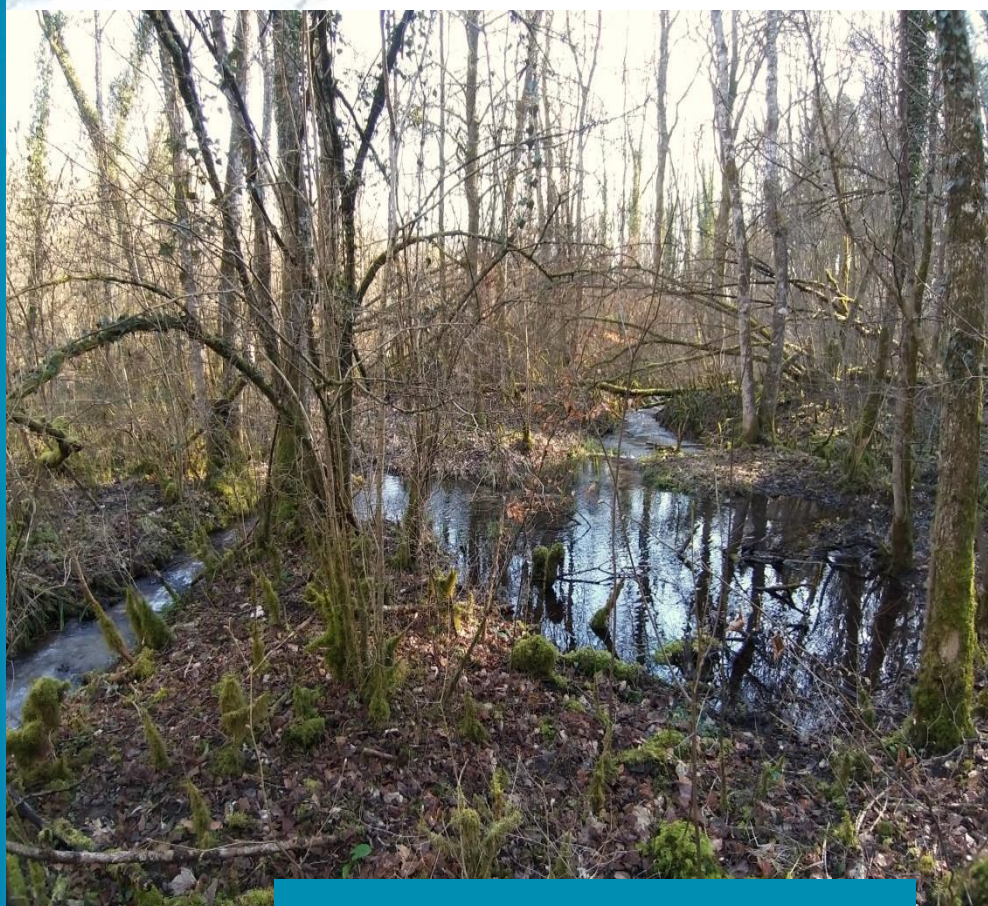


MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Mémoire présenté pour
l'obtention du diplôme
d'Ingénieur de l'ENGEES

Caractérisation historique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse pour l'appui à l'action territoriale (Restauration hydromorphologique)

- Stage réalisé du 4 février
au 2 aout 2019
- Secteur étudié :
Départements de la
Meuse et de la Meurthe-
et-Moselle



WENNER
Jean-Thomas

2016 / 2019
Promotion Grand Lyon

RESUMES

Caractérisation historique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse pour l'appui à l'action territoriale

L'analyse réalisée dans ce document présente les travaux effectués pour collecter et mettre à disposition des données historiques sur les cours d'eau, et plus particulièrement à décrire et bancariser des données répertoriées dans un document datant du 19^e siècle intitulé « Etat statistiques des cours d'eau non navigables ni flottables ». Ce document inventorie les cours d'eau et décrit, pour cette époque, leurs caractéristiques géométriques avec une relative précision. Chaque département français de métropole a réalisé cet inventaire entre 1861 et 1902. Pour permettre une analyse facilitée et une exploitation opérationnelle, les données ainsi collectées sont jointes à une cartographie sous Système d'Information Géographique (SIG). Au regard du volume important de données à traiter sur le bassin Rhin-Meuse, comprenant en partie ou en totalité les départements de Meuse, de Meurthe-et-Moselle, de Moselle, des Vosges, des Ardennes, de la Haute-Marne, du Bas-Rhin et du Haut-Rhin, le rapport présente la méthode élaborée sur un département « test » (Meuse) dans le but de réaliser de manière homogène et efficace le travail de collecte et de bancarisation des informations anciennes. Pour évaluer l'efficacité et la pertinence de la mise à disposition de ce pool de données, une étude de cas est conduite sur un bassin versant où les données ont été bancarisées suivant la méthode définie. Cette analyse locale vise ainsi à évaluer les exploitations possibles des informations anciennes en vue du diagnostic des cours d'eau et de leur restauration hydromorphologique. Une réflexion pourra ainsi être menée sur la valeur de référentiel de ces données en matière de gestion et d'actions de restauration écologique des cours d'eau.

Historical characterization of rivers in the Rhine-Meuse basin to support territorial action

The analysis presented in this document shows all the work done to collect and make historical watercourses data available, and, more specifically, to describe and bankarize data listed in the document entitled "Statistical Status of non-navigables and not buoyants watercourses ", written in the 19th Century.

This document lists the rivers and describes their geometric characteristics at the time with a relative precision. In fact, each French department of the metropolis carried out this inventory between 1861 and 1902. In order to make the analysis and operational exploitation easier, the data which were collected were attached to cartography under the Geographical Information System (GIS). Moreover, considering the quantity of data which have to be processed on the Rhine-Meuse basin (regarding parts or the entire departments of Meuse, Meurthe-et-Moselle, Moselle, Vosges, Ardennes, Haute-Marne, Bas-Rhin and Haut-Rhin), the report presents the method developed for a "test" department (in this case, Meuse) in order to achieve a consistent and efficient work of collection and banking of old information.

Eventually, to evaluate the efficiency and relevance of the provision of this data pool, a case study was conducted on a watershed for which the data were collected following the method previously mentioned. This local analysis aims at evaluating the possible uses of old data for the diagnosis of watercourses and their hydromorphological restoration. A reflection workshop may thus be conducted on the referencial value of these data in terms of management and ecological restoration actions of rivers

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES ANNEXES	6
SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	7
REMERCIEMENTS	8
INTRODUCTION.....	9
I. CONTEXTE GENERAL DU PROJET	10
A. L'AGENCE DE L'EAU.....	10
1. <i>Les Agences de l'eau en France</i>	<i>10</i>
2. <i>Actions menées par les Agences de l'eau</i>	<i>11</i>
3. <i>L'Agence de l'eau Rhin-Meuse.....</i>	<i>12</i>
4. <i>Le service DPI en 2019</i>	<i>13</i>
B. ELEMENTS FONDAMENTAUX ET DONNEES EXISTANTES POUR CONDUIRE LE PROJET	14
1. <i>L'hydromorphologie.....</i>	<i>14</i>
2. <i>Restauration / Renaturation hydromorphologique</i>	<i>17</i>
3. <i>Les systèmes d'information géographique (SIG) et leurs référentiels hydrographiques</i>	<i>18</i>
C. PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS DU PROJET	19
1. <i>Les usages de l'eau au cours de l'histoire</i>	<i>19</i>
2. <i>Les références historiques sur les cours d'eau</i>	<i>21</i>
3. <i>Enjeux et limites des données anciennes.....</i>	<i>22</i>
4. <i>Objectifs du projet</i>	<i>22</i>
II. LES DOCUMENTS ET REFERENCES HISTORIQUES UTILISEES	24
A. L'ETAT STATISTIQUE DES COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES (1861-1902).....	24
1. <i>La recherche aux Archives Départementales.....</i>	<i>24</i>
2. <i>Présentation des tableaux A.....</i>	<i>25</i>
3. <i>Une valeur de référentiel à nuancer</i>	<i>28</i>
B. LES CARTES ET VUES AERIENNES.....	28
1. <i>Les « références » anciennes</i>	<i>28</i>
2. <i>Croisement avec les fonds de cartes et les référentiels SIG actuels.....</i>	<i>32</i>
III. LA BANCARISATION DES DONNEES ISSUES DE L'ETAT STATISTIQUE DES COURS D'EAU	32
A. PRINCIPE DE BANCARISATION DES DONNEES.....	32
B. METHODE MISE EN PLACE POUR LA BANCARISATION	33
1. <i>Adaptation de la table aux données anciennes.....</i>	<i>33</i>
2. <i>Localisation des cours d'eau</i>	<i>33</i>
3. <i>Bancarisation des données anciennes</i>	<i>37</i>
C. LA COUCHE FINALE OBTENUE	38
1. <i>Analyse de BD_Carthage</i>	<i>38</i>
2. <i>Analyse de la couche finale.....</i>	<i>38</i>
3. <i>Analyse de BD_Topo_courdo</i>	<i>38</i>
IV. ETUDE DE CAS : LE BASSIN VERSANT DE L'ORNE AMONT.....	40
A. PRESENTATION DU BASSIN VERSANT.....	41
1. <i>Localisation.....</i>	<i>41</i>
2. <i>Hydrographie.....</i>	<i>41</i>

3.	<i>Géologie, relief et climat</i>	42
4.	<i>Occupation du sol : un territoire rural</i>	43
5.	<i>Actions déjà réalisées</i>	45
B.	ETATS DES LIEUX DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	45
1.	<i>Ripisylves</i>	45
2.	<i>Disparition de cours d'eau</i>	47
3.	<i>Ajustements du lit mineur</i>	48
4.	<i>Créations de fossés</i>	49
C.	PRINCIPALES EVOLUTIONS OBSERVEES SUR LE BASSIN VERSANT	50
1.	<i>Les étangs en barrage</i>	50
2.	<i>Evolution du réseau hydrographique et cours d'eau disparus</i>	52
D.	ORIENTATIONS D' ACTIONS EN MATIERE DE RESTAURATION ECOLOGIQUE	56
1.	<i>Etude d'un cours d'eau enterré : Le Magron</i>	56
2.	<i>Etude d'un cours d'eau rectifié/recalibré : Le Damloup</i>	61
3.	<i>Etude d'un fossé créé</i>	67
	CONCLUSION	70
	BIBLIOGRAPHIE	72
	ANNEXES	74
	NOTICE ANALYTIQUE	95

Liste des figures

Figure 1 : Les 6 bassins hydrographiques métropolitains [17]	10
Figure 2 : Bilan des répartitions financières des aides du 10 ^{ième} Programme de 2013 à 2018 sur l'ensemble du territoire français [17]	11
Figure 3 : Prévisions de la répartition des redevances du 11 ^{ème} programme de l'AERM [28]	12
Figure 4 : Le bassin Rhin-Meuse dans son contexte international [28]	13
Figure 5 : Equilibre dynamique et faibles ajustements morphologiques en conditions naturelles [23]	14
Figure 6 : Equilibre de la dynamique fluviale « balance de Lane » [23]	15
Figure 7 : Profil en long théorique à l'équilibre et modifications potentielles [23]	15
Figure 8 : Exemple de profil en travers d'un cours d'eau dans un méandre [23]	16
Figure 9 : Démarche générale de la réalisation d'un projet de restauration [5]	18
Figure 10 : L'Orne à Jarny (Source : Géoportail)	21
Figure 11 : Le Longeau à proximité de Dompierre (Source : Géoportail)	21
Figure 12 : Table de prise de clichés des documents anciens (Source : Photo Archives 54)	25
Figure 13 : Extrait de la notice fournie avec les tableaux (Source Archives Départementales des Vosges)	26
Figure 14 : Extrait d'une circulaire émise suite aux premières erreurs dans les tableaux (Source Archives Départementales des Vosges)	27
Figure 15 : Extrait du tableau A du département de la Meuse (Source Archives Départementales de la Meuse)	27
Figure 16 : Extrait de carte des Naudin sur le territoire d'Etain (Source : [15])	29
Figure 17 : Extrait de carte de Cassini sur le territoire d'Etain (Source : Géoportail)	30
Figure 18: Extrait de carte de l'état-major sur le Territoire d'Etain (Source : Géoportail)	31
Figure 19 : Changement de nom sur les parties amont des cours d'eau	34
Figure 20 : Création d'un cours d'eau par digitalisation en suivant les lignes de niveau topographique (Source : SIG 18/06/2019)	36
Figure 21 : Présentation de deux cas couramment rencontrés lors de l'affectation des données.	37
Figure 22 : Représentation cartographique de la couche pour le département de la Meuse sur le bassin Rhin-Meuse (Source : SIG 17/06/2019)	39
Figure 23 : Présentation du périmètre de l'étude réalisée par SINBIO en 2012 [29]	40
Figure 24 : Localisation globale du bassin versant étudié (Source : SIG 20/05/2019)	41
Figure 25 : Localisation du réseau hydrographique sur la zone d'étude (source : SIG 22/05/2019)	42
Figure 26 : Carte représentant l'occupation du sol du secteur d'étude (Source : Corine Land Cover 2018 : SIG 22/05/2019)	43
Figure 27 : Tableau des différents types d'occupation du sol en 5 classes distinctes	44
Figure 28 : Caractérisation sommaire des surfaces agricoles sur la zone d'étude (Source : Corine Land Cover 2018 : SIG 23/05/2019)	44
Figure 29 : Tableau des différents types d'occupation du sol en 3 classes distinctes	44
Figure 30 : Représentation des rôles de la ripisylve [4]	45
Figure 31 : Densité de la ripisylve sur les ruisseaux du Russe, de Vaux, de Bezonvaux et du Marais [29]	46
Figure 32 : A gauche ripisylve fonctionnelle en contexte forestier, au centre absence de ripisylve en zone de grandes cultures, à droite ripisylve clairsemée en prairies	46
Figure 33 : Présentation d'un cours d'eau busé sous plusieurs parcelles (Source : Photos 21/03/2019)	47
Figure 34 : Analyse des travaux d'hydraulique sur le secteur de l'étude de SINBIO (valeurs : [29])	49
Figure 35 : Comparaison des différents réseaux hydrographiques et estimation du linéaire de fossés (Source: SIG 24/05/2019)	49
Figure 36 : Sortie de drain agricole sur la zone d'étude (Source : Photos 02/05/2019)	50
Figure 37 : Présentation de la zone actuelle et ancienne de l'étang d'Amel (Source : Géoportail)	51
Figure 38 : Présentation du secteur de Bezonvaux (Source : Géoportail)	51
Figure 39 : Présentation du secteur du Ruisseau du Gros Pré (Source : Géoportail)	52

<i>Figure 40 : Détail des linéaires de cours d'eau de la zone d'étude (Source : Excel 18/05/2019).....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 41 : Localisation de la disposition des données anciennes (Source : SIG 18/05/2019).....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 42 : Localisation des cours d'eau disparus sur le secteur d'étude (Source : SIG 06/06/2019).....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 43 : Exemples de cours d'eau disparus : à gauche en cours de suppression suite à un sur-piétinement du bétail, à droite disparition suite à un remblai (source : Photos 28/03/2019)</i>	<i>55</i>
<i>Figure 44 : Extrait du document Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables – Tableau A établi en 1862 sur le Département de la Meuse (Source : archives de la Meuse).....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 45 : Extrait de la carte des Naudin au niveau du cours d'eau étudié [15].....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 46 : Extrait de la carte de l'État-major au niveau du cours d'eau étudié (Source : SIG 12/06/2019).....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 47: Vue de la confluence entre le Ruisseau Magron et de la Vache (Source : Photos 21/03/2019).....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 48 : Exemple de cours d'eau forestier préservé.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 49 : Localisation du Ruisseau de l'étang Débat sur la zone d'étude (Source : SIG 13/06/2019)</i>	<i>59</i>
<i>Figure 50 : Proposition de localisation du tracé du Magron pour sa réouverture (Source : SIG 13/06/2019)</i>	<i>60</i>
<i>Figure 51 : Extrait du document Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables établi en 1862 dans le Département de la Meuse (Source : archives de la Meuse)</i>	<i>61</i>
<i>Figure 52 : Tableau récapitulatif des informations issues du document ancien sur le Rau de Damloup</i>	<i>61</i>
<i>Figure 53 : Localisation des différents tronçons sur le Ruisseau de Damloup (Source : SIG 14/06/2019).....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 54 : Extrait de la carte des Naudin au niveau du Ruisseau de Damloup [12].....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 55 : Extrait de la carte d'État-major au niveau du Ruisseau de Damloup (Source : SIG 12/06/2019).....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 56 : Estimations de la puissance spécifique des cours d'eau sur le secteur d'étude du Rau de Damloup..</i>	<i>63</i>
<i>Figure 57 : Localisation des profils en travers réalisés sur le terrain le 19 juin 2019 (source : SIG 20/06/2019) ..</i>	<i>64</i>
<i>Figure 58 : Vue du ruisseau de Bosssipré en zone forestière correspond au profil P3 à gauche et en zone agricole correspond au profil P10 à droite (Source : Photos 19/06/2019).....</i>	<i>65</i>
<i>Figure 59 : Quelques profils en travers caractéristiques sur la zone d'étude du Ruisseau de Damloup.....</i>	<i>66</i>
<i>Figure 60 : Comparaisons des données morphologiques actuelles et anciennes des cours d'eau</i>	<i>66</i>
<i>Figure 61 : Profil type pour la restauration de la zone aval du Ruisseau de Damloup, en partant du profil P5</i>	<i>67</i>
<i>Figure 62 : Localisation des potentiels fossés sur la zone d'étude</i>	<i>68</i>
<i>Figure 63 : Visualisation des aménagements sur le profil en travers.....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 64 : Vue en plan des aménagements sur le fossé (Source : Photos 19/06/2019).....</i>	<i>69</i>

Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Extrait de la Gazette des archives de 1971</i>	75
<i>Annexe 2 : Méthode pour la détermination des débits dans l'Etat statistique</i>	76
<i>Annexe 3 : Présentation des règles d'affectation des données anciennes</i>	78
<i>Annexe 4 : Illustration de certaines différences entre les 3 bases de données utilisées (BD Carthage, BD_TOPO, nouvelle base créée)</i>	81
<i>Annexe 5 : Carte géologique du bassin amont de l'Orne</i>	84
<i>Annexe 6 : Caractérisation géographique de la ripisylve sur le bassin amont de l'Orne (Source : SINBIO, 2012).</i>	85
<i>Annexe 7 : Différentes situations de la ripisylve sur la zone d'étude</i>	86
<i>Annexe 8 : Représentation schématique des modifications opérées sur les ruisseaux en tête de bassin versant agricole</i>	87
<i>Annexe 9 : Travaux hydrauliques réalisés sur les cours d'eau du bassin versant amont de l'Orne (SINBIO, 2012)</i>	88
<i>Annexe 10 : Présentation de Zone Tampon Végétalisée en sortie de drains Agricoles (source AERM)</i>	89
<i>Annexe 11 : Présentation de l'évolution des grands plans d'eau (> 5 ha) sur le bassin amont de l'Orne</i>	90
<i>Annexe 12 : Profils en long sur les cours d'eau dans le secteur de Damloup</i>	91
<i>Annexe 13 : Profils en travers réalisés sur les cours d'eau dans le secteur de Damloup</i>	92
<i>Annexe 14 : Localisation des prises de vue sur le terrain</i>	94

Symboles et abréviations

AD : Archives Départementales

AERM : Agence de l'Eau Rhin-Meuse

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

BD_CARTHAGE : Base cartographique de l'IGN reprenant les cours d'eau

BD_TOPO_COURDO : Base cartographique de l'IGN reprenant : fonds de vallées, fossés, cours d'eau

CLC : Corrine land cover

DDT : Direction Départementale des Territoires

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DPI : Direction des Politiques d'Intervention de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

IGN : Institut National Géographique

MOA : Maître d'ouvrage

MOE : Maître d'œuvre

P1, P2, P3 ... : Profil en travers 1, Profil en travers 2, Profil en travers 3 ...

RDI : Recherche, Développement et Innovation

RD : Rive droite

RG : Rive gauche

SIC : Service Industries et Collectivités de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

SIG : Système d'Information Géographique

SMA : Service Milieux et Agriculture de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

ZTVA : Zone Tampon Végétalisée en sortie de drains Agricoles

Remerciements

Je remercie M. MANGEOT Pierre, mon tuteur de stage pour m'avoir suivi et guidé durant mon TFE, pour me permettre de réaliser une étude constructive et fortement enrichissante au sein de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. Je le remercie également pour son aide lors des différentes sorties et relevés effectués sur le terrain.

Je remercie Mme BLUZAT Mallorie, archiviste au sein de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, de m'avoir accompagné lors des différentes recherches de documents au sein des différentes Archives Départementales du bassin Rhin-Meuse.

Je remercie les Archives Départementales du bassin Rhin-Meuse pour avoir fourni des réponses à mes recherches et plus particulièrement des départements de la Meuse, des Ardennes, de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges pour m'avoir permis de recueillir les documents utiles à mon projet.

Je remercie Mesdames LEMERCIER Eloïse et CASTIGLIONE Julie de m'avoir accompagné lors des différentes analyses qui ont été conduites sur le terrain.

Je remercie enfin l'ensemble du service (salariés, stagiaires) de la DPI de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, pour m'avoir accueilli au sein de leurs locaux.

Introduction

A travers l'histoire, l'Homme a cherché à domestiquer le milieu qui l'entoure afin d'exploiter les ressources que la Nature peut lui fournir. Au fil du temps, et de son expansion, cette exploitation s'est progressivement éloignée des capacités de régénération de la Nature ne permettant plus un retour aux caractéristiques originelles de l'environnement et surtout provoquant une altération voire parfois une disparition de certaines fonctions primaires des milieux et donc des services rendus associés. Pour l'ensemble de ses besoins, l'Homme a ainsi su utiliser les avantages de la ressource en eau pour tout d'abord avoir accès à une eau potable plus facilement puis pour utiliser tous ses avantages pour améliorer son bien-être (irrigation, moulin, divertissement...). Aujourd'hui, en raison d'une sur-exploitation de la ressource, d'une dégradation des milieux aquatiques et humides et/ou d'autres facteurs tels que le changement climatique, l'alimentation en eau potable, utilisation primaire de l'eau, est de moins en moins fiable. Face aux crises de qualité et de quantité de la ressource en eau, des actions se sont engagées à la fin du 20^e siècle pour tendre vers un état stable de cette ressource, rendue si fragile. Avec la directive cadre sur l'eau (DCE) d'octobre 2000, l'état des masses d'eau est devenu une priorité au niveau européen avec comme objectif majeur l'atteinte du bon état chimique et écologique.

L'Etat français, pour répondre à cette demande européenne, a mis en place une législation et des mesures incitant à réaliser de multiples actions nécessaires pour préserver ou reconquérir, quand il n'est pas atteint, un bon état des masses d'eau. Pour faciliter la mise en œuvre de ces actions, l'Etat français a notamment mandaté les Comités de bassin pour élaborer des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ainsi que les Agences de l'eau pour permettre de soutenir techniquement et financièrement les porteurs de projet. Les Agences de l'eau accordent ainsi des subventions aux études, animations et travaux qui portent sur la ressource en eau en matière de préservation/reconquête des milieux naturels (zones humides, cours d'eau), de réduction des pollutions diffuses d'origine agricole, de gestion équilibrée des différents usages de l'eau (captages/alimentation en eau potable, irrigation,...) et de traitement des eaux usées urbaines et industrielles. Les Agences de l'eau ont ainsi un regard critique à apporter sur les projets qu'elles subventionnent et plus largement sur les études et aménagements qui concernent la ressource en eau. Ce soutien tant technique que financier permet d'accompagner les porteurs de projets et vise à leur proposer certaines orientations et préconisations permettant de répondre au mieux aux attentes de la DCE. Pour ce qui est de la restauration écologique des cours d'eau, dans le but de retrouver des fonctions efficientes en termes d'autoépuration, de régulation hydraulique, de biodiversité, etc. une question centrale est de connaître/déterminer l'état naturel, ou que l'on pourrait plutôt qualifier de référence ou de situation à atteindre.

Pour répondre à ce questionnement, les Agences de l'eau, en lien avec le Ministère chargé de l'écologie et l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), proposent plusieurs outils de diagnostic et de caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau. Toutefois, les références anciennes, permettant de décrire un état passé, peu anthropisé, restent encore difficiles à exploiter à large échelle. Le travail engagé au courant du stage et le présent mémoire visent ainsi à produire une analyse de documents anciens permettant de créer un référentiel et un accès plus facile à ces données historiques, apportant en particulier différents renseignements pour accompagner et orienter les projets de restauration de cours d'eau.

I. Contexte général du projet

A. L'Agence de l'eau

1. Les Agences de l'eau en France

Les Agences de l'eau du territoire français sont des établissements publics, dépendants du Ministère chargé de l'écologie, divisés en six bassins hydrographiques métropolitains. Elles ont pour mission de protéger les milieux aquatiques et la ressource en eau, en particulier pour garantir une eau saine et potable. Pour ce faire elles collaborent à réduire les sources de pollutions, notamment dans les milieux naturels, avec par exemple la limitation des applications de pesticides sur les parcelles agricoles ou le traitement des eaux usées urbaines et industrielles via les réseaux d'assainissement et les stations d'épurations. Plus récemment, depuis 2016, les Agences de l'eau ont également pour mission de contribuer à la préservation et à la reconquête de la biodiversité au sens large, en lien avec leur intervention en matière de préservation/restauration des milieux naturels aquatiques et humides.

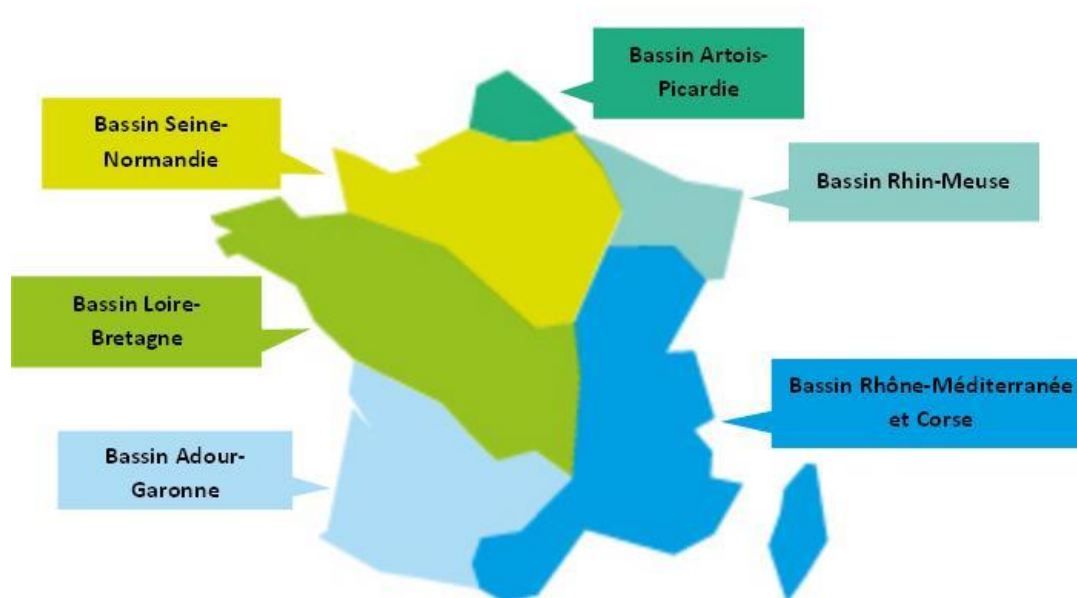


Figure 1 : Les 6 bassins hydrographiques métropolitains [17]

Les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), élaborés par les Comités de Bassin, sorte de Parlement local de l'eau, à l'échelle des grands bassins versants émettent des objectifs et des orientations avec des déclinaisons plus locales, par exemple amenées par des SAGE. Les Agences de l'eau ont pour missions de mettre en œuvre ces objectifs et les dispositions des SDAGE en travaillant sur les volets "ressource en eau", "milieux aquatiques", "alimentation en eau potable", "régulation des crues" et "développement durable des activités économiques". Les Agences de l'eau définissent ainsi des programmes d'actions pluriannuels sur 6 ans pour atteindre les objectifs, définis dans les SDAGE, qui sont fondés sur l'atteinte du bon état des masses d'eau imposée par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) d'octobre 2000.

2. Actions menées par les Agences de l'eau

Les Agences de l'eau ont pour but premier de financer des projets qui permettront d'améliorer l'environnement et donc de respecter des recommandations nationales et/ou européennes (DCE). Mais leurs buts sont aussi de faire émerger des projets ambitieux, de mobiliser/coordonner des porteurs de projet et de réaliser différentes études pour atteindre les objectifs décrits dans les programmes d'intervention.

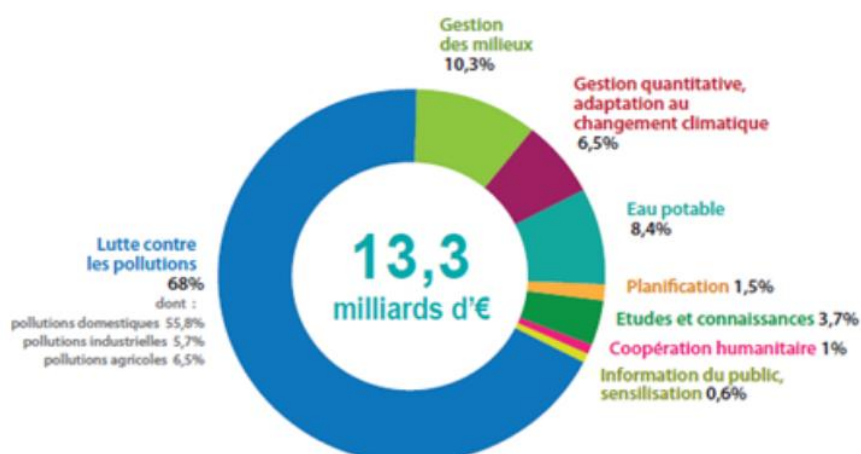
Pour leur 10^e programme d'intervention, plus de 13 milliards d'euros ont été attribués aux Agences de l'eau, en majeure partie par les redevances sur l'eau, pour atteindre les objectifs de bon état des eaux sur le territoire français pour les années 2013 à 2018. Des recherches d'optimisations de leurs aides ont été engagées sur cette période pour permettre de favoriser et subventionner une grande part de projets ambitieux avec des enjeux importants au regard des différents SDAGE et de la DCE et d'aider les projets dits « prioritaires ».

Les grandes priorités :

- la lutte contre les pollutions diffuses, notamment agricoles (produits phytosanitaires et nitrates).
- la restauration des milieux aquatiques, de la continuité écologique et des zones humides. Pour ces deux priorités, pollutions diffuses et milieux aquatiques, les capacités de financement globales sont très fortement augmentées, voire doublées dans les bassins les plus impactés.
- la gestion des ressources en eau et le partage de ces ressources en anticipation au changement climatique.
- les actions pour le littoral, qui contribuent à la mise en œuvre de la directive cadre « stratégie pour le milieu marin » (5370 km de façade maritime en Métropole). » [17]

L'argent distribué par les Agences de l'eau provient en grande partie par des redevances qui sont des recettes fiscales perçues auprès des usagers de l'eau (consommateurs privés, activités économiques...). La plus grande partie des redevances provient de la facture d'eau des domestiques. En effet chaque consommateur branché sur le réseau d'eau potable contribue à cette redevance via le prix de l'eau et des différentes parties qui le constituent. Les Agences de l'eau travaillent en complémentarité avec les services Police de l'eau des Directions Régionales de l'Environnement et du Logement (DREAL) et des Directions Départementales des Territoires (DDT). En effet l'action réglementaire de la police de l'eau et l'action préventive et financière des Agences de l'eau permettent de favoriser l'efficacité des projets sur les milieux aquatiques et de favoriser l'optimisation environnementale de leurs aides (subventions).

Figure 2 : Bilan des répartitions financières des aides du 10^{ème} Programme de 2013 à 2018 sur l'ensemble du territoire français [17]



3. L'Agence de l'eau Rhin-Meuse

Basée dans la commune de Rozérieulles à proximité de Metz, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) couvre 8 départements (Bas-Rhin, Haut-Rhin, Moselle, Meurthe-et-Moselle dans leur quasi totalité ; Ardennes, Haute-Marne, Meuse, Vosges en partie). Elle a pour but de mettre en œuvre la politique nationale liée à l'eau au sein de son territoire, en réponse aux politiques européennes comme par exemple la DCE. Pour mener à bien ces objectifs, l'AERM s'appuie sur le travail de quelques 170 collaborateurs et d'un réseau de partenaires au niveau régional, départemental et local : services d'état, collectivités territoriales, bureaux d'études, associations...

Sur son territoire de 31 400 km², l'AERM subventionne en moyenne par an près de 1000 projets pour un montant total délivré à ces projets d'environ 150 M€. Elle a entamé son 11^{ème} Programme en janvier 2019 fixé pour 6 ans jusqu'en 2024. Tout en affichant des objectifs forts en matière d'amélioration de la qualité de l'eau, ce programme se place sous le signe de la limitation et de l'adaptation aux effets du changement climatique et repose pour une grande partie sur un volet écologique en cherchant à mettre en œuvre des solutions fondées sur la nature. Près d'un milliard d'euros est mobilisé pour répondre aux enjeux des territoires face au changement climatique.

Nature de redevances	11 ^{ème} programme (2019-2024) en millions d'euros	en %
Pollution	506,05	54%
Modernisation des réseaux de collecte	281,04	30%
Prélèvement	153,26	16%
Protection milieu aquatique	4,20	0,4%
Total	944,55	

Figure 3 : Prévisions de la répartition des redevances du 11^{ème} programme de l'AERM [28]

De par sa position géographique, le bassin Rhin-Meuse ne possède aucune façade maritime mais est le bassin hydrographique français le plus transfrontalier, traversé par des masses d'eau comme la Meuse qui a son estuaire sur la Mer du Nord après avoir traversé la Belgique et les Pays-Bas, la Moselle qui rejoint le Rhin en Allemagne à Coblenche, et le Rhin dont le lit fait frontière entre la France et l'Allemagne sur plus de 100km. Par leur localisation au sein de l'Europe, ces grandes vallées ont très vite été utilisées comme artères économiques permettant le transport de marchandises fluviales, en destination des grandes extractions de ressources du sous-sol (fer, charbon, sel...) et d'une agriculture intensive. Ces activités, couplées aux grandes guerres, ont profondément modifié les caractéristiques et le fonctionnement des milieux naturels sur le bassin Rhin-Meuse.

