outils de sensibilisation et de prévention du risque inondation. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, *Vol. 5, n°3*, Article Vol. 5, n°3. https://doi.org/10.4000/developpementdurable.10560

Frécaut, R. (1959). La canalisation de la Moselle. *L'Information Géographique*, 144-154. Persée http://www.persee.fr.

Frécaut, R. (1971). *La Moselle et son bassin*. Bretagne Occidentale.

Frécaut, R. (1973). La Moselle et son bassin. Contribution à l'hydrologie et à la dynamique fluviales en milieu tempéré océanique. *La Houille Blanche*, *4*, 303-311. https://doi.org/10.1051/lhb/1973020

Freyssenet, M. (1983). *Crise de la sidérurgie lorraine et échec de la diversification industrielle*. 11.

Gamez, P., Wehrei, A., Fizaine, J.-P., & Scapoli, J. (1995). L'implication du karst dans la capture de la Moselle. *Revue Géographique de l'Est*, *35*(3), 297-308. https://doi.org/10.3406/rgest.1995.2307

Garnier, E. (2010). *Les dérangements du temps : 500 ans de chaud et de froid en Europe*. Plon.

Gille, E. (1993). Les crues des bassins de la Moselle et de la Sarre de 1970 à 1991. *L'eau, la terre et les hommes. Au fil de l'eau*, 273-280.

Grataloup, C. (2002). *Géographie historique et analyse spatiale : De l'ignorance à la fertilisation*

croisée. 33-42. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00256773

Hien, F., Compaore, J. A., & Coulibaly-Some, O. (1996). *La dynamique de la dégradation des sols dans le bassin du Nakambé : Une étude diachronique dans le secteur des forêts classées de Bissiga-Nakabé au Burkina Faso*. 9.

HYDRATEC, Malavoi, J.-R., ECOLOR, & AERM. (1999). *Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse. Phases 1 à 3 : Elaboration de la méthodologie de définition des fuseaux de mobilité et détermination des fuseaux.* https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/definition-des-fuseaux-de-mobilite-fonctionnels-sur-les-cours-d-eau-du-bassin-rhin-meuse-phases-4-pr0

IGN. (2016). *SCAN État-major® 40K Version 1.0—Descriptif de contenu*. 16.

IGN. (2018). *BD ORTHO® Historique Version 1.0—Descriptif de contenu*. 16.

IGN. (2019). *BD TOPO® Version 3.0—Descriptif de contenu*. 363.

Jacob-Rousseau, N. (2009). Géohistoire/géo-histoire : Quelles méthodes pour quel récit ? *Géocarrefour*, *2009*(Vol. 84/4), 211-216.

Kang, Y. S., Demassieux, L., Royer, J. J., & Chambon, C. L. (1992). Modélisation et prévision des chroniques : Application à l'évolution temporelle de l'exhaure minière lorrain. *Hydrological Sciences Journal*, *37*(6), 581-597. https://doi.org/10.1080/02626669209492625

Ladet, S., & Bloquel, E. (2017). *Atelier thématique : Conversion de rasters en vecteurs*. 21.

Lang, M., & Coeur, D. (2014). *Les inondations remarquables au XXe siècle : Inventaire 2011 pour la directive Inondation*. Editions Quae.

Lang, M., Cœur, D., Lallement, C., & Naulet, R. (1998). *Valorisation de l'information historique pour la prédétermination du risque d'inondation : Application au bassin du Guiers*. 13.

Larousse, É. (s. d.). *Définitions : Diachronie - Dictionnaire de français Larousse*. Consulté 18 mars 2020, à l'adresse https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/diachronie/25130

Le Roy Ladurie, E., & Flammarion. (1967). *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion.

Lebaut, S. (2020). *Présentation du bassin versant de la Moselle*. Crues et sécheresses dans le bassin versant de la Moselle.

Lejeune, P., Gorel, A., Dupuis, C., & Huylenbroeck, L. (2019). *Géoréférencement d'un fichier raster avec QGIS*. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/245006/3/QGIS_08_georef.pdf

Lejeune, T. (2019). *La vallée de la Meurthe : Approche géo-historique des relations Homme-mileu fluvial* (p. 129). Université de Lorraine.

Litzenburger, L. (2015). *Une ville face au climat : Metz à la fin du Moyen Âge (1400-1530)*. PUN-Èditions Universitaires de Lorraine.

Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, (1995).

Losson, B. (2003). Karstification et capture de la Moselle (Lorraine, France) : Vers une identification des interactions [Thesis, Metz]. In *Http://www.theses.fr*. http://www.theses.fr/2003METZ009L

Mahamane, A., Yacoubou, B., Issaka, A., Ichaou, A., & Saley, K. (2007). Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). *Science et changements planétaires / Sécheresse*, *18*(4), 296-304. https://doi.org/10.1684/sec.2007.0105

Maire, G., & Corbonnois, J. (2000). Evolution morphodynamique récente de la Moselle entre Charmes et Bayon. Diagnostic de l'état actuel du lit, choix d'un type de gestion de l'espace fluvial. / The recent morphodynamic development of the Moselle between Charmes and Bayon. An audit of the present state of the river bed and the choice of an appropriate management system for the fluvial

area. *Géocarrefour*, *75*(4), 305-315. https://doi.org/10.3406/geoca.2000.2482

Martin, B., Holleville, N., Furst, B., Giacona, F., Glaser, R., Himmelsbach, I., & Schönbein, J. (2015). La géohistoire des inondations au service de l'évaluation critique du zonage du Plan de Prévention des Risques d'Inondation : L'exemple de Thann (Haut-Rhin, France). *Belgeo. Revue belge de géographie*, *1*. https://doi.org/10.4000/belgeo.15926

Mathis, D. (2009). *Géohistoire agraire d'un pays lorrain : Le Saulnois*. 970.