Des actions cohérentes se doivent ainsi d'être mises en œuvre avec les pays frontaliers. Cette situation a conduit à la mise en place d'une coopération entre la France, l'Allemagne, le Luxembourg, la Belgique, les Pays-Bas et la Suisse, traduite par la présence de l'AERM aux commissions internationales:

- « La commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR), basée à Coblenche. Elle s'est rendue célèbre pour avoir proposé et mené à bien le programme d'actions pour le Rhin à la suite de l'accident industriel de Sandoz en 1986,
- les commissions pour la protection de la Moselle et de la Sarre (CIPMS), basées à Trèves,
- la commission pour la protection de la Meuse (CIM), basée à Liège, la plus récente. »

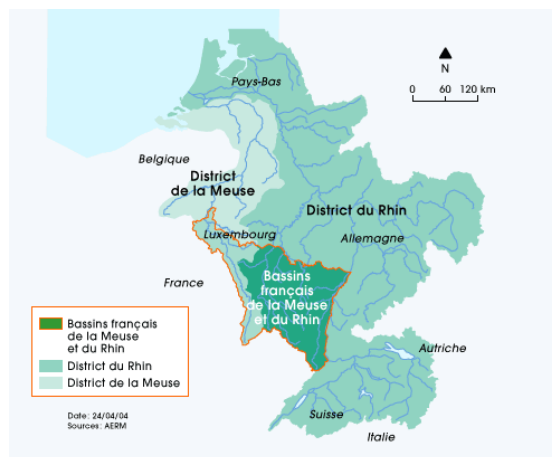


Figure 4 : Le bassin Rhin-Meuse dans son contexte international [28]

Par différents moyens techniques et financiers, l’AERM contribue à réduire les pollutions de l’eau de toute origine qu’elles soient industrielles, urbaines, agricoles et à préserver/restaurer les milieux naturels et leur biodiversité:

- Des aides financières, essentiellement des subventions, qui viennent soutenir des investissements ambitieux utiles à la politique environnementale actuelle ;
- Des outils informatiques et techniques qui favorisent la planification des projets ;
- Des récoltes de données (surveillance de l’état des eaux) et des études sur l’eau et les milieux aquatiques pour fixer des priorités d’intervention et appuyer l’évaluation des différents projets accompagnés.

4. Le service DPI en 2019

La Direction des Politiques d’Intervention (DPI) regroupe 18 salariés travaillant à l’élaboration des règles d’aides et au soutien technique des différents projets portés par les acteurs territoriaux (communes et intercommunalités, maîtres d’œuvre/bureaux d’études, Départements ...). Le service sert notamment d’appui à la validation de projets suivis en interne par des chargés d’interventions (d’un autre service) et regroupe des professionnels dans les différents domaines d’action qui sont :

- le « Service Milieux et Agriculture » (SMA) qui regroupe les compétences liées à l’agriculture (réductions des pesticides...), aux zones humides et aux cours d’eau ;
- Le « Service Industries et Collectivités » (SIC) regroupant les compétences sur les captages et l’alimentation en eau potable (réseaux, ouvrages...), l’assainissement et les rejets (réseaux, ouvrages...), les industries et leurs impacts sur les milieux ;
- Le service « Recherche, Développement et Innovation » (RDI) qui suit et accompagne des projets portés notamment par des scientifiques pour améliorer la connaissance et les techniques en matière de gestion de la ressource en eau.

Le projet présenté dans ce rapport apporte au service Milieux et Agriculture une aide précieuse, en particulier pour l’appui technique et la validation des projets de restauration de cours d’eau.

B. Éléments fondamentaux et données existantes pour conduire le projet

1. L'hydromorphologie

L'hydromorphologie, ou encore la géomorphologie des cours d'eau, est la discipline qui s'intéresse à la dynamique fluviale, et des formes qui en résultent. Elle s'intéresse à la fois aux processus physiques (érosion, sédimentation,...) et hydrauliques (régimes d'écoulement, vitesses,...), mais également à l'hydrologie, au travers d'évènements climatiques exceptionnels (crues, inondations), et peut se percevoir à différentes échelles emboîtées, du bassin versant à l'échelle plus locale de l'habitat (Malavoi et Bravard, 2010 [23]). L'hydromorphologie concerne, en d'autres termes, les liens entre les flux, liquide et solide, et la forme du chenal des cours d'eau.

Le fonctionnement hydromorphologique d'un cours d'eau est le reflet de son bassin versant et conditionne par ailleurs les écosystèmes aquatiques et terrestres liés au cours d'eau. Pourtant, de nombreuses activités humaines ont contribué, depuis des siècles, à la modification des processus hydromorphologiques entraînant progressivement la dégradation et la banalisation de milliers de kilomètres de cours d'eau en France.

Naturellement, chaque rivière fluctue autour d'un équilibre, cette fluctuation se traduit par deux sortes de variables (de « contrôle » et de « réponse »)

- **Les variables de contrôle**

Les variables de contrôle sont les facteurs qui conditionnent l'évolution physique du cours d'eau. Il s'agit des variables liées à large échelle au climat, à la couverture végétale du bassin versant, au relief, à la géologie du lit, des berges, du fond de vallée... (Malavoi et Bravard, 2010 [23])

Les variables de contrôle sont reliées entre elles et fluctuent au cours du temps et de l'espace. Les formes des cours d'eau sont ainsi en ajustement permanent dans des conditions naturelles, autour de valeurs moyennes liées à l'évolution de ses variables de contrôle. Les deux variables de contrôle majeurs sont le débit liquide et le débit solide.

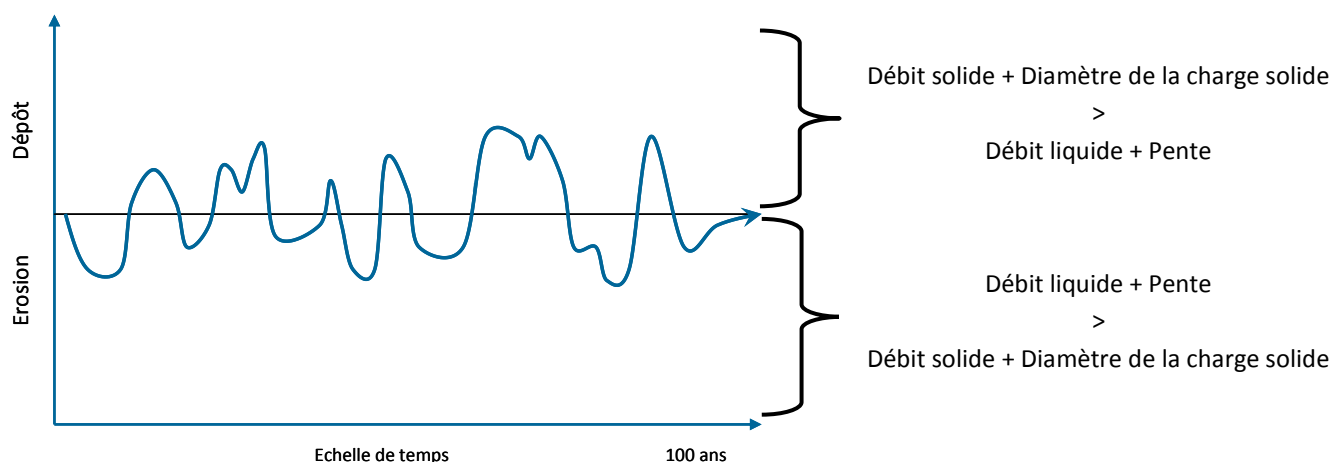


Figure 5 : Equilibre dynamique et faibles ajustements morphologiques en conditions naturelles [23]

Un des facteurs importants en hydromorphologie est donc le débit liquide à l'exutoire (en sortie de bassin versant). Il varie en fonction des conditions climatiques (précipitations, sécheresses) mais également par la perméabilité du substrat du bassin versant, de la pente de la vallée ou encore par la couverture végétale, qui intercepte une partie des précipitations. De même, le débit solide (charge alluviale du cours d'eau) est la résultante de l'érosion externe (provenant du bassin versant et des affluents) et de l'érosion interne (du lit majeur et du lit mineur), également associées à la géologie générale du bassin versant (Malavoi et Bravard, 2010 [23]).

De manière générale, on peut schématiser le contrôle du cours d'eau par un équilibre dynamique entre la charge solide et les flux liquides capables de l'évacuer, induisant tantôt des phénomènes de dépôt, tantôt des phénomènes d'érosion.

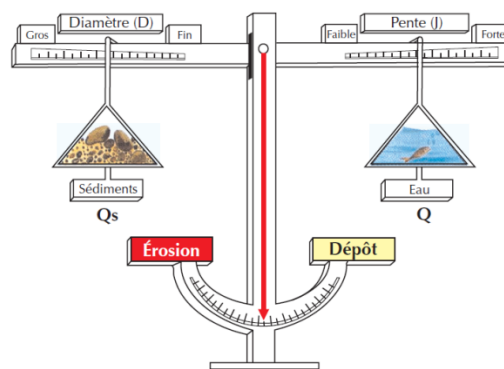


Figure 6 : Equilibre de la dynamique fluviale « balance de Lane » [23]

- **Les variables de réponse**

Les variables de réponse sont les facteurs qui permettent au cours d'eau de s'ajuster à l'évolution des variables de contrôle et donc au cours d'eau d'évoluer dans le temps et dans l'espace. Ce sont ainsi la pente, la largeur et la profondeur à plein bord ainsi que le style fluvial (forme générale du cours d'eau). L'expression de ces variables peut se réaliser par l'intermédiaire de profils.

Le **profil en long** représente l'évolution de la pente d'un cours d'eau depuis la source jusqu'à un niveau de base (le niveau de la ligne d'eau le plus à l'aval) qui correspond à sa confluence, ou au niveau de la mer s'il s'agit d'un fleuve.

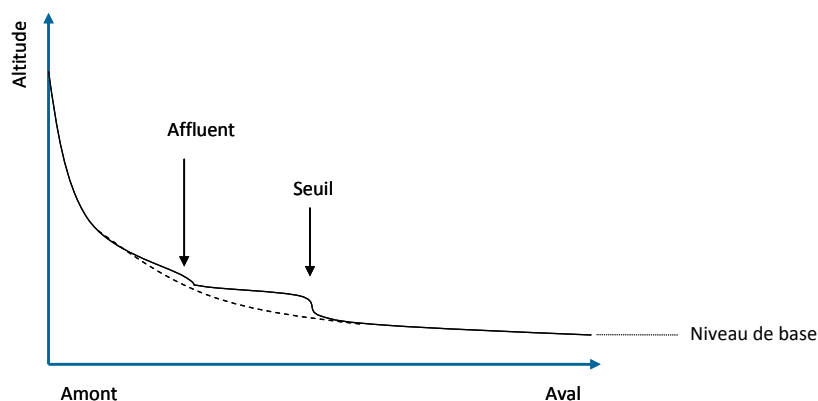


Figure 7 : Profil en long théorique à l'équilibre et modifications potentielles [23]

Il traduit de manière globale l'équilibre dynamique entre l'érosion et le dépôt. Le profil d'équilibre d'un cours d'eau présente de façon théorique un aspect concave. Néanmoins, des variations sur ce profil peuvent survenir en raison de changements géologiques ou d'apports de charge solide par les affluents. On parle alors de pente de transit (Malavoi et Bravard, 2010 [23]). Les modifications de pente sur l'ensemble du réseau hydrographique s'opèrent par des phénomènes d'érosion progressive (de l'amont vers l'aval) ou régressive (de l'aval vers l'amont) ou encore d'exhaussement lorsque le niveau de base du cours d'eau est modifié. De tels phénomènes peuvent s'observer à une échelle plus locale et à un pas de temps plus restreint en cas d'aménagements sur le cours d'eau, mais également suite à des phénomènes naturels tels que des scindements de méandre ou des modifications de débits liquides et solides, de manière à recréer un profil d'équilibre.

Le **profil en travers** (ou la section transversale), dont un exemple est donné ci-dessous, exprime quant à lui la relation entre la largeur à plein bord et les débits solides et liquides. Les cours d'eau présentent, de la même façon qu'un profil en long, un profil en travers d'équilibre adapté aux conditions moyennes qui ont prédominé.

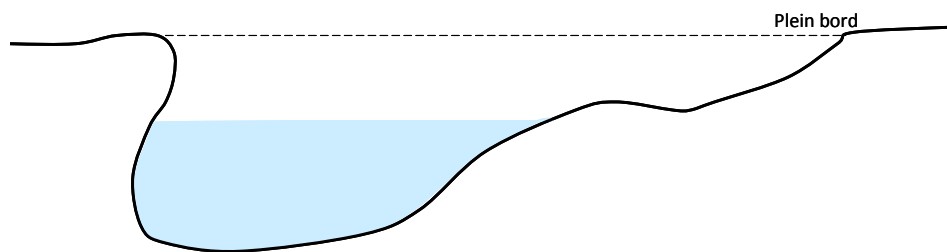


Figure 8 : Exemple de profil en travers d'un cours d'eau dans un méandre [23]

Un indicateur de l'activité hydromorphologique d'un cours d'eau à un endroit donné est le rapport de sa largeur à plein bord sur sa profondeur moyenne à plein bord. De façon générale, ce rapport est élevé (supérieur à 20) lorsque l'activité géodynamique du cours d'eau est élevée et présente une grande érosion latérale.

Ce rapport est également un indicateur de la cohésion des berges : il est faible lorsque les berges sont très cohésives (limons et argiles), le cours d'eau est donc étroit et profond ; il est élevé lorsque les berges sont facilement érodables et le cours d'eau est large et peu profond.

La combinaison des variables de contrôle et des variables de réponse, leurs traductions en termes de profils définissent ainsi deux grands types de style fluvial : les lits en méandre et les lits en tresse, ainsi que tous les états intermédiaires. En effet, hormis quelques rares exceptions associées à des conditions particulières de pente ou de physiographie, un lit rectiligne est souvent synonyme de rectification par l'homme et n'est donc pas un style fluvial « naturel ».

De façon générale, « les formes géométriques et l'intensité brute des processus hydromorphologiques sont proportionnelles à la taille du cours d'eau (soit la largeur à pleins bords), elle-même proportionnelle au débit entrant... lui-même proportionnel à la superficie du bassin versant » (Malavoi et Bravard, 2010 [23]).

2. Restauration / Renaturation hydromorphologique

- Définition

Les aménagements des cours d'eau, lacs et zones humides existent depuis plusieurs siècles, et ont pour vocation de répondre à plusieurs besoins. Que ce soit pour le transport (terrestre ou fluvial), l'alimentation (eau potable, produits issus des milieux aquatiques), l'agriculture (irrigation, gain de terres cultivables par drainage), l'énergie, la lutte contre les inondations ou même encore les loisirs. Les installations et ouvrages créés sur ces milieux ont entraîné de profondes modifications non seulement du paysage, mais aussi et surtout du fonctionnement et des fonctionnalités associées à ces hydrosystèmes.

Même si les écosystèmes présentent une certaine résilience et sont capables de retourner par eux-mêmes à un état non perturbé, beaucoup d'altérations anthropiques sont construites pour résister à des phénomènes extrêmes. Aussi, s'inscrit-on depuis les années 1980 dans une démarche de « réparation » de la nature, complémentaire de celle passée de protection des milieux (Barthélémy et Souchon, 2009 [3]).

Depuis le début des années 90 en France et plus particulièrement depuis la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), les opérations de restauration physique des milieux aquatiques se sont multipliées pour retrouver un équilibre écologique et concourir ainsi aux objectifs de bon état.

A l'heure actuelle, il existe encore beaucoup d'ambiguïtés quant à l'utilisation et à la définition du terme « restauration ». Il est d'usage d'employer ce mot pour toute action sur le milieu qui lui permettrait de retrouver un état proche de son état originel, ou d'un état avant perturbation. L'emploi des termes « renaturation » ou encore « réhabilitation » viennent compliquer le vocabulaire à adopter en littérature scientifique mais aussi en communication auprès de l'ensemble des acteurs de l'eau et des usagers des milieux.

D'après le dictionnaire Larousse, la restauration est synonyme de remise en état, de réfection sans toutefois préciser d'état de référence. On suppose alors que c'est l'état originel qui sert de base à la réfection. La renaturation est, toujours d'après le Larousse, une « opération permettant à un milieu modifié et dénaturé par l'homme de retrouver un état proche de son état naturel initial ».

Une définition de la restauration issue des différents dictionnaires peut alors être émise ; il s'agit, par l'action de l'Homme, pour le milieu de retrouver des caractéristiques physiques, hydrauliques et hydrologiques lui permettant d'assurer les fonctions d'un hydrosystème, proche d'un état sans perturbation (originel ou non), en s'appuyant sur ses capacités propres d'auto-réparation (ajustement morphologique, autoépuration) et en permettant le maintien des usages encore en vigueur. Pour satisfaire à cette définition ont été mises en place plusieurs techniques de restauration en fonction des contraintes anthropiques, environnementales, et des objectifs mis en avant.