Mathis, D., Chiffre, E., Harmand, D., & CERPA. (2012). *Les enjeux paysagers de la reconversion en etangs des sablieres et gravieres*. https://www.researchgate.net/profile/Denis_Mathis/publication/331477629_Les_enjeux_paysagers_de_la_reconversion_en_etangs_des_sablieres_et_gravieres/links/5c7b9b35a6fdcc4715aa2b61/Les-enjeux-paysagers-de-la-reconversion-en-etangs-des-sablieres-et-gravieres.pdf

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

Nasseh, A., Texier, H., Lacroix, M., & Ouddane, B. (1999). Transport de la charge solide dans le bassin versant de l'Orne. Composition, variabilité et flux (1994-1995). *Hydroécologie Appliquée*, *11*, 103-125. https://doi.org/10.1051/hydro:1999004

Naulet, R. (2002). *Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure prédétermination du risque d'inondation. Application au bassin de l'Ardèche à Vallon Pont-d'Arc et St-Martin d'Ardèche.* [Thèse, Université de Québec]. http://espace.inrs.ca/id/eprint/351/1/T000314.pdf

Nicod, J. (1949). La crue de la Meurthe et de la Moselle, 28-31 décembre 1947. *L'Information Géographique*, *13*(1), 12-16. https://doi.org/10.3406/ingeo.1949.5419

Olivier, L. (2009). Contribution à l'étude de l'évolution techno-typologique des modes de production du sel dans la vallée de la Seille (Moselle) à l'âge du Fer. *ANTIQUITÉS NATIONALES*, 19.

Orthophotographie—Géoconfluences. (s. d.). [Terme]. Consulté 28 février 2020, à l'adresse http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/orthophotographie

Pelletier, M. (2002). *Les cartes des Cassini : La science au service de l'état et des régions*. CTHS.

Pfrimmer, A., Muller, V., Dounoh, M. K., Choffel, A., & Gougeon, L. (2020). *Cartographie de l'ancien tracé de la Meurthe à partir de sources historiques*. Université de Lorraine.

Pichard, G., & Roucaute, É. (2014). *Sept siècles d'histoire hydroclimatique du Rhône d'Orange à la mer : 1300-2000 : climat, crues, inondations*. Presses universitaires de Provence.

Picon, M. (2014). *Autour de l'Orne industrieuse : Paysages industriels hérités* (p. 127) [Thesis, Université de Lorraine, 34 cours Léopold, 54000 Nancy]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01110255

Rogé, M., & Walterspieler, M. (1982). Chronique lorraine : L'eau et la sidérurgie en Lorraine. Le football lorrain. *Revue Géographique de l'Est*, *22*(3), 295-313. https://doi.org/10.3406/rgest.1982.1422

Rothé, J.-P. (1948). Les causes météorologiques des inondations de décembre 1947 dans le Nord-Est de la France. *Annales de géographie*, *57*(307), 205-212. https://doi.org/10.3406/geo.1948.12299

Sawtschuk, J., & Bioret, F. (2012). Analyse diachonique de la dynamique spatiale de la végétation de l'estuaire de la Loire. *Photo interprétation -European. Journal of Applied Remote Sensing*, *3*, 15-28.

Schontz, A. (2004). *Les voies navigables en Lorraine*. Serpenoise.

Service aménagement des rivières Haut-Rhin. (2011). *Programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin : Note méthodologique de l'état des lieux*.

https://infogeo68.fr/Infogeo68/files/RIVIERES/pdf/guide_methodo_etat_lieux.pdf

Steiger, J., Corenblit, D., & Vervier, P. (2000). Les ajustements morphologiques contemporains du lit mineur de la Garonne, France et leurs effets sur l'hydrosystème fluvial. *Zeitschrift für Geomorphologie*, *122*.

Valarie, P., & Coeur, D. (2004). Vulnérabilité de la région Languedoc-Roussillon aux crues méditerranéennes : Perspectives historiques et enjeux actuels. *La Houille Blanche*, *6*, 56-61. https://doi.org/10.1051/lhb:200406007

Valette, P., & Carozza, J.-M. (2010). Mise en œuvre d'une démarche géohistorique pour la connaissance de l'évolution des paysages fluviaux : L'exemple de la moyenne vallée de la Garonne. *Géocarrefour*, *Vol. 85/1*, 17-27. https://doi.org/10.4000/geocarrefour.7679

Vallauri, D., Grel, A., Granier, E., & Dupouey, J.-L. (2012). *Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles*. 69.