Friberg (1998) [11**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**] ainsi que Biotec et Malavoi (2007) [4] identifient en premier lieu deux types de restauration :

- la restauration passive, qui consiste en la suppression des pressions qui s'exercent sur le milieu afin de favoriser l'auto-restauration du cours d'eau. Ce type d'action peut aussi bien inclure de l'abandon de l'entretien trop drastique, la protection contre le bétail, ou encore la suppression de seuils ;

- la restauration active, pour les cours d'eau qui n'ont pas ou qu'une faible capacité de se réajuster. Les actions concernées incluent toute intervention pour rendre « artificiellement » au cours d'eau une dynamique fonctionnelle: plantations visant à reconstituer une ripisylve, travaux sur la géométrie du lit, re-méandrage,....

- **En pratique dans les Agences de l'eau**

Le maître d'ouvrage (MOA) est une structure qui porte le projet (de restauration). Il peut s'agir d'une collectivité, d'un ensemble de collectivités (communauté de commune, syndicat de cours d'eau), d'une association,... Un projet de restauration de milieu s'effectue sur la base d'une étude initiale (écologique, économique, juridique,...) qui établit un diagnostic, définit un besoin et propose plusieurs scénarii de réponse à ce besoin. Le maître d'ouvrage choisit les mesures à adopter, définit les contraintes et chiffre le projet dans un programme d'actions qui servira de base au recrutement du maître d'œuvre (MOE). Ce dernier est chargé de concevoir les aménagements et d'assister la réalisation des travaux réalisés par une ou plusieurs entreprises (de travaux).

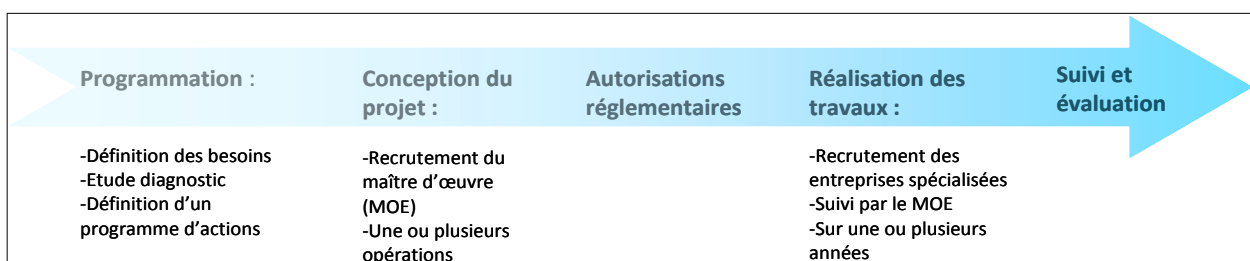


Figure 9 : Démarche générale de la réalisation d'un projet de restauration [5]

L'AERM peut intervenir à plusieurs niveaux dans cette organisation via le financement des études, de postes de techniciens de rivières, de la maîtrise d'œuvre, des travaux, de l'entretien, de l'étude de suivi après travaux, etc. Les modalités d'attribution d'aides sont définies dans les Programmes d'Intervention, dont le 11ème vient d'être adopté, et dans lequel l'accent a été notamment mis sur le volet « hydromorphologie » afin de contribuer à l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau de surface et à l'adaptation au changement climatique par des solutions fondées sur la Nature.

3. Les systèmes d'information géographique (SIG) et leurs référentiels hydrographiques

Pour l'étude et la restauration des cours d'eau, il est indispensable de mobiliser des connaissances géographiques, pour la description des bassins versants, la localisation des tracés, la caractérisation des reliefs et de la géologie, etc. Actuellement la cartographie des cours d'eau à l'échelle nationale et à l'échelle du bassin Rhin-Meuse repose sur une couche SIG reliée à une table attributaire regroupant différentes informations comme les toponymes, hydronymes des cours d'eau, leurs localisations par zones hydrographiques ou leurs découpages en sous-ensembles appelés tronçons de cours d'eau. Cette base de données, plus connue sous le nom de BD-CARTHAGE®, a été établie à partir de la couche hydrographique BD_Carto® de l'Institut Géographique National (IGN). Cette couche a été reprise par le Ministère en charge de l'écologie et les Agences de l'eau, en découpant l'ensemble du territoire en « petits » bassins versants cohérents, les zones

hydrographiques, et en codifiant l'ensemble de ce découpage pour permettre une analyse facilitée. Le réseau hydrographique a ensuite été découpé en tronçons par les mêmes organismes en suivant une méthode précise permettant d'avoir des découpages similaires sur l'ensemble du territoire et faciliter les études sur les différentes portions de cours d'eau.

La base à partir de laquelle BD_CARTHAGE® a été établie (BD_CARTO®) regroupe une schématisation vectoriel de l'ensemble des éléments paysagés du territoire (précisions décimétriques) comme le réseau routier et ferré, les unités administratives, les réseaux hydrographiques, l'occupation du sol.... Cet outil permet alors des analyses de chaque entité du territoire pour des échelles de visualisation comprises entre 1:50 000 et 1:200 000. Son actualisation, sa précision et sa structuration permettent notamment l'utilisation de ses informations dans différents systèmes d'analyse embarqués comme par exemple la Géonavigation.

Une autre base de données produite par l'IGN, nommée BD_TOPO_courdo®, a permis de cartographier plus récemment les cours d'eau. Elle reprend l'ensemble des fonds de vallées des cartes topographiques, certaines vues aériennes, le cadastre... Pour élaborer cette base, un algorithme a été utilisé validant ou non les cours d'eau dans les fonds de vallées. Cette cartographie reprend de nombreux cours d'eau, fossés et certains fonds de vallées secs aujourd'hui qui ont pu être en eau anciennement ou non. Cette base est difficilement utilisable en tant que référentiel hydrographique car son découpage et ses informations n'ont pas été établies dans une logique de réseau hydrographique (tronçons non continus) et elle ne peut être utilisée facilement pour des études. Ainsi, à l'échelle nationale, la base utilisée encore actuellement est celle liée à BD_CARTHAGE.

C. Problématiques et objectifs du projet

1. Les usages de l'eau au cours de l'histoire

A travers l'Histoire, l'Homme a souvent essayé de s'installer à proximité de réservoirs naturels d'eau (zone humide, lac, étang, rivière...). Cette installation a permis à l'Homme d'utiliser cette eau pour ses besoins journaliers, mais aussi pour se protéger, pour transporter du matériel ou des personnes, pour son alimentation (poisson, plantes...). Cette conquête de l'eau l'a poussé à modifier les caractères naturels des masses d'eau pour que cette ressource soit plus facilement exploitable.

- **Transporter et conduire l'eau**

Lorsque l'Homme a commencé à transporter l'eau, ce transport se faisait à bout de bras ou sur la tête. Des porteurs d'eau étaient rémunérés pour apporter l'eau dans les villes et villages. Les derniers porteurs d'eau ont cessé leurs activités dans le début du 20ème siècle. En revanche conduire l'eau dans de petits canaux, est une pratique utilisée depuis très longtemps, certainement depuis le deuxième millénaire avant notre ère. L'ensemble de ces canaux a alors sculpté le paysage et semble aujourd'hui avoir toujours existé. C'est pour cela qu'un regard critique sur des documents anciens, et plus largement sur la notion de « référence naturelle », est recommandé pour en tirer une lecture et une exploitation adaptée.

- **Utiliser la force de l'eau**

L'Homme a vite compris l'énergie que pouvait fournir l'eau et a réalisé différents aménagements pour pouvoir utiliser cette énergie. Il a alors construit de nombreux canaux de dérivations pour

permettre l'apparition d'une chute et installer une roue à eau. Au Moyen-Âge (XI^{ème} siècle), les premiers moulins sont construits et ont comme usage principal de moudre les grains que les paysans ont récoltés. Par la suite, le moulin voit ses activités se diversifier avec l'invention de l'arbre à Cames. De nombreux métiers changent de dimension. On utilise le moulin pour concasser le minerai, frapper ou forger le fer (moulins martinets), pour débiter le bois (moulins-scieries), pour tanner les peaux (moulins à tan)... L'essor du machinisme industriel et de nouvelles méthodes de production à partir de la fin du XIX^{ème} siècle ont contribué à la disparition progressive des moulins. La machine à vapeur, puis les moteurs modernes ont concurrencé de plus en plus fortement l'énergie hydraulique et ont permis le développement du transport fluvial avec la construction de (grands) canaux et d'écluses. Pourtant, l'invention qui avait permis aux techniciens de domestiquer la puissance de l'eau s'est extraordinairement améliorée et développée au cours des siècles pour aboutir aux turbines actuelles qui jouent encore, partout dans le monde, un rôle fondamental dans la production d'énergie.

- ***Chenaliser et réguler les cours d'eau pour se protéger***

Comme l'Homme s'est installé à proximité des cours d'eau, il a dû faire face à des catastrophes liées aux inondations. Après avoir subi plusieurs inondations, l'Homme a fait le nécessaire pour que les événements, et les dégâts qui les accompagnent, ne se reproduisent plus, ou moins fréquemment, dans les zones habitées. Il a alors commencé par construire des digues et changer la morphologie des cours d'eau au cours du XIX^{ème} siècle avec une intensification des travaux avec l'essor industriel du début du XX^{ème} siècle pour pouvoir passer avec des bateaux de plus en plus gros transportant un volume de marchandises de plus en plus important. Cette ère a été fondamentale pour le remodelage de nombreux lits de cours d'eau. Par ce remodelage hydraulique, le caractère divagant des cours d'eau a été supprimé par l'immobilisation de leurs lits suite à des endiguements, protection de berges...

- ***Assainir les zones humides pour développer l'agriculture***

Pour pouvoir cultiver toujours davantage de terre, et améliorer les rendements, l'Homme n'a pas hésité à assainir certaines vallées et zones plus largement humides afin de rendre les terres « exploitables ». Il est par exemple estimé à 67% la part des zones humides de France métropolitaine à avoir disparue depuis le début du 20^e siècle. Cette part est majoritairement liée à l'intensification agricole visant notamment la régulation des débits des cours d'eau et leur chenalisation afin d'évacuer le plus rapidement possible les eaux des terres arables. A ce jour, les zones humides ne couvrent même plus 4% du territoire de France métropolitaine. La part de zones humides disparues depuis le 20^e siècle est fortement liée à la mise en place intensive de drains agricoles et plus largement aux travaux d'hydrauliques réalisables suite aux avancées technologiques qui ont permis de mécaniser cette tâche. Il faut toutefois noter que ces modifications ont commencé dès le Moyen-âge avec l'assèchement de vallées, via la création de fossés au sein des parcelles cultivées afin de récupérer les surplus d'eau et de les évacuer dans des chenaux ou des cours d'eau. On peut également évoquer la création d'étangs d'élevage piscicole par les moines permettant de maintenir l'eau en amont au sein d'anciens marais.

Cette activité agricole qui s'est intensifiée au fil des siècles a modelé le paysage hydrographique connu actuellement si bien qu'il est parfois difficile aujourd'hui de différencier des milieux naturels des milieux artificiels, suite aux nombreuses modifications physiques des cours d'eau, aux nombreux fossés créés, ou tout simplement aux travaux ayant fait disparaître certains de ces milieux.

2. Les références historiques sur les cours d'eau

Dans le cadre de l'étude des différents documents historiques et compte tenu des nombreuses modifications réalisées par l'Homme sur les cours d'eau, la question de la référence historique doit nécessairement être posée pour ce projet. En analysant des cartes du 20^e siècle, on constate aisément que de grands travaux et de profonds changements ont été réalisés sur les cours d'eau, en lien avec l'industrialisation (canaux de dérivations, canalisation de cours d'eau, effacement de méandres, retenues...), l'agriculture et les grandes guerres. L'analyse comparative des cartes de l'Etat-major du 19^e siècle avec celles des années 1950 met en évidence des différences notables sur plusieurs secteurs du bassin Rhin-Meuse, ce qui illustre les grandes modifications qui ont été opérées sur les rivières au cours et dès le début du 20^e siècle.

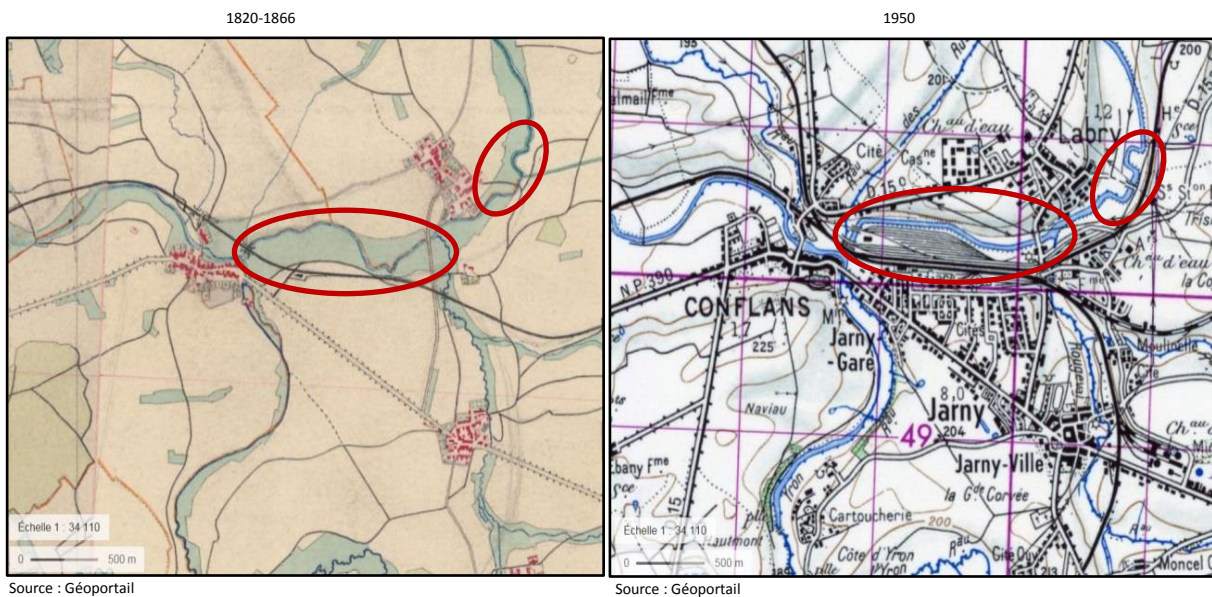


Figure 10 : L'Orne à Jarny (Source : Géoportail)

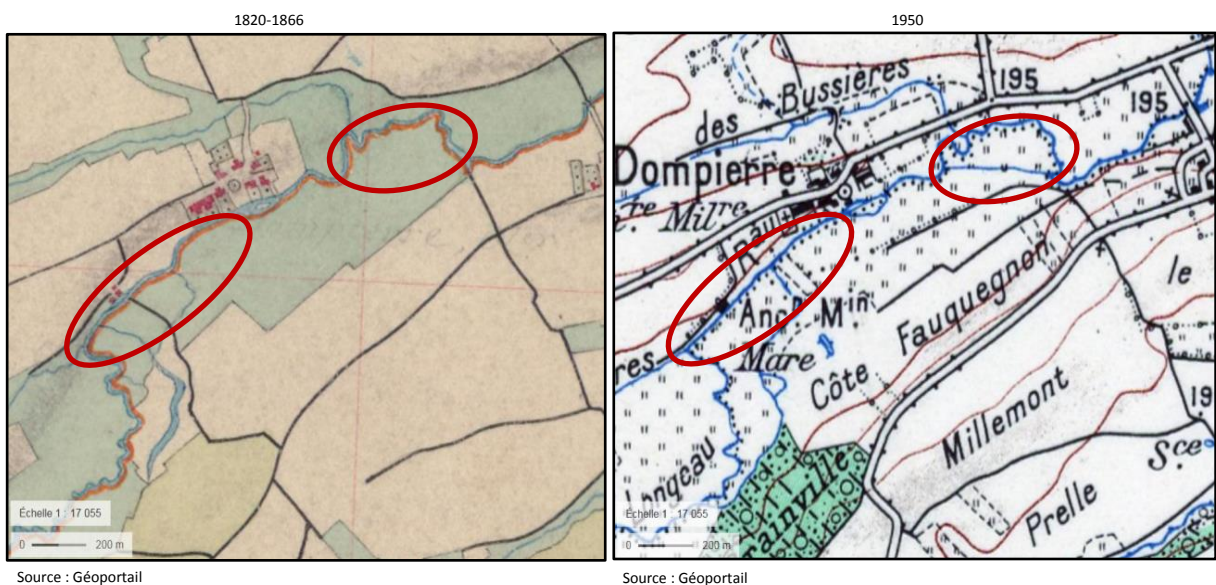


Figure 11 : Le Longeau à proximité de Dompierre (Source : Géoportail)

La période de référence historique choisie pour l'apport de données anciennes, permettant de créer un référentiel descriptif et homogène de l'état des cours d'eau en vue de leur restauration, est nécessairement :

- antérieure à la révolution industrielle et aux grandes guerres qui ont façonné les paysages et donc de nombreux cours d'eau tels qu'ils sont connus aujourd'hui ;
- postérieure aux cartes les plus anciennes exploitables pour cette étude afin de pouvoir localiser les cours d'eau de manière suffisamment précise.