Glossaire

AERM : Agence de l'Eau Rhin-Meuse

AERMC : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

CAMIFEMO : Canal des mines de fer de la Moselle

CMD : Coefficient Mensuel de Débit $CMD = \frac{Q_{moy\ mensuel}}{Module}$

EAIP : Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles

EPRI : Évaluation Préliminaire des Risques Inondations

EPTB : Établissements Publics Territoriaux de Bassin

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

LOTERR : Laboratoire de recherche en géographie

PAPI : Programmes d'Action de Prévention des Inondations

PHK : Pont Kilométrique Hydrographique

PPRi : Plan de Prévention du Risque Inondation

QIX : Débit Maximal Instantané généralement en m^3/s

Q_{MA} : Module ou Débit Moyen Annuel généralement en m^3/s

Q_{sp} : Débit Spécifique donné en $l/s/km^2$

RGE : Référentiel géographique à Grande Echelle

RMSE : Root Mean Square Error ou Erreur Moyenne Quadratique (EMS)

SCR : Système de Coordonnées de Référence

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SMMA : Syndicat Mixte Moselle Aval

SIG : Système d'Information Géographique

SLGRI : Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

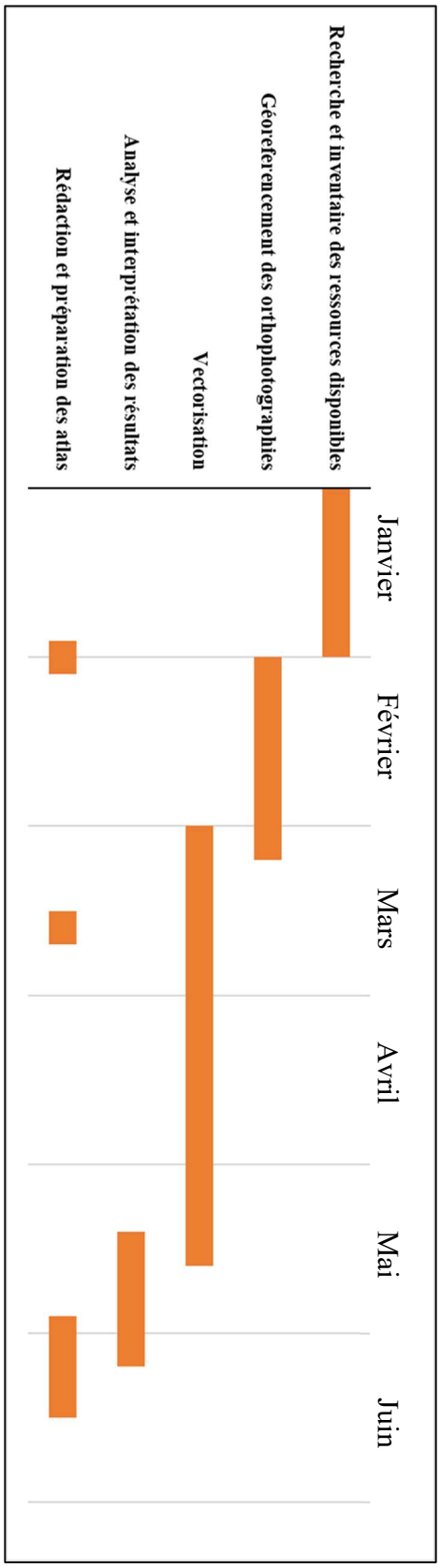
TRI : Territoires à Risques importants d'Inondation

VCN_3 : Débit minimal moyen calculé sur 3 jours consécutifs généralement en m^3/s

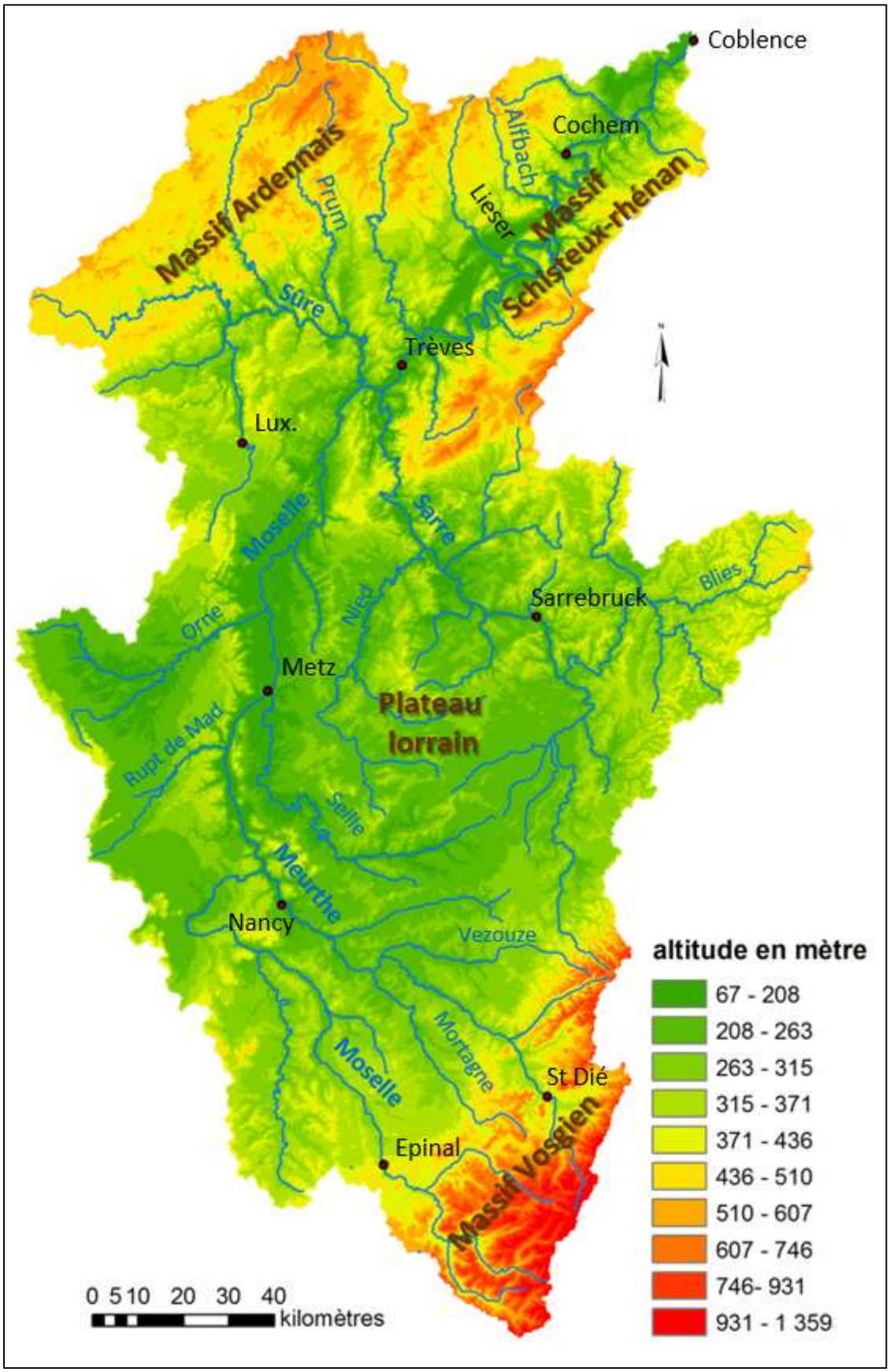
WMS : Web Mapping Services

Annexes

A. Calendrier

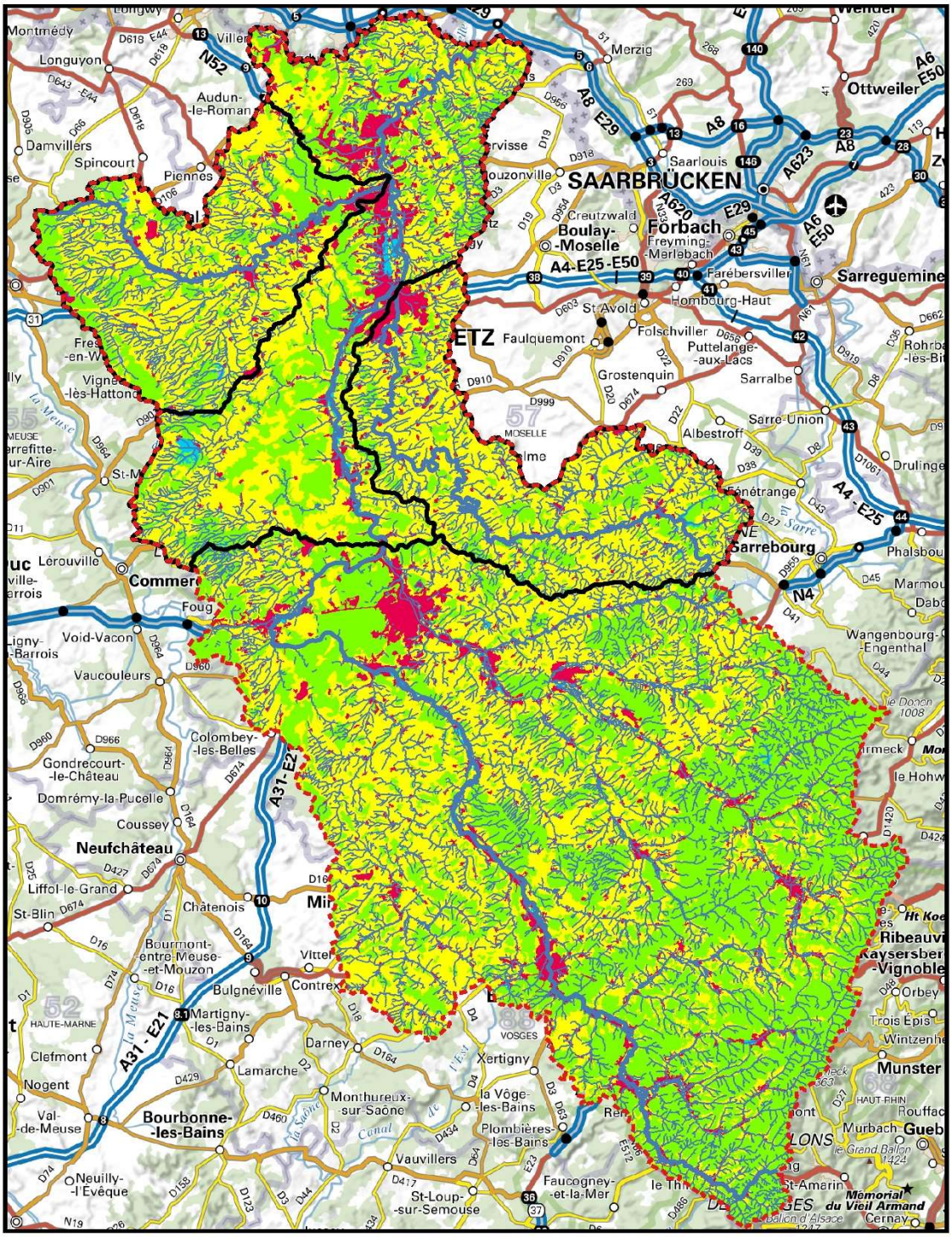


B. Orohydrographie du bassin versant de la Moselle

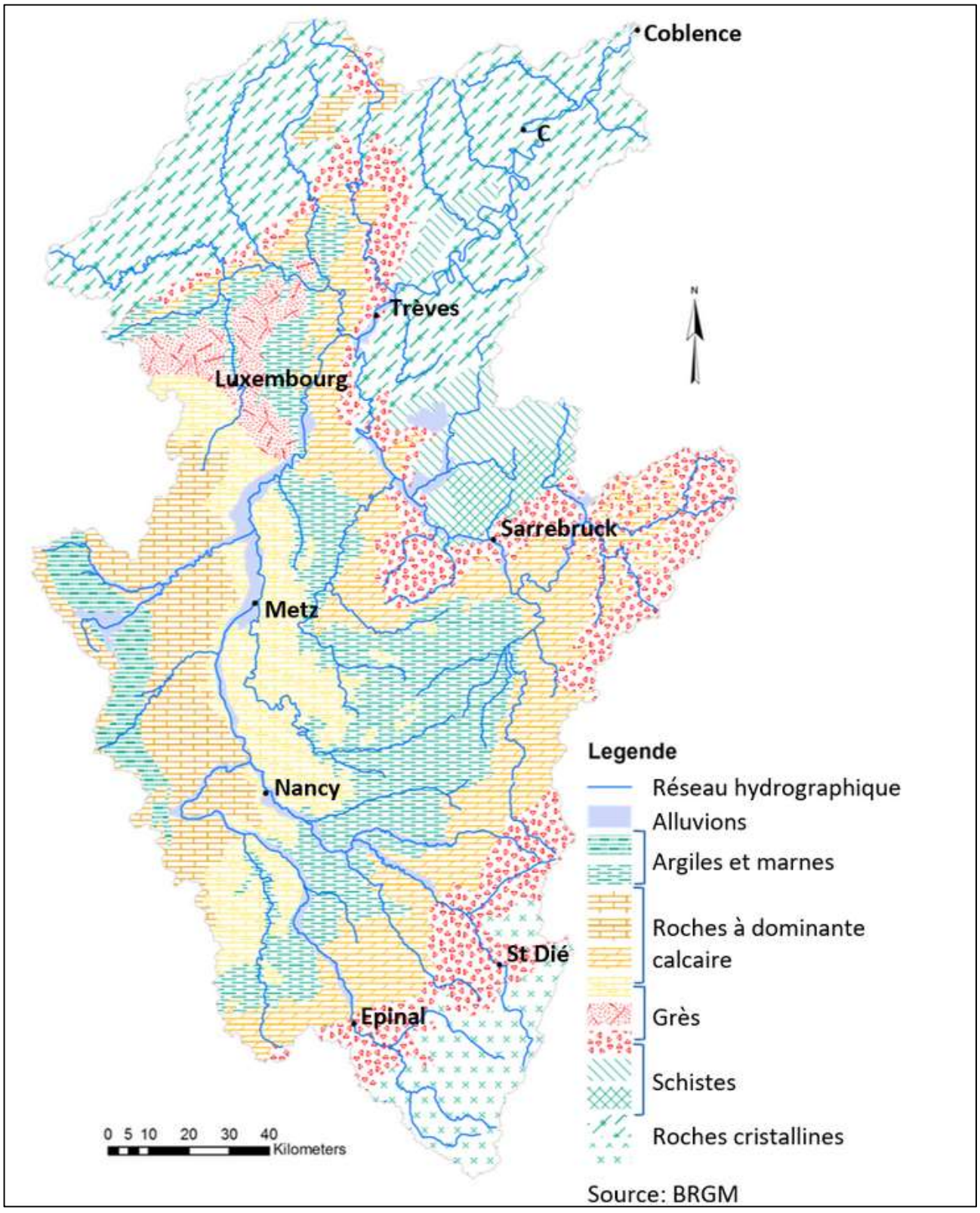


C. Occupation du sol du bassin de la Moselle

Hydrographie et occupation du sol
Bassin versant de la Moselle



D. Géologie du bassin de la Moselle



E. Erreur quadratique moyenne des orthophotographies

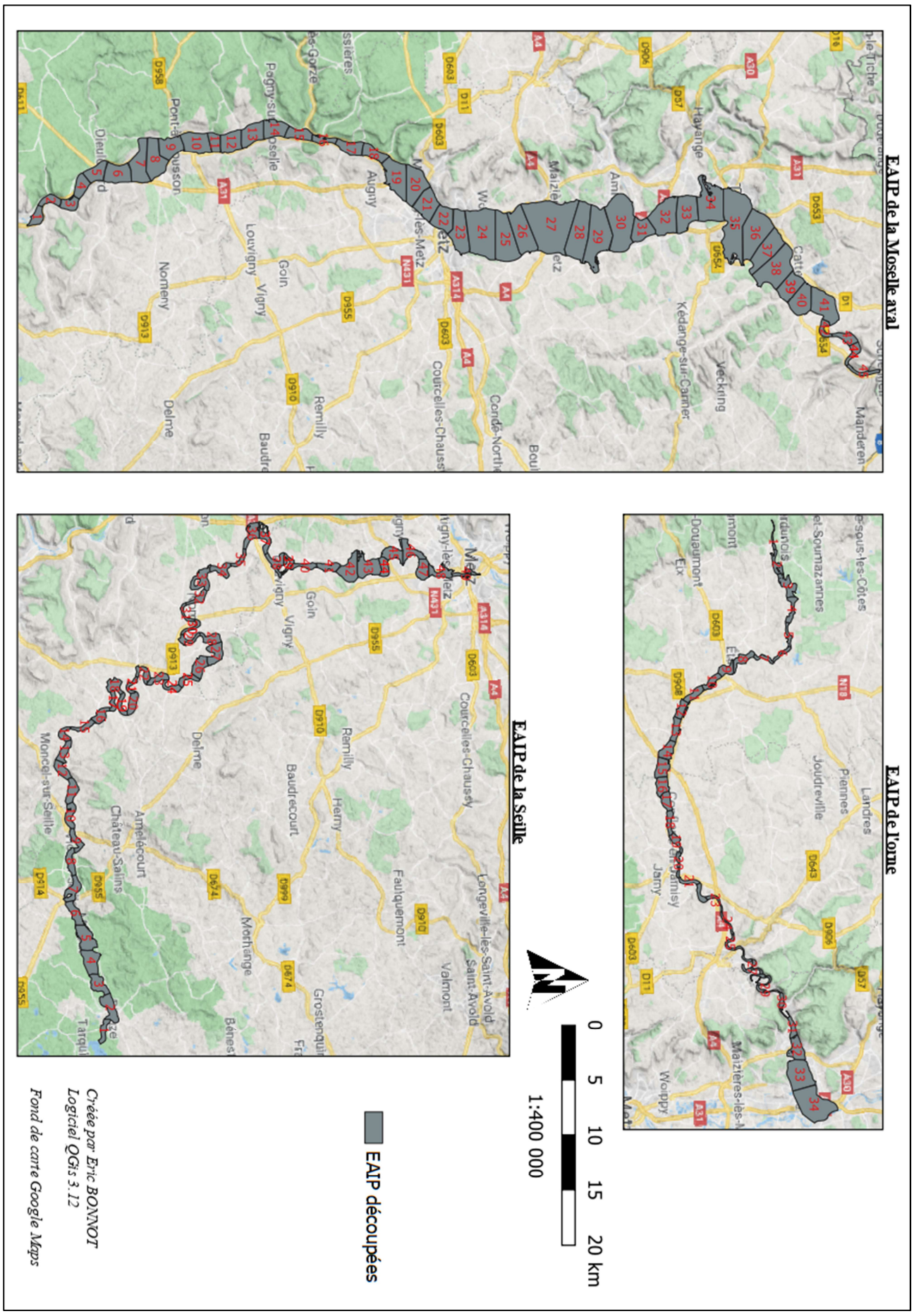
Mission	Nombre d'orthophotographies	EMS (m)
1928 - Aval Moselle	79	2,959