3. Enjeux et limites des données anciennes

Cette question de la référence historique pour les cours d'eau, ainsi que les données retrouvées au sein des Archives départementales, amènent à s'intéresser plus particulièrement à la 2^e moitié du 19^e siècle. Une base de données homogène et pertinente couvrant les années 1850 à 1900 serait en effet très intéressante car elle regrouperait des caractéristiques de cours d'eau antérieures à l'ère industrielle, aux grandes guerres et aux grands travaux liés à l'intensification agricole, donc certainement antérieures à de profondes modifications opérées sur les cours d'eau.

Toutefois, il faut avoir un regard critique sur cette période et les informations alors recueillies. En effet, elles ne doivent pas servir de référentiel à atteindre à tout prix, notamment en matière de restauration hydromorphologique. Comme vu précédemment, l'Homme n'a pas attendu les grandes ères agricoles et industrielles pour commencer à domestiquer l'eau et les lits des cours d'eau. Depuis des siècles voire des milliers d'années, l'Homme a utilisé l'eau pour irriguer des cultures, utiliser sa puissance d'écoulement, créer des réserves d'eau... Cette base de données anciennes, si elle peut être constituée, doit être davantage utilisée comme un référentiel historique, caractéristique d'une période donnée, à adapter à chaque situation concrète proposée par les différents projets envisagés sur le territoire. Certaines caractéristiques hydromorphologiques anciennes peuvent en effet très certainement se rapprocher d'un état d'équilibre naturel sur certaines zones, tout comme ces données peuvent par ailleurs représenter une situation déjà profondément modifiée par l'Homme, à l'échelle du lit du cours d'eau voire plus globalement de son bassin versant.

4. Objectifs du projet

- Recueillir des données sur le réseau hydrographique du bassin Rhin-Meuse

Le premier objectif du travail est de récolter des données anciennes pertinentes et homogènes à l'échelle du bassin Rhin-Meuse pour orienter les actions de gestion et de restauration des cours d'eau. Cette recherche de données passe par des investigations au sein des Archives départementales afin de recueillir des documents anciens exploitables et suffisamment complets pour décrire un réseau hydrographique fin, représentatif de la seconde moitié du 19^{ème} siècle. L'ensemble des documents ainsi recueillis ne seront pas tous utiles et un tri sera ainsi nécessaire pour ne retenir que les références les plus pertinentes pour répondre aux attentes du projet.

- Elaborer une méthode et bancarisation des données

La 2^e phase du projet vise à élaborer une méthode permettant d'attribuer les données décrites dans les documents anciens à un SIG, de sorte à pouvoir faciliter le rattachement géographique et

l'exploitation future des données. Cette méthode a ainsi été élaborée afin de décrire précisément la démarche à suivre pour réaliser ce rattachement entre les données anciennes et les référentiels cartographiques aujourd'hui utilisés. La démarche est construite à partir d'une zone « test », ce qui permet également de constituer une 1^{ère} base de données géolocalisées.

- ***Réaliser une analyse comparative et diachronique du réseau hydrographique***

Sur la base de la méthode validée et de la 1^{ère} base de données disponible, une analyse globale de l'évolution du réseau hydrographique et des caractéristiques physiques des cours d'eau sera conduite. Pour ce faire, il s'agira de confronter les données anciennes bancarisées aux référentiels actuels. Les données compilées seront par la suite mises à disposition de l'ensemble des différents acteurs locaux qui pourront s'y référer dans le cadre d'études ou de projets visant la restauration des cours d'eau par le biais de l'outil GeoRm (plateforme cartographique web mise à disposition et gérée par l'AERM).

- ***Exploiter les données collectées dans le cadre d'une étude de cas à l'échelle locale***

L'application de ces nouvelles sources d'informations en contexte opérationnel passe par son utilisation sur des cas concrets. Les données anciennes collectées seront ainsi intégrées, en tant que référentiel historique, à une étude de cas sur un bassin versant pour évaluer leur utilité dans la prise de décisions et dans l'élaboration des projets de restauration.

Pour cette étude de cas, la zone choisie devra refléter une diversité de cours d'eau et de situations vis-à-vis des données anciennes collectées. Cette étude doit en effet permettre d'illustrer les diagnostics et travaux réalisables à l'échelle locale, en s'aidant des données anciennes pour permettre d'avoir des renseignements complémentaires. En ce sens, la zone géographique retenue doit présenter plusieurs types de milieux : des milieux forestiers potentiellement plus préservés, des milieux présentant des pentes moyennes à fortes (type côtes) où les écoulements sont plus rapides avec une capacité morphogène des cours d'eau plus importante, des milieux sur sols perméables où des possibilités d'infiltration de cours d'eau existent, et des zones plus « planes » composées d'une majeure partie de terres agricoles qui doivent faire ressortir davantage de cas de rectifications, de dérivations ou de disparitions de cours d'eau et/ou de créations de fossés agricoles.

II. Les documents et références historiques utilisées

Suite à la recherche des documents anciens qui fournissent une description de cours d'eau, de nombreuses références sont encore consultables, notamment aux Archives départementales. Mais la grande majorité de ces documents est réalisée uniquement à partir d'études locales (une commune, un tronçon, un moulin,...), et donc ces documents ne permettent pas de représenter les cours d'eau de manière suffisamment homogène par rapport aux besoins et au vaste territoire de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse. Ainsi, l'inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables, établis sur chaque département française entre 1861 et 1902 est apparu comme la ressource la plus intéressante pour répondre aux objectifs du projet.

A. L'état statistique des cours d'eau non navigables ni flottables (1861-1902)

1. La recherche aux Archives Départementales

Suite à une publication réalisée dans la Gazette des Archives de 1971 (Annexe 1), la connaissance des documents anciens de « L'inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables (1861-1902) » s'est peu à peu diffusée dans les services et gestionnaires de la ressource en eau. Toutefois, cette ressource historique n'a été que peu utilisée en raison probablement de la difficulté à collecter les données, qui constituent de volumineux ouvrages papier, obligeant à un temps de recherche important pour mobiliser les connaissances sur un cours d'eau ou un secteur donné. Ainsi une étude permettant d'évaluer la collecte, la numérisation et l'utilité technique de ces documents anciens constitue une 1^{ère} étape de travail à conduire avant une diffusion et une exploitation plus générale pour les besoins de la politique de restauration des cours d'eau. Des recherches au sein des Archives Départementales du bassin Rhin-Meuse ont été effectuées pour retrouver ces documents qui ont été édités par l'ensemble des départements d'après les différents décrets et circulaires ministériels qui ont été retrouvés pour cette période.

Avec l'aide de l'archiviste de l'Agence de l'eau, et sur la base d'une demande par courrier électronique, les documents de la Meuse et des Ardennes, déjà numérisés au niveau des Archives, ont rapidement été mis à disposition. Ils ont par la suite été retrouvés aux Archives de la Meurthe-et-Moselle (attention les limites de départements actuelles de ce département ne correspondent aux limites en vigueur à la fin du 19^{ème} siècle) et des Vosges. Enfin, un retour positif du Haut-Rhin a été également reçu, ce qui nous amène à ce jour à la connaissance de l'existence des documents dans les départements de la Meuse, des Ardennes, des Vosges, de la Meurthe-et-Moselle et du Haut-Rhin. En revanche des retours négatifs concernant les départements de la Moselle et du Bas-Rhin ont été reçus concernant l'existence actuelle de ces documents : il est probable que l'histoire mouvementée de ces départements liée à l'annexion allemande et aux grandes guerres a conduit au déplacement voire à la destruction des références. Des recherches plus poussées dans les archives nationales françaises ou dans certains lands allemands pourraient toutefois être réalisées pour essayer de retrouver ces documents. Cela n'a pu être fait dans le cadre du stage compte tenu des délais impartis.

Pour recueillir les données sur les départements ayant conservé ces documents, différentes méthodes de travail ont été mises en place avec les centres d'Archives.

Concernant les départements de la Meuse et des Ardennes, les services d'Archives ont directement numérisé les documents et les ont envoyés à l'AERM. En revanche pour les départements de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges un déplacement physique a été nécessaire dans les centres d'Archives (à Nancy et Epinal).

Pour le département des Vosges, un rendez-vous a été fixé pour permettre aux Archives de mettre à disposition la cote des documents en question (1005 S 65) [10]. L'Agence de l'eau a mis à disposition un appareil photo permettant de numériser le document ancien en passant par la photographie. La tâche a été assez longue et fastidieuse car les Archives des Vosges n'ont pas de matériels spécifiques pour la photographie des documents anciens.

Pour la Meurthe-et-Moselle, un rendez-vous a également été fixé pour pouvoir consulter les cotes (3 S 349) [9]. La numérisation du document ancien est également passée par la prise de photos. En revanche, aux Archives 54, une table spécialement dédiée à la prise de clichés de documents, équipée d'un support permettant de rendre la tâche plus rapide, a été mise à disposition.

A partir des différentes photos prises, un document informatique (.pdf) a été créé permettant de regrouper et de trier les pages dans l'ordre du document ancien et de faciliter ainsi l'exploitation des clichés pris aux Archives.



**Figure 12 : Table de prise de clichés des documents anciens
(Source : Photo Archives 54)**

2. Présentation des tableaux A

Le gouvernement, suite à une circulaire du 17 juin 1861 et différents décrets qui ont été envoyés aux Préfets, a demandé aux services départementaux de compléter trois tableaux sur les caractéristiques des cours d'eau non navigables ni flottables (Tableaux A, B et C). Les cours d'eau utilisés pour la navigation et le flottage du bois, qui constituent le domaine public fluvial, étaient en effet connus et décrits de longue date par l'administration puisqu'ils découlent de l'Edit de Moulins (1566) qui promulguait l'inaliénabilité du domaine royal.

Le tableau A, le plus utile au recensement des informations sur l'hydromorphologie des cours d'eau, inventorie l'ensemble des cours d'eau, dès qu'il est estimé que les caractéristiques pourraient être utiles à une quelconque entreprise, industrie, agriculture, ce qui pour certains départements se traduit par un recensement quasi exhaustif des écoulements de surface... Par grand bassin versant, en partant de l'exutoire à l'aval, l'inventaire suit un ordre bien précis en remontant les cours d'eau et

en décrivant chaque affluent de l'aval vers l'amont. Le document est relativement détaillé puisqu'il reprend également des largeurs, des longueurs, des débits, des pentes... pour de nombreux cours d'eau permanents mais aussi temporaires. Une notice explicative produite par le Ministère permet aux agents des Ponts et Chaussées, en charge des affaires dans les différents départements, de compléter correctement ces tableaux et d'avoir une homogénéité de traitement à l'échelle de la France. En effet, dans les tableaux étudiés à ce jour (départements 54 et 55), l'homogénéité des informations permet une étude facilitée des données et permet également de mettre plus rapidement en relation les différents documents dans les secteurs de « frontière ». Il a ainsi été permis de créer une unique base de données ayant vocation à regrouper l'ensemble des tableaux A recueillis au niveau des Archives Départementales. La description des points importants de la notice associée aux documents anciens, est reprise ci-dessous :

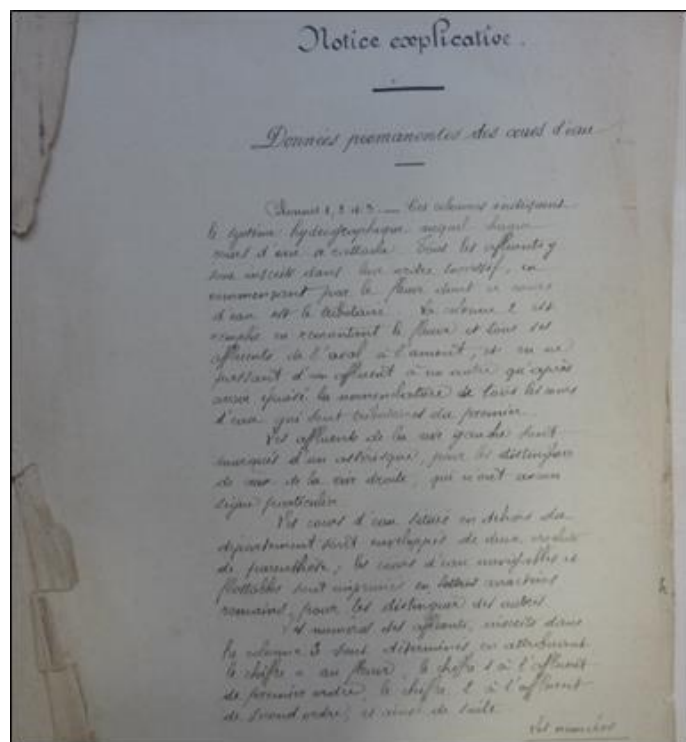


Figure 13 : Extrait de la notice fournie avec les tableaux (Source Archives Départementales des Vosges)

- Colonnes 1,2 et 3 : Ces colonnes indiquent le système hydrographique auquel chaque cours d'eau se rattache. Les affluents de la rive gauche sont marqués d'un astérisque, pour les distinguer de ceux de la rive droite, qui n'ont aucun signe particulier ;
- Pour remplir les colonnes 5, 6, 7 et 8, qui correspondent globalement à la localisation des tronçons découpés dans le document ancien, les sections de cours d'eau ont été créées à partir du moment où des variations notables concernant les pentes ou le débit sont observables ;
- Colonne 10 : Les valeurs donnent la surface du profil mouillé de pleines rives ;
- Colonnes 13, 14 et 15 : La colonne 13 donne, non le volume des eaux moyennes, mais celui des eaux ordinaires qui constitue le régime normal et habituel du cours d'eau. Ce volume, ainsi que celui des colonnes 14 et 15, est mesuré à l'extrémité aval, de manière à représenter exactement la quantité d'eau fournie par le versant correspondant, inscrit à la colonne 12 ;
- S'il n'y a pas de données précises pour le débit moyen, alors un procédé empirique a été mis en place suite à une circulaire du 4 juillet 1878. Il y est préconisé d'utiliser la méthode décrite à l'Annexe 2;

- Si des jaugeages directs ont été effectués en général soit au moyen de flotteurs, soit à l'aide de déversoirs existants pour permettre d'estimer les débits de crue et d'étiages alors les éléments décrits à l'Annexe 2 ont été utilisés ;

A noter que la colonne qui renseigne les pentes contient des disparités. En effet, certaines valeurs sont notées en pourcentage ou en mètre par mètre, alors que d'autres représentent la dénivelée totale (en mètre) sur l'ensemble du tronçon concerné. Une analyse de ces valeurs est donc nécessaire avant différentes études sur les cours d'eau concernés

Des décrets ont été émis à la suite des premières circulaires expliquant le projet voulu par l'Etat. Ces décrets ont permis de donner des compléments d'informations pour compléter les tableaux car les premiers retours étaient incomplets au regard de l'Administration centrale.

Figure 14 : Extrait d'une circulaire émise suite aux premières erreurs dans les tableaux (Source Archives Départementales des Vosges)

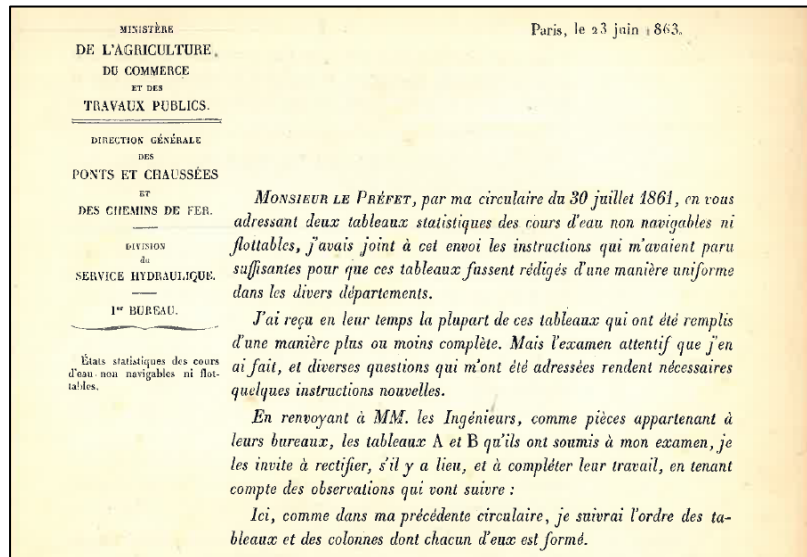


Figure 15 : Extrait du tableau A du département de la Meuse (Source Archives Départementales de la Meuse)

ANNÉE 1864.				TABLEAU A.		DÉPARTEMENT DE LA MEUSE.											
ETAT statistique des Cours d'Eau				non navigables ni flottables.													
N° des cours d'eau.	DÉNOMINATION DES COURS D'EAU.	N° des affluents.	PRINCIPALES LOCALITÉS DU DÉPARTEMENT QUI SONT SERVIES PAR LES COURS D'EAU ET PONTS EN BRÈVE ET PAR LES PONTS EN BRÈVE ET PAR LES PONTS EN BRÈVE.	LIMITES DANS LE DÉPARTEMENT DES COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES.		LONGUEURS.		LARGEURS moyennes des cours d'eau au point de mesure.	PROFILS des cours d'eau au point de mesure.	PENTES moyennes des cours d'eau au point de mesure.	CÉPAGES ou surfaces de champs irrigués par les cours d'eau au point de mesure.			VOLUMES PAR SECONDE au point de mesure.			OBSERVATIONS.
				à l'aval.	à l'amont.	en mètres.	en mètres.				en mètres.	en mètres.	en mètres.	en mètres.	en mètres.	en mètres.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
			Reposé sur bassin de l'Orme			565,740											
292	Rivière de Chézeville	5	Lez-le-Bois	Rivière de Chézeville	à l'aval de la Chapelle	670	2,5	2,5	360	0,001	0,001	2				Approuvé le 23 octobre 1864 en vertu de la loi du 14 juin 1864 sur le régime des eaux.	
293	Rivière de Neufmoulin	5	Coëstivy	Rivière de Neufmoulin	à l'aval de la Chapelle	420	2,5	2,5	80	0,001	0,001	1					
294	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	140	2,5	2,5	50	0,001	0,001	0,50					
295	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	170	2,5	2,5	80	0,001	0,001	0,50					
296	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	200	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
297	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	210	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
298	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	220	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
299	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	230	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
300	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	240	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
301	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	250	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
302	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	260	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
303	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	270	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
304	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	280	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
305	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	290	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
306	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	300	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
307	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	310	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
308	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	320	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
309	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	330	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
310	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	340	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
311	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	350	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
312	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	360	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
313	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	370	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
314	Rivière de la Basse	5	Coëstivy	Rivière de la Basse	à l'aval de la Chapelle	380	2,5	2,5	100	0,001	0,001	0,50					
						516,380											

Le tableau B recense l'ensemble des usines et chutes d'eau présentes sur les cours d'eau à usage agricole et/ou industriel. Il recense des hauteurs de chutes, des débits et volumes prélevés aux cours d'eau et plusieurs autres informations utiles à l'exploitation des moulins, usines, exploitations...