1928 - Orne aval	23	3,499
1932 - Moselle amont	10	2,803
1932 - Moselle centrale	12	3,469
1934 - Orne centrale	12	3,642
1981 - Seille 1/2	4	3,315
1982 - Seille 2/2	13	2,386
1982 - Moselle 1/2	13	2,373
1982 - Moselle 2/2	13	2,649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

F. Résultats généraux des superficies du bâti et des gravières

	Superficie bati m² / km² / %																	
	EAIP			Etat-Major			Années 30			Années 50			Années 80			Actuel		
Moselle	218477000	218,48		1044700	1,04	0,31	2177380	2,18	0,65	5448190	5,45	1,64	10766200	10,77	3,23	13440600	13,44	4,04
Orne	43829500	43,83		253508	0,25	0,58	940043	0,94	2,14	1550680	1,55	3,54	2218770	2,22	5,06	1938540	1,94	4,42
Seille	70597900	70,60		468535	0,47	0,66				609787	0,61	0,86	997493	1,00	1,41	1104450	1,10	1,56

Superficie gravières m²/km²/%														
Etat-Major			Années 30			Années 50			Années 80			Actuel		
0	0	0	601392	0,60	0,28	4,58E+06	4,58	2,10	1,33E+07	13,29	6,08	1,85E+07	18,53	8,48

G. Carte du découpage des EAIP pour l'interprétation des résultats



H. Listes des modifications des lits

Moselle :