Le tableau C est un récapitulatif des tableaux précédents, reprenant certaines colonnes de chaque tableau.

3. Une valeur de référentiel à nuancer

Au regard de leur complétude et de l'homogénéité de leur contenu, les données issues du Tableau A permettent de fixer un référentiel temporel concernant la présence ou non des cours d'eau et leur état morphologique. Il faut toutefois être critique sur la valeur que l'on peut donner à ce référentiel et à l'usage qui pourrait en être fait. Il pourrait par exemple être possible de considérer que c'est un référentiel à atteindre dans le cadre des travaux de restauration ou renaturation des cours d'eau, considérant que l'état hydromorphologique de la fin du 19^e siècle constitue une situation peu modifiée de ce point de vue. Or, comme indiqué en partie 1.C, les bassins versants et les cours d'eau ont déjà fait l'objet de travaux et d'activités depuis l'Antiquité, et des modifications climatiques/géologiques ont également pu modifier en profondeur le fonctionnement des cours d'eau. En outre, de nombreuses observations ont été décrites dans les documents (Colonne « Observations » des Tableaux A) et précisent que des travaux de recalibrages contre les crues ou des travaux de curages avaient déjà eu lieu sur certains cours d'eau avec la création des premiers syndicats de rivières qui avaient en charge ces modifications à apporter sur les cours d'eau.

Ces documents, et la base de données qu'ils forment, sont des images intéressantes de l'état des cours d'eau à cette époque, où les grands travaux d'hydraulique n'avaient pas encore débuté. Mais ils ne constituent en aucun cas un référentiel absolu à atteindre pour les travaux réalisés aujourd'hui. Pour chaque zone d'étude actuelle ou future, des consultations de cette base de données seront toujours utiles pour évaluer les modifications récentes, à l'échelle humaine, sur le secteur concerné. Suite à cette analyse, à coupler avec d'autres recherches historiques et notamment à partir des cartes anciennes, il sera alors possible de savoir si les caractéristiques recensées à la fin du 19^e siècle peuvent être utilisées comme un objectif de restauration à atteindre, afin d'améliorer l'état écologique des cours d'eau. Cela dépendra également des contraintes actuelles telles que le foncier, l'activité agricole, l'enjeu inondation,... qui ne permettront pas toujours un retour à l'état passé.

B. Les cartes et vues aériennes

1. Les « références » anciennes

Plusieurs cartes anciennes sont susceptibles d'être utilisées pour permettre de localiser et observer les caractéristiques des cours d'eau, comme par exemple leur sinuosité. Certaines cartes renseignent également d'anciens noms de communes qui ont pu changer aujourd'hui ou d'anciens lieux-dits ou noms de forêts communales. Les cartes utiles à la reconnaissance des cours d'eau sont présentées ci-dessous.

- La carte des Naudin 1728-1739

« Pendant plus de dix années, de 1728 à 1739, une équipe d'ingénieurs géographes appartenant à l'atelier versaillais des Naudin, parcourut la Lorraine, c'est-à-dire non seulement les Trois-Evêchés

(Metz, Toul et Verdun), qui relevaient pleinement du Royaume de France depuis les traités de Munster (1648), mais également les duchés de Lorraine et de Bar et les territoires voisins du Palatinat, des Deux-Ponts, du Luxembourg...

Quinze de ces cartes monumentales qui représentent chacune, à l'échelle restituée de 1/28 800, de 3500 à 5000 km² d'une vaste région s'étendant de la Hesbaye et du Brabant, alors autrichiens, jusqu'au Bassigny et aux contreforts des Vosges, constituent la première image de l'ensemble des territoires qui forment aujourd'hui la Région Lorraine. Cela représente une topographie détaillée des campagnes lorraines, le plan de tous les bourgs et villages, avec l'église et le château, les prairies, les bois, les marais, l'étendue des vignobles sur les coteaux exposés, les routes et les chemins avec leurs ponts de pierre ou de bois, avec les justices, les croix de carrefours... Une information strictement militaire mentionne l'emplacement des fortifications, inondations, redoutes, tranchées et autres circonvallations opposées à l'intrusion des ennemis sur les frontières de la Meuse, du Luxembourg et de la Sarre.

L'information rassemblée est précieuse pour les historiens et les archéologues qui disposent avec ces documents, en dépit de graves défauts en matière d'exactitude géométrique, d'une image très précise des paysages et de la géographie lorraine près d'un siècle avant les premiers cadastres napoléoniens ou la carte de l'Etat-major. » [15]

Antérieures aux cartes de Cassini et de l'Etat-major, les cartes des Naudin sont assez précises pour observer la morphologie globale d'un tronçon donné de cours d'eau, même si elles ne représentent pas l'exhaustivité du réseau hydrographique. Elles peuvent aussi être utilisées pour observer des modifications (légères) apportées sur les cours d'eau comme par exemple des dérivations réalisées sur des cours d'eau pour apporter l'eau au niveau de châteaux ou de cultures. Des analyses similaires à celles réalisées sur les cartes de l'Etat-major et du 20^e siècle peuvent être réalisées pour évaluer l'évolution des cours d'eau entre les années 1730 et 1820-1860.

Elles ne couvrent toutefois pas l'ensemble du territoire actuel du Bassin Rhin-Meuse (2/3 environ), ce qui rendra leur utilisation partielle et notamment impossible pour l'ex-région Alsace.

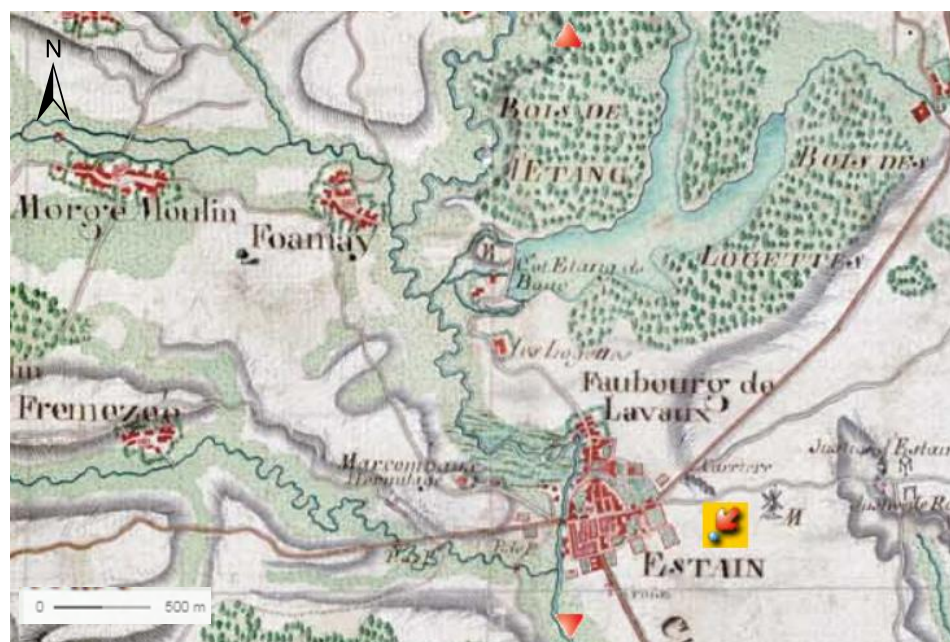


Figure 16 : Extrait de carte des Naudin sur le territoire d'Etain (Source : [15])

- **Cartes de Cassini (feuilles gravées et aquarellées) du 18e siècle**

Ces cartes sont peu précises pour ce qui est de la localisation et de la forme des cours d'eau. Leur analyse physique est ainsi assez complexe. Elles peuvent en revanche renseigner certains lieux dits, anciens noms de communes, anciens ponts ou routes qui peuvent être alors utilisés comme repères dans les documents manuscrits anciens pour préciser la localisation des cours d'eau.

Les cours d'eau sur les cartes de Cassini sont alors représentés de manière assez globale, les dérivations de cours d'eau ou diverses annexes ne sont donc pas ou rarement visibles sur ces cartes. Les petits et très petits cours d'eau du réseau hydrographique ne sont pas représentés.



Figure 17 : Extrait de carte de Cassini sur le territoire d'Etain (Source : Géoportail)

- **Carte de l'Etat-Major/Carte française en couleurs du 19e siècle**

« La carte d'état-major est une carte générale de la France réalisée, dans sa première version, au XIXe siècle. Une ordonnance royale de 1827 en confie l'exécution au Dépôt de la Guerre même si des premiers essais eurent lieu dès 1818. Le terme état-major est utilisé en référence aux officiers d'état-major qui ont réalisé les levés. Cette carte peut être vue comme succédant à la carte de Cassini dont l'absence de mise à jour devenait de plus en plus gênante. » (Source : Géoportail)

Plus précises que les cartes de Cassini, ces cartes sont intéressantes car elles retracent plus exactement le tracé physique des cours d'eau. En effet le méandrage ou la rectification de cours d'eau sont représentés sur ces cartes. Elles sont intéressantes pour venir compléter les observations des cours d'eau décrits dans les documents anciens.

La sinuosité étant assez bien représentée, elle peut alors être calculée dans certains secteurs, en réalisant le rapport entre la longueur total du cours d'eau entre deux points et la longueur de l'axe général du cours d'eau entre ces deux mêmes points.

De plus ces cartes présentent l'intérêt d'avoir été élaborées à la même période que le document « Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables ». Il est d'ailleurs probable que cette carte ait été élaborée en parallèle du document décrit précédemment, mais avec une précision plus faible néanmoins pour ce qui concerne le réseau hydrographique, les petits et très petits cours d'eau n'étant pas cartographiés. On constate également que les cours d'eau temporaires ne sont pas ou peu représentés sur la carte. Lorsque cette carte reprend un des cours d'eau décrit dans le document « Etat statistique / Tableau A », il est alors possible de localiser assez précisément le lieu, de reconstituer le tracé et de retrouver la forme de ce cours d'eau, à la fin du 19^e siècle.

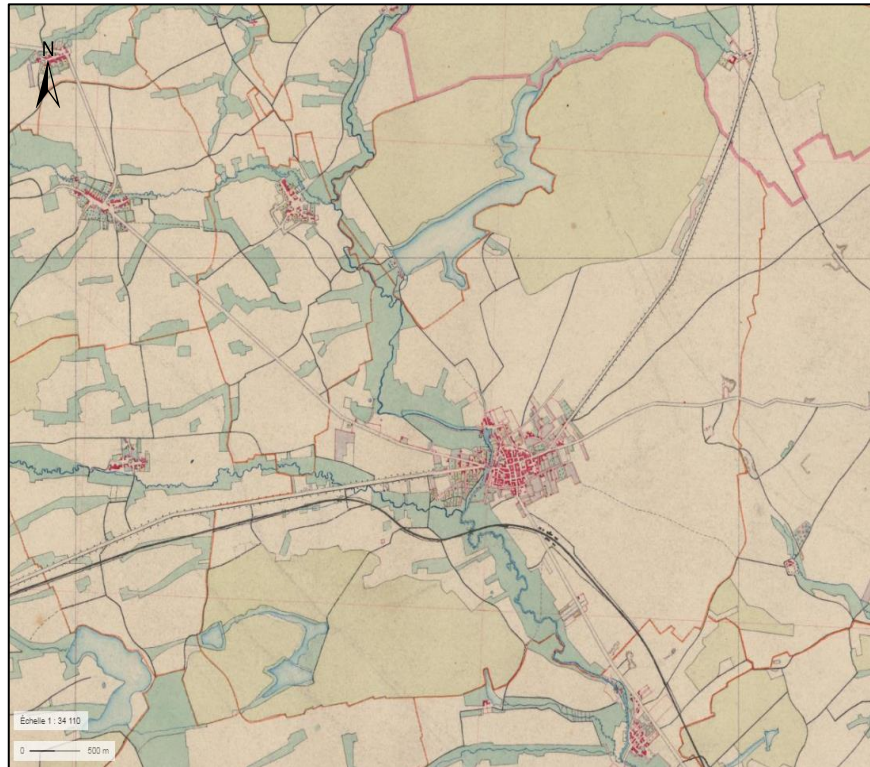


Figure 18: Extrait de carte de l'état-major sur le Territoire d'Etain (Source : Géoportail)

- ***Photos aériennes de 1950-1965 mises à disposition par l'IGN***

De nombreuses et profondes modifications de cours d'eau (enterrement, déplacement, rectification,...) sont plus récentes et datent de la 2^e moitié du XX^{ème} siècle. Ces aménagements, et leurs résultats, peuvent être observés en analysant de manière diachronique les photos aériennes actuelles et notamment celles datant de la période 1950-1965 disponibles sur Géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr/carte>). L'ensemble du territoire du bassin Rhin-Meuse n'est pas couvert par ces photographies mais une bonne partie l'est (seul le nord du département de la Meurthe et Moselle n'est pas couvert). Des photos aériennes encore plus anciennes allant jusqu'en 1920 sont également disponibles mais elles sont moins facilement exploitables en raison de la nécessité d'utiliser le portail « remonter le temps de l'IGN », avec une qualité variant fortement entre les clichés.

2. Croisement avec les fonds de cartes et les référentiels SIG actuels

Pour réaliser la géolocalisation et la bancarisation des données issues du document manuscrit « Etat statistique / Tableau A », différents fonds de carte sont ainsi utilisés. Les plus utiles sont les cartes anciennes décrites précédemment, les cartes topographiques IGN actuelles (1/25 000 notamment), les photos aériennes anciennes et actuelles ainsi que le cadastre. Les cartes anciennes permettent en général de retrouver facilement les emplacements des cours d'eau décrits dans l'état statistique établi à la fin du 19^e siècle et de voir également si leur tracé correspond au tracé actuel. Les cartes IGN sont davantage utilisées pour la localisation de certains tracés de cours d'eau non présents dans le référentiel BD_CARTHAGE. Le cadastre apporte sur certains secteurs des renseignements sur des lieux-dits qui ne sont parfois pas décrits dans les autres cartes comme les cartes IGN. Les limites cadastrales suivent également certains anciens tracés de cours d'eau, ce qui apporte alors des précisions sur le tracé en plan et la sinuosité des cours d'eau.

III. La bancarisation des données issues de l'état statistique des cours d'eau

La méthode mise en place vise à concevoir une base de données ainsi qu'un référentiel cartographique permettant de disposer efficacement des informations renseignées sur les cours d'eau à la fin du 19^e siècle. Pour ce faire, le choix s'est rapidement porté sur la constitution d'un SIG en repartant d'un référentiel hydrographique existant : BD_Carthage. Il est donc nécessaire dans un 1^{er} temps d'exploiter et de remettre en forme BD_Carthage, puis d'affecter les données anciennes à la nouvelle structure de table ainsi créée.

Le département de la Meuse constitue la zone « test » pour élaborer cette méthode.

A. Principe de bancarisation des données

Comme indiqué en partie I.B.3, la base de données BD_Carthage est actuellement utilisée comme référentiel hydrographique national. En effet, celle-ci est utilisée comme base de travail pour la majorité des études, des diagnostics et des projets de restauration/renaturation des cours d'eau. L'utilisation courante de ce référentiel nous amène à utiliser la structure de la table attributaire de la couche SIG (BD_Carthage) pour pouvoir la compléter avec les données anciennes. La table attributaire de la couche est ainsi extraite et complétée avec les différents champs (colonnes) nécessaires pour la bancarisation des données issues de l'Etat statistique / Tableau A.