PKH	Commune	Année d'apparition	Description
109	Marbache / Belleville	1930	Petit canal latéral
109	Marbache / Belleville	1980	Recoupement de méandre pour grand gabarit
103	Belleville / Dieulouard	1950	Petit canal latéral
102	Belleville	1980	2 chenaux en un unique pour grand gabarit + Recoupement de méandre
99	Blénod-les-Pont-à-Mousson	1950	Petit canal latéral
94	Blénod-les-Pont-à-Mousson	1980	Recoupement de méandre pour grand gabarit
90	Pont-à-Mousson	1950	Petit canal latéral
88	Pont-à-Mousson	1930	Divagation de méandres
80	Pagny-sur-Moselle	1930	Divagation de méandres
80	Pagny-sur-Moselle	1980	Recoupement de méandre pour grand gabarit
56	Jouy-aux-Arches	1950	Canal de Jouy
55	Metz	1980	Port de Metz
54	La Maxe	1980	Dérivation pour la centrale thermique de La Maxe
50	Argancy	1950	CAMIFEMO
33	Illange	1950	Recoupement de méandre + port d'Illange
18	Koenigsmacker	1980	Recoupement de méandre pour grand gabarit
11	Malling	1980	Recoupement de méandre pour grand gabarit

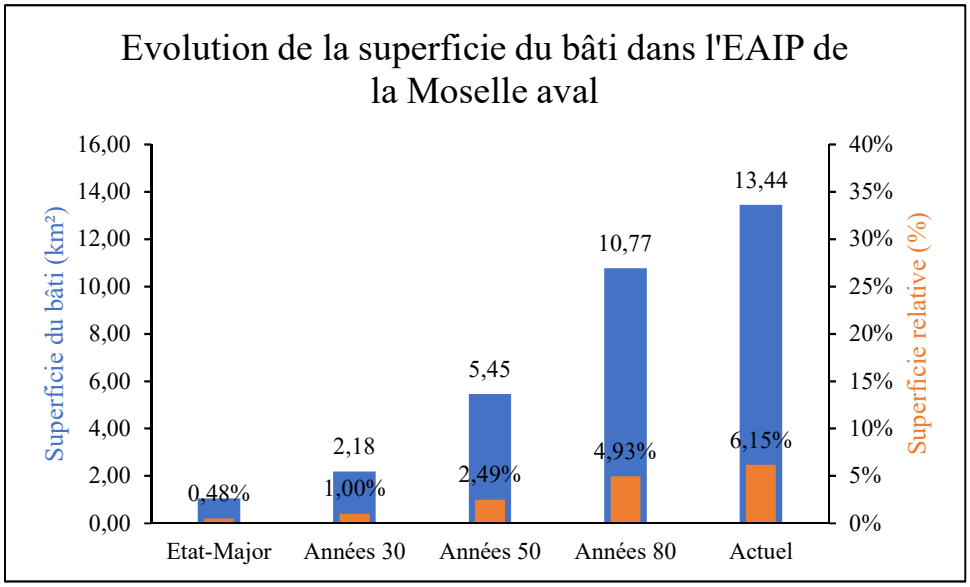
Orne :

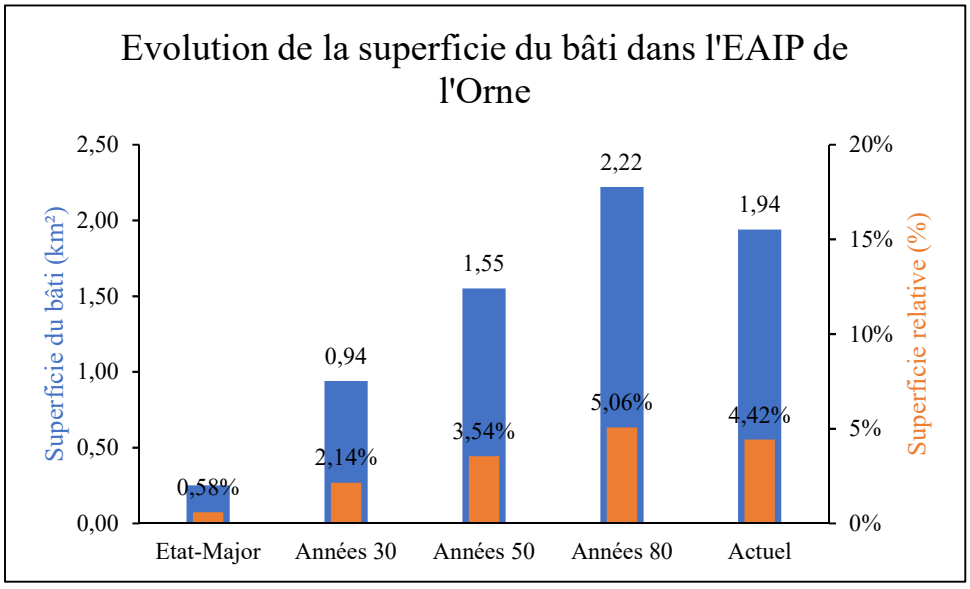
PKH	Commune	Année d'apparition	Description
64	Etain	1980	Recoupement de méandre
62	Warcq	1980	Recoupement de méandre
61	Warcq	1930	2 chenaux en 1
54	Buzy-Darmont	1930	Suppression d'une dérivation
45	Jeandelize	1930	Suppression des dérivations
40	Conflans-en-Jarnisy	1950	Recoupement de méandre commencé sous l'EM
37	Jarny	1950	Rectification
35	Labry / Giraumont	1950	Recoupement de méandre
22	Auboué	1930	Rectification
22	Homécourt	1950	2 chenaux en 1
15	Joeuf	1930	Rectification
13	Moyeuvre-Grande	1930	2 chenaux en 1
12	Moyeuvre-Grande	1930	2 chenaux en 1
9	Rosselange	1980	Canalisation jusqu'à la confluence, perte de nombreux chenaux

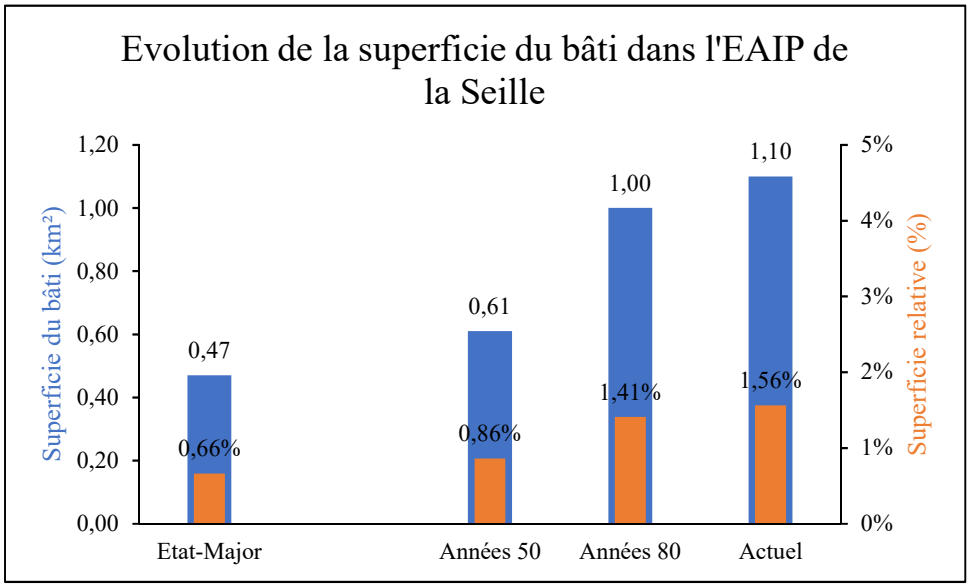
Seille :

PKH	Commune	Année d'apparition	Description
121	Dieuze	1950	Rectification jusqu'à Moncel sur Seille, recoupement de méandre, suppression des dérivations
95	Pettoncourt	1950	Dérivation
79	Arraye-et-Han	1980	2 chenaux en 1
77	Arraye-et-Han	1980	2 chenaux en 1
70	Ajoncourt	1980	2 chenaux en 1
67	Aulnois-sur-Seille	1950	2 chenaux en 1
61	Thézey-Saint-Martin	1950	2 chenaux en 1
57	Phlin	1980	2 chenaux en 1
55	Abaucourt	1950	2 chenaux en 1
46	Belleau	1950	2 chenaux en 1
45	Rouves	1950	2 chenaux en 1
26	Louvigny	1950	Suppression des dérivations
24	Sillegny	1980	2 chenaux en 1
20	Pournoy-la-Grasse	1980	2 chenaux en 1
13	Marly	1950	Recoupement de méandre
10	Marly	1950	Recoupement de méandre
7	Metz	1950	Rectification jusqu'à la confluence avec la Moselle

I. Evolution du bâti au sein des EAIP







Analyse diachronique du tracé des cours d'eau et des aménagements en zone inondable dans le bassin de la Moselle aval depuis le XIX^{ème} siècle

Résumé

Ce rapport de stage s'inscrit dans l'élaboration du Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) d'intention de la Moselle aval, engagé par le Syndicat Mixte Moselle Aval (SMMA) en collaboration avec le laboratoire LOTERR. Le rapport consiste en une étude diachronique du tracé du lit mineur de la Moselle aval et de deux de ses affluents : l'Orne et la Seille ; ainsi que l'évolution des gravières et du bâti au sein des Enveloppes Approchées d'Inondations Potentielles (EAIP). Cette étude a pour but la création de trois atlas diachronique, joints à ce rapport.

Mots-clés : **DIACHRONIE – ÉTUDE - GÉOHISTORIQUE - SIG - PAPI - MOSELLE AVAL - INONDATION**

Diachronic analysis of the course of water and facilities in flood zones of the downstream Moselle basin since the 19th century

Abstract

This internship report is a part of the elaboration of the flood prevention action program (PAPI) for the downstream Moselle, undertaken by the mixte syndicate of downstream Moselle (SMMA) in collaboration with the LOTERR laboratory. The report consists in a diachronic study of the layout of the downstream Moselle and two of its tributaries: the Orne and the Seille; as well as the evolution of the gravel pits and the buildings within the approached envelopes of potential floods (EAIP). The aim of this study is the creation of three diachronic atlases, attached to this report.

Keywords : **DIACHRONY - GEOHISTORICAL STUDY - GIS - PAPI - DOWNSTREAM MOSELLE - FLOOD**