La table attributaire de la couche BD_Carthage sert de référence pour le rattachement des données des documents anciens. Elle regroupe différents renseignements sur les cours d'eau (toponymes, hydronyme, longueur, identifiant...). Une fois cette table extraite dans un tableur (.xls) afin de l'exploiter plus facilement, le champ décrivant les identifiants des tronçons de cours d'eau (ID_TRHYD) est alors utilisé afin de géolocaliser les tronçons de cours d'eau décrits dans le document ancien et de les rattacher au référentiel actuel. Dans le cas où les cours d'eau ne sont pas référencés actuellement, dans BD_Carthage, mais sont décrits dans le document ancien, de nouveaux identifiants de tronçons sont générés. Dans ce cas, un nouvel objet géographique (ligne) est créé

sous SIG en parallèle de la bancarisation des données dans le tableur. Ce champ « ID_TRHYD » sera également utilisée pour réaliser les différentes jointures à effectuer entre la couche et la nouvelle table attributaire créée avec les données anciennes.

B. Méthode mise en place pour la bancarisation

1. Adaptation de la table aux données anciennes

La structure de la table attributaire de BD_Carthage est tout d'abord complétée afin de pouvoir y ajouter les données fournies par le document ancien des états statistiques des cours d'eau non navigables, ni flottables. Pour ce faire, différents champs correspondants aux données fournies par le document ancien sont créés permettant alors de compléter directement la table à la suite des informations fournies par BD_Carthage. L'ensemble des informations identifiées dans les tableaux A est ainsi repris dans la base de données nouvellement créée :

- Désignation des cours d'eau ;
- Principales localités du département qui sont traversées par les cours d'eau ou portions de cours d'eau non navigables ni flottables ;
- Limites (Amont/Aval) dans le département des cours d'eau ou de leurs sections ;
- Longueur des cours d'eau ou de leurs sections de la limite amont à la limite aval ;
- Largeur moyenne des cours d'eau ou de leur section en mètres (en pleines rives) ;
- Profil mouillé de pleines rives des cours d'eau ou de leur section en mètre carré ;
- Pente totale par cours d'eau ou par sections (soit en pourcentage soit en perte de hauteur en mètre sur la longueur du tronçon décrit) ;
- Surface en hectare du versant de chaque cours d'eau dans le département ;
- Volume par seconde en mètre cube (des eaux ordinaires, d'étiages et de grandes crues) ;
- Observations sur le terrain (réalisées au moment de l'inventaire, entre 1861 et 1902).

Des champs « indice de confiance % », « observations actuelles », « observations terrains » et « limite de département » ont été ajoutés à cette table afin d'apporter des informations de contexte dans le cadre du travail de bancarisation/digitalisation des données ainsi que pour mentionner certains constats établis lors de visites sur le terrain.

2. Localisation des cours d'eau

Pour permettre une localisation facilitée, une étude préalable des documents anciens est nécessaire pour identifier les grands bassins versants présents sur chaque département et ainsi travailler sur des secteurs plus ciblés. Par exemple, pour le document de la Meuse ; le document numérisé (.pdf) du tableau A, a été coupé en 4 sous-documents :

1. L'Orne et ses affluents.
2. Le Rupt de Mad et ses affluents.
3. La rivière Meuse et ses affluents.
4. La Chiers.

Ce découpage permet de naviguer plus facilement au sein du document ancien permettant une analyse plus rapide des cours d'eau en remontant les cours d'eau et leurs affluents de l'aval vers l'amont jusqu'aux têtes de bassin versant.

Lors de cette 1^{ère} étape de localisation des cours d'eau, ou des tronçons de cours d'eau, plusieurs cas peuvent être rencontrés. Pour représenter au mieux la pertinence de l'affectation des données anciennes aux différents tronçons de BD_Carthage formant le réseau hydrographique actuel, un indice de confiance a été mis en place. La détermination de cet indice de confiance, pour chaque cours d'eau inventorié dans l'Etat statistique, va dépendre des incertitudes planant sur la localisation du cours d'eau selon les informations croisées pour le situer : noms anciens et actuels, noms des sources, villages et lieux dits traversés, bois et forêts, etc. Il est à noter que l'ensemble des cours d'eau décrits dans le document ancien porte un nom alors que de nombreux ruisseaux ne disposent pas de toponyme dans BD_Carthage, ce qui complexifie alors le recouplement. Quatre cas de figure sont alors rencontrés, chacun étant associé à un indice de confiance de localisation :

Cas n°1: Le cours d'eau actuel et le cours d'eau ancien portent un nom et se situent dans la même zone

- 1a : Le nom du cours d'eau actuel correspond exactement à celui du 19^{ème} siècle, les seules différences peuvent venir des modifications linguistiques (Exemple : « Rupt le Buté » devient aujourd'hui « Ru de Butel », « Rau de Maulentin » devient aujourd'hui « Ruisseau de Molentin »). Un indice de confiance de 100% est attribué à ces correspondances. Ce scénario est majoritairement rencontré pour les cours d'eau principaux de grand ou moyen gabarit.
- 1b : Le nom des cours d'eau ne correspond pas. En revanche, il y a une correspondance géographique forte (nom de village, lieux dit etc.) ne laissant que peu de doute sur la présence d'un autre cours d'eau dans la zone décrite. Par exemple : le cours d'eau a changé de nom pour prendre le nom du village qu'il traverse ou inversement. Un indice de confiance de 90-95% est attribué à ce cas.

A noter que sur leur partie amont, certains cours d'eau ont échangé leurs noms avec l'un de leurs affluents ce qui amène à une source différente par rapport aux informations données par l'Etat statistique. Il convient alors de vérifier la partie amont, si possible sur le terrain, pour reconnaître la correspondance avec la description du document ancien. Cet avertissement s'applique à tout cours d'eau ayant des affluents.

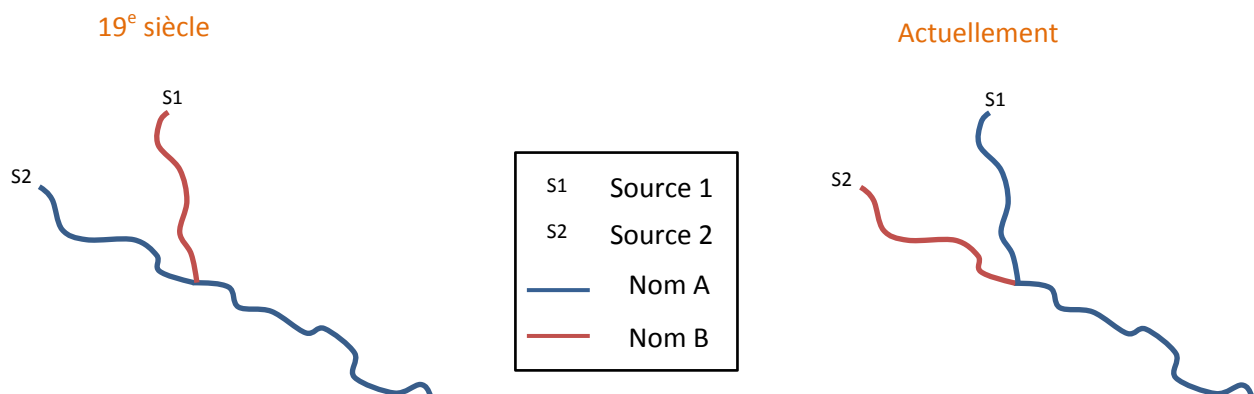


Figure 19 : Changement de nom sur les parties amont des cours d'eau.

Cas n°2: Le cours d'eau actuel est référencé (SIG) mais ne porte pas de nom

Sur la zone géographique où le cours d'eau décrit dans le document ancien devrait se situer :

- 2a : un unique cours d'eau est présent dans BD_Carthage et il traverse un village ou un lieu-dit cité dans le document du 19^e siècle. Ces cours d'eau seront alors associés. Un indice de confiance de 80% est attribué à ce cas.
- 2b : un unique cours d'eau est présent sur BD_Carthage. Ces cours d'eau seront alors associés. Un indice de confiance de 70% est attribué à ce cas.
- 2c : plusieurs cours d'eau sont présents sur BD_Carthage. Mais l'un d'eux traverse un lieu-dit ou un village portant le nom ancien du cours d'eau. Ces cours d'eau seront alors associés. Un indice de confiance de 60% est attribué à ce cas.
- 2d : plusieurs cours d'eau sont présents sur BD_Carthage et le nombre de cours d'eau présents correspond au nombre de cours d'eau décrits dans le document ancien. Une suite logique d'attribution des données de l'aval vers l'amont est alors appliquée en suivant l'ordre et la rive fournie par le document ancien. Un indice de confiance variant entre 50-60% est attribué à ces cours d'eau.

Cas 2e : Sur la zone géographique, plusieurs cours d'eau sont présents. Le cours d'eau le plus proche par rapport à la ville ou au lieu-dit faisant allusion au nom du cours d'eau ancien sera alors associé aux données anciennes. Un indice de confiance variant entre 30-50% est attribué à ce cas.

Pour l'ensemble de ces cas (1 et 2), les linéaires de certains cours d'eau digitalisés dans BD_Carthage ne correspondent pas à la longueur ou à la source du cours d'eau décrit dans le document ancien. Si les différences de linéaire sont significatives (> 20%), le cours d'eau est alors remodelé en parallèle sur la couche SIG de BD_Carthage, en se rapprochant le plus possible de sa description du document ancien. Ainsi, la base de données cartographique constituée se rapprochera davantage des descriptions anciennes des cours d'eau.

Cas n°3: Le cours d'eau est décrit dans le document du 19ieme siècle mais pas digitalisé sur la base SIG.

Pour l'ensemble des cas décrits ci-dessous, un nouvel identifiant est créé dans la table .xls via le champ « ID TRHYD » pour le cours d'eau digitalisé. Cet identifiant, numéroté de 1 à N au fur à mesure de la digitalisation des cours d'eau, est également repris dans la couche SIG afin d'avoir une correspondance exacte avec l'objet géographique dessiné. La ligne créée avec ce nouvel identifiant pourra alors être complétée avec les données anciennes dans la table .xls. Différents cas se présentent :

- 3a : En analysant différentes cartes (IGN, Etat-Major...), un cours d'eau semble se trouver sur la zone et se situe à proximité d'un lieu-dit ou d'un village ayant le même nom que celui

décrit dans le document ancien. Le cours d'eau est alors digitalisé en suivant le tracé du cours d'eau retrouvé sur les cartes. Un indice de confiance variant entre 50-70% est attribué à ce cas.

- 3b : En analysant différentes cartes (IGN, Etat-Major...), un lieu-dit, un village, ou une autre indication géographique reprend le nom du cours d'eau décrit dans le document ancien. En revanche aucun cours d'eau ne semble être présent. Le cours d'eau est alors digitalisé en suivant les lignes de niveau (perpendiculaire) se trouvant sur la carte IGN passant par ce lieu-dit, village, etc. Un indice de confiance variant entre 30-40% est attribué à ce cas. Si le fond de vallée est très marqué, l'indice de confiance peut être augmenté entre 40-60%.

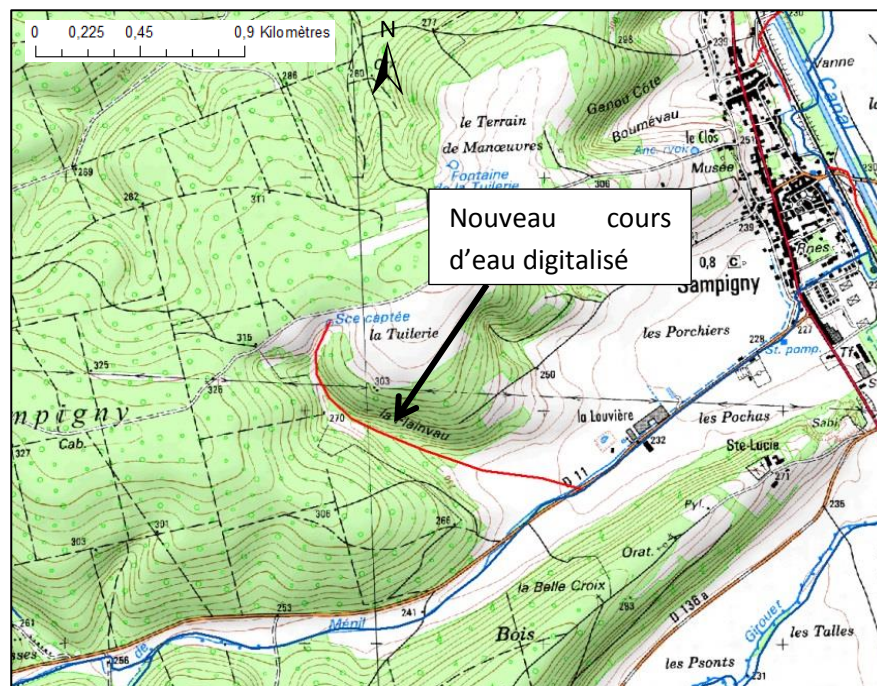


Figure 20 : Création d'un cours d'eau par digitalisation en suivant les lignes de niveau topographique (Source : SIG 18/06/2019).

- 3c : En analysant différentes cartes (IGN, Etat-Major...), un cours d'eau semble se trouver sur la zone mais aucun indice ne montre qu'il s'agit bien de ce cours d'eau. Le cours d'eau est alors digitalisé en suivant le tracé du cours d'eau retrouvé sur les cartes. Il est alors associé à celui décrit dans le document. Un indice de confiance variant entre 30-40% est attribué à ce cas.
- 3d : Il est impossible de retrouver le cours d'eau sur les différentes cartes car aucun indice permettant de le localiser précisément n'est disponible. Le cours d'eau, décrit dans l'Etat statistique, sera alors répertorié dans la table .xls mais il n'aura pas de correspondance cartographique (aucun objet géographique n'est créé dans ce cas).

Cas n°4: Le cours d'eau est présent dans BD_Carthage mais n'est pas décrit dans le document ancien : les données sont inchangées.

3. Bancarisation des données anciennes

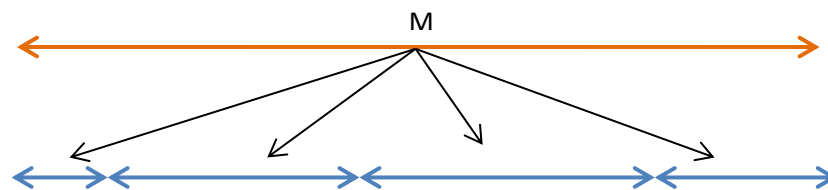
Une fois les cours d'eau localisés via BD_Carthage, soit par correspondance avec des cours d'eau déjà digitalisés ou en digitalisant des tracés, les données historiques sont affectées aux différents identifiants de tronçons de la table .xls. Pour cela, deux cas de figures sont possibles.

Le premier cas rencontré, le plus fréquemment, regroupe les cours d'eau cartographiés en un unique tronçon dans BD_Carthage et décrit dans le document ancien en une seule partie. Dans ce cas, les données anciennes sont directement affectées à l'identifiant du tronçon de BD Carthage.

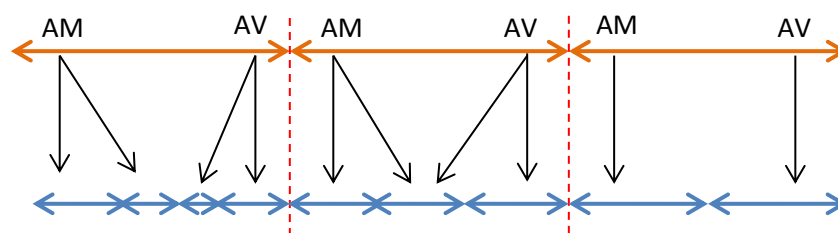
Le second cas de figure regroupe les cours d'eau représentés et/ou décrits en plusieurs tronçons. Dans ce cas, il est rare que la sectorisation corresponde exactement entre BD_Carthage et le document ancien. Le découpage actuel des cours d'eau est d'ailleurs bien plus fin que celui réalisé dans l'Etat statistique, et le nombre de tronçons formant un cours d'eau actuellement est ainsi nécessairement plus important que dans l'inventaire du 19^e siècle (aucun cas de figure inverse n'est rencontré sur le département de la Meuse).

Dans ce second cas de figure, l'affectation des données anciennes aux différents tronçons de BD_Carthage suit différentes règles permettant d'homogénéiser la bancarisation de la donnée. L'ensemble des règles d'affectation des données sont présentées en Annexe 3 et des exemples sont donnés ci-dessous à titre illustratif.

Règle n°1 :



Règle n°7 :



Légende :

- Tronçons décrits dans le document « Etat statistique » du 19^e siècle
- Tronçons de BD_Carthage
- M Valeurs moyennes anciennes sur l'ensemble du tronçon
- AM Valeur à l'amont du tronçon ancien
- AV Valeur à l'aval du tronçon ancien
- Affectation des données dans la table (.xls)
- Limites des tronçons anciens

Figure 21 : Présentation de deux cas couramment rencontrés lors de l'affectation des données.

C. La couche finale obtenue

Après avoir réalisé une jointure entre la table .xls et les objets géographiques (cours d'eau ou tronçons de cours d'eau), via le champ commun « ID TRHYD », la couche finale reprend les informations anciennes qui ont pu être localisées dans la table (les cours d'eau non localisés/digitalisés sont uniquement conservés dans le format .xls de la base de données). Cette nouvelle base de données peut alors être comparée à différents référentiels tels que BD_Carthage et BD_Topo_courdo afin d'illustrer l'apport d'informations concernant le réseau hydrographique. Des résultats reprenant le territoire du département de la Meuse (55), pour sa partie sur le bassin Rhin-Meuse (l'ouest du département est sur Seine-Normandie), sont présentés ci-dessous :

1. Analyse de BD_Carthage

La base de données BD_Carthage reprend les principaux cours d'eau actuels du bassin Rhin-Meuse. Pour l'étude de ces données dans le département de la Meuse, un découpage de la couche a été réalisé à partir des contours du département. Le linéaire total de cours d'eau dans le département pour cette couche est estimé à environ 2900 km, réparti en 2733 tronçons.

2. Analyse de la couche finale

Les apports de données liés aux documents anciens ont été ajoutés aux données de BD_Carthage. Cet apport a augmenté le linéaire de cours d'eau de 21,4%. Le linéaire total dans le département de la Meuse, après rajout, s'élève à environ 3 513 km de cours d'eau, réparti sur 3767 tronçons. Comme indiqué précédemment, une partie des tronçons de BD_Carthage n'a pas été associée à des descriptions de cours d'eau du document ancien, cette fraction représente environ 600 km mètres de cours d'eau. Cette longueur correspond pour la plus grande partie à des grands canaux comme le canal de la Meuse ou de la Marne au Rhin qui n'ont pas été référencés dans le document ancien car ils n'étaient pas encore construits ou en cours de construction à la fin du 19e siècle. Une autre partie peut être expliquée par des fossés de drainage qui ont été réalisés au cours du 20e siècle lorsque l'agriculture intensive s'est développée et qui se trouvent repris sur BD_Carthage. Ce linéaire de cours d'eau ne trouvant pas de correspondance avec le document ancien représente environ 20% du linéaire initial de BD_Carthage.

A l'inverse, certains cours d'eau du document ancien n'ont pas trouvé de correspondance avec des linéaires de BD_Carthage ou de correspondance géographique pour être digitalisés avec une bonne confiance sur leur longueur totale décrite dans le document ancien. Cette fraction s'élève à environ 165 km qui auraient ainsi pu augmenter le référentiel BD_Carthage de 5,7% supplémentaires si l'ensemble de ces cours d'eau avaient pu être digitalisés.

3. Analyse de BD_Topo_courdo

L'analyse locale de la couche « BD_Topo_courdo » permet aisément de comprendre que bon nombre de fossés ou d'écoulements artificiels, mais également certains fonds de vallée a priori « secs », constituent cette base (voir illustrations ci-après). Bd_Topo_courdo reprend également les canaux de même que BD_Carthage. Malgré son apparente complétude, il est donc complexe de caractériser le réseau hydrographique « naturel » à partir de BD_Topo_courdo sans l'analyse de documents anciens et/ou de visites terrain pour répertorier l'existence de cours d'eau. Cette base de données possède un linéaire de cours d'eau et d'écoulements d'environ 3 865 km dans le

département de la Meuse, ce qui représente 34% de plus par rapport à BD_Carthage et 10% de plus par rapport à la base de données constituée à partir du document ancien.

Plusieurs cas illustrant ces différences entre les référentiels sont présentées en Annexe 4.

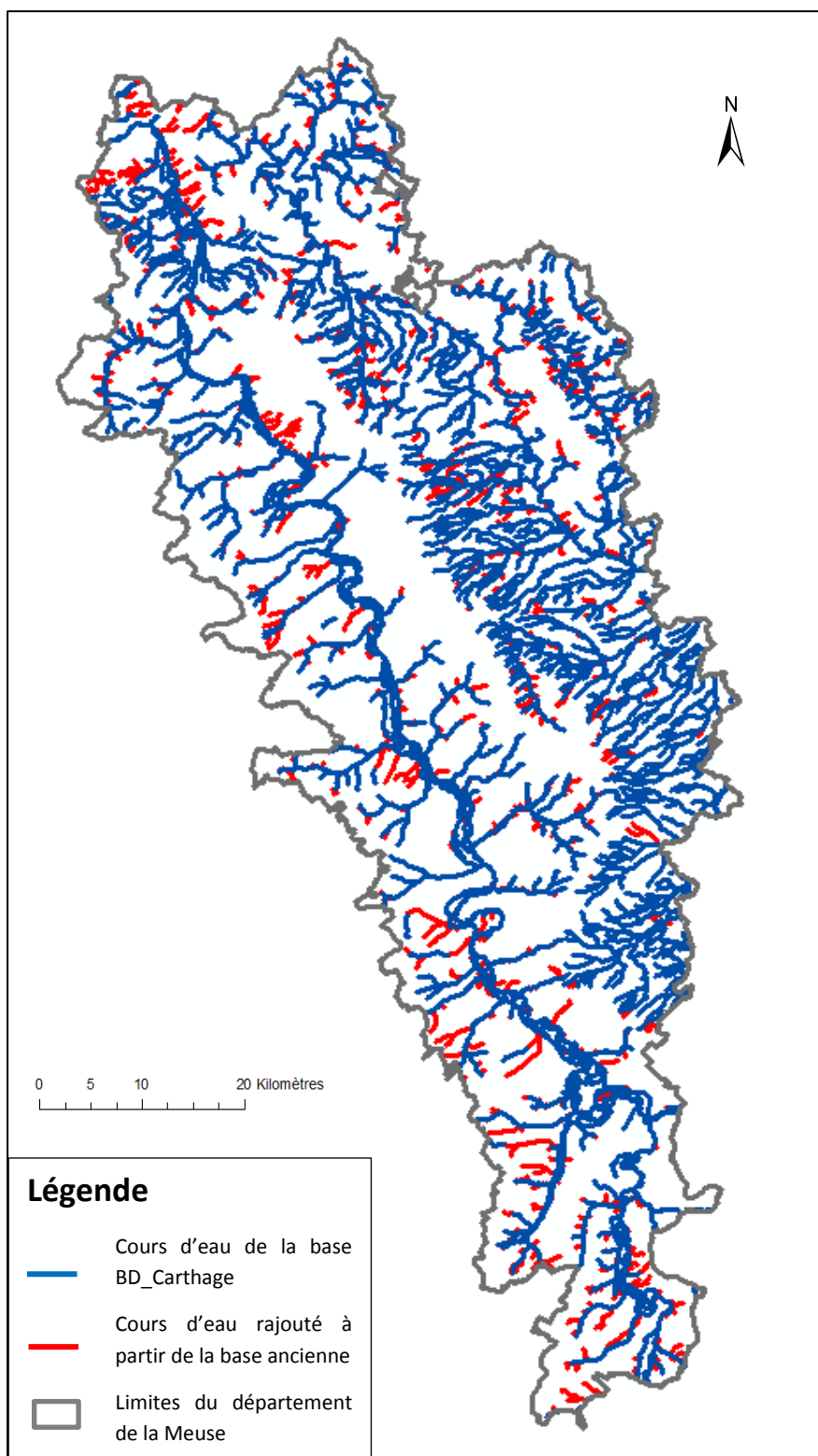


Figure 22 : Représentation cartographique de la couche pour le département de la Meuse sur le bassin Rhin-Meuse (Source : SIG 17/06/2019)

IV. Etude de cas : Le bassin versant de l'Orne Amont

Le bassin versant choisi est celui de l'amont de l'Orne jusqu'au territoire d'Etain (55). Il regroupe les principales rivières suivantes (ainsi que leurs affluents) : l'Orne, le ruisseau du Russe, le ruisseau le Sorel, le Ruisseau de Vaux, le ruisseau du Gros Pré et le ruisseau de Tavannes. Ce bassin versant reprend de nombreux points nécessaires pour permettre d'évaluer les exploitations possibles et l'intérêt de la base de données constituée à partir de l'Etat statistique du 19^{ème} siècle. Plusieurs cas de figures sont en effet présents sur ce bassin versant avec différents contextes tels que des secteurs forestiers, des complexes d'étangs et des zones agricoles voire parfois intensives. On retrouve ainsi différentes typologies de cours d'eau. Ce bassin versant est également intéressant du fait des études déjà réalisées sur le secteur. La nouvelle base peut ainsi être confrontée à ces études pour évaluer la pertinence des renseignements fournis par les documents anciens, en particulier en matière de diagnostic de l'hydromorphologie et de propositions d'actions de restauration.

Depuis les années 1990, plusieurs études visant la gestion et la restauration de l'Orne ont été réalisées. Ces études ont commencé par le cours principal de l'Orne puis elles se sont dirigées vers ses affluents majeurs et s'orientent maintenant vers les têtes de bassin des affluents de l'Orne.

Exemples d'études engagées depuis 2000, qui ont donné suite à l'engagement de travaux :

- 2000 : étude préalable à la restauration de l'Orne sur la quasi-totalité de son linéaire ;
- 2005 : étude préalable sur l'Orne et ses affluents sur le territoire de la communauté de commune du Pays d'Etain ;
- 2009 : étude préalable pour l'entretien de l'Orne et de cinq affluents (Butel, Darmont, Eix, Braquemis rupt, Tavannes)
- La dernière en date, a vu le jour en 2012, elle a été réalisée par SINBIO sur le territoire de la communauté de commune du pays d'Etain et concerne notamment les petits et très petits cours d'eau en tête de bassin versant.

Plusieurs cartes et éléments techniques seront tirés de cette étude. Ces cartes ne couvrent pas entièrement le bassin étudié car elles s'arrêtent aux limites administratives de la communauté de communes du pays d'Etain qui est le porteur du projet.

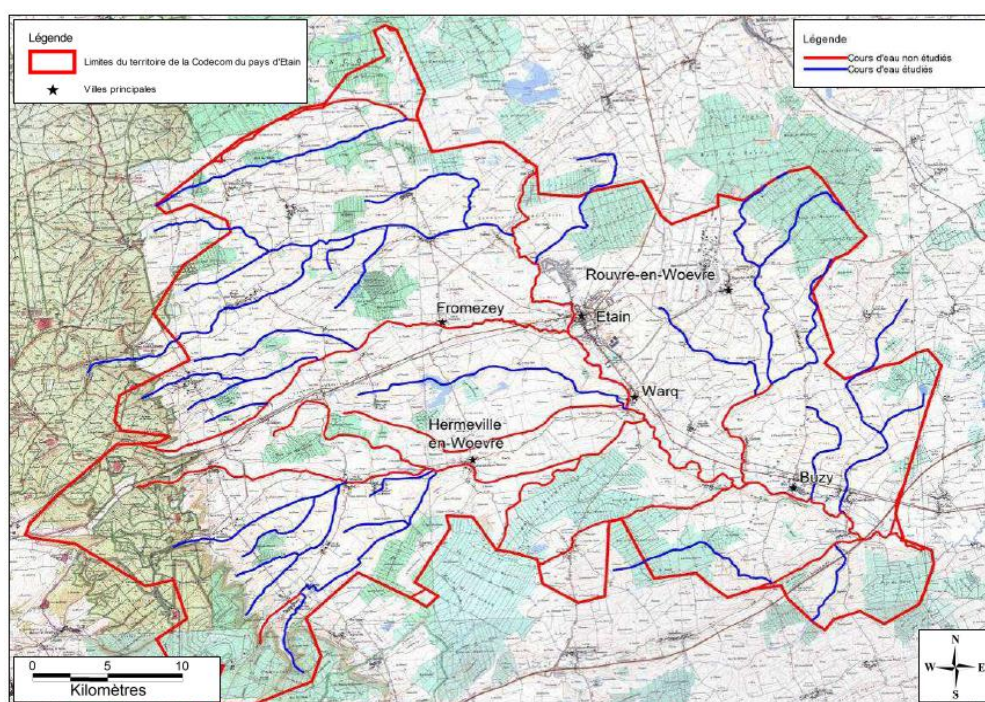


Figure 23 :
Présentation du
périmètre de
l'étude réalisée
par SINBIO en
2012 [29]

A. Présentation du bassin versant

1. Localisation

Le bassin de l'étude se situe dans le département de la Meuse (55). Il est proche de Verdun entre les cours de la Moselle et la Meuse, et s'étend des côtes de Meuse au plateau lorrain de la Woëvre. L'Orne est une rivière d'importance régionale sur le territoire de l'AERM puisqu'il traverse trois départements : la Meuse, la Meurthe et Moselle et la Moselle. L'Orne est un des principaux affluents de la Moselle en France. Le territoire d'étude présenté ci-dessous s'étend sur environ 16340 hectares, et regroupe un linéaire total de cours d'eau d'environ 150 km selon BD Carthage. Les principales communes le composant sont celles d'Etain, Foameix, Ornel, Fromezey, Damloup, Vaux-devant-Damloup, Amel-sur-l'étang, Morgemoulin, Gincrey, Mogeville, Maucourt-sur-Orne, Dieppe-sous-Douaumont ainsi que Bezonvaux Senon et Ornes (3 villages détruits). Les communes du territoire sont de petite taille, l'impact de l'urbanisation sur la superficie totale du secteur est négligeable. En effet environ 2% seulement du territoire est recouvert par des infrastructures urbaines. Avec cette faible densité de population, le territoire est alors classé largement comme zone rurale.

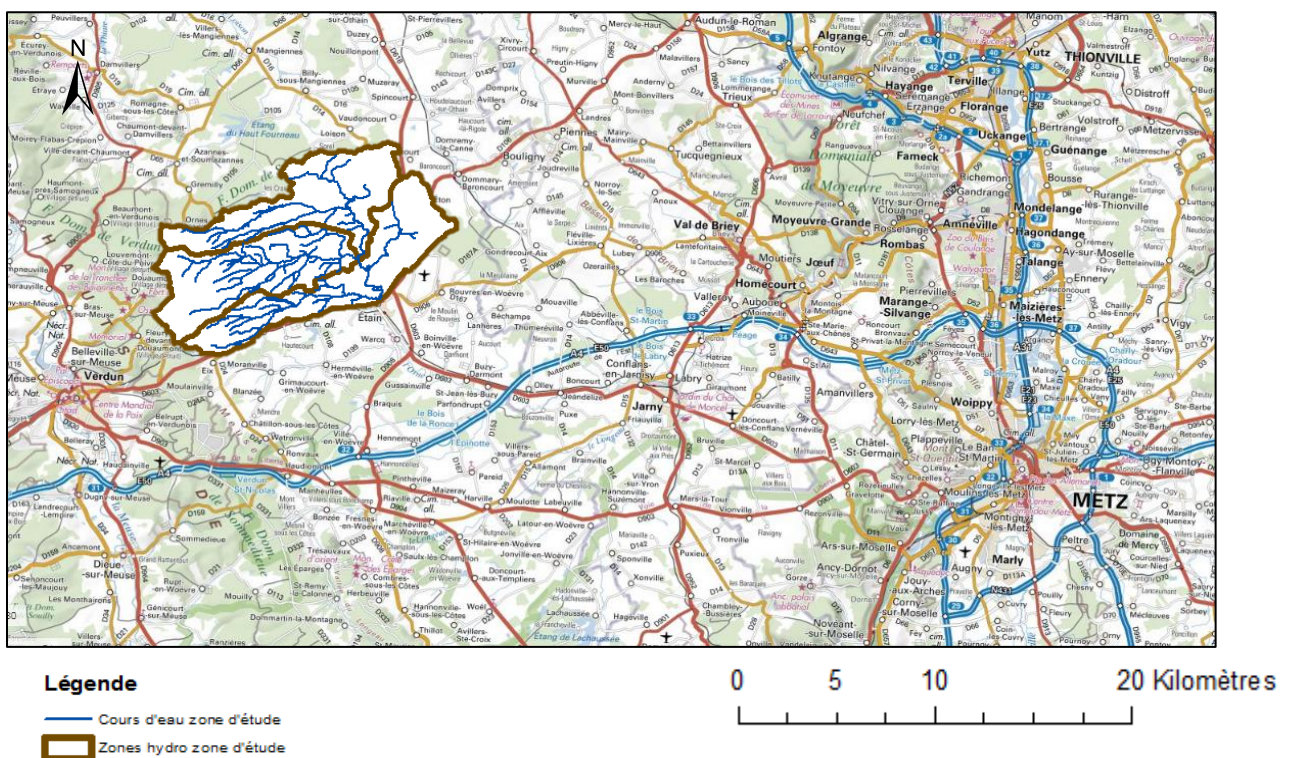


Figure 24 : Localisation globale du bassin versant étudié (Source : SIG 20/05/2019)

2. Hydrographie

Une majeure partie du bassin versant se trouve en contexte de plaine avec des cours d'eau à faible pente, sur substrat à dominante argileuse et donc avec des capacités morphogènes peu élevées. A l'Ouest du bassin, sur les côtes de Meuse, les pentes sont plus fortes et la géologie est davantage calcaire, la puissance spécifique des cours d'eau est plus forte. Cette zone, également plus forestière, regroupe une grande partie des têtes de bassin versant de l'Orne. Beaucoup de ces sources sont aujourd'hui captées pour alimenter les réseaux en eaux potable ce qui réduit le volume d'eau disponible au cours de l'année pour les ruisseaux et rivières de la zone.

Sur ce bassin versant, le réseau hydrographique de la nouvelle base créée à partir des documents anciens comporte un linéaire total de cours d'eau d'environ 187,4 Km. Un apport de 24 % est ainsi observé par rapport à BD_CARTHAGE qui totalise 142,3 Km de cours d'eau. A titre d'information la base BD_TOPO_Courdo totalise un linéaire de cours d'eau de 191 Km sur ce même périmètre.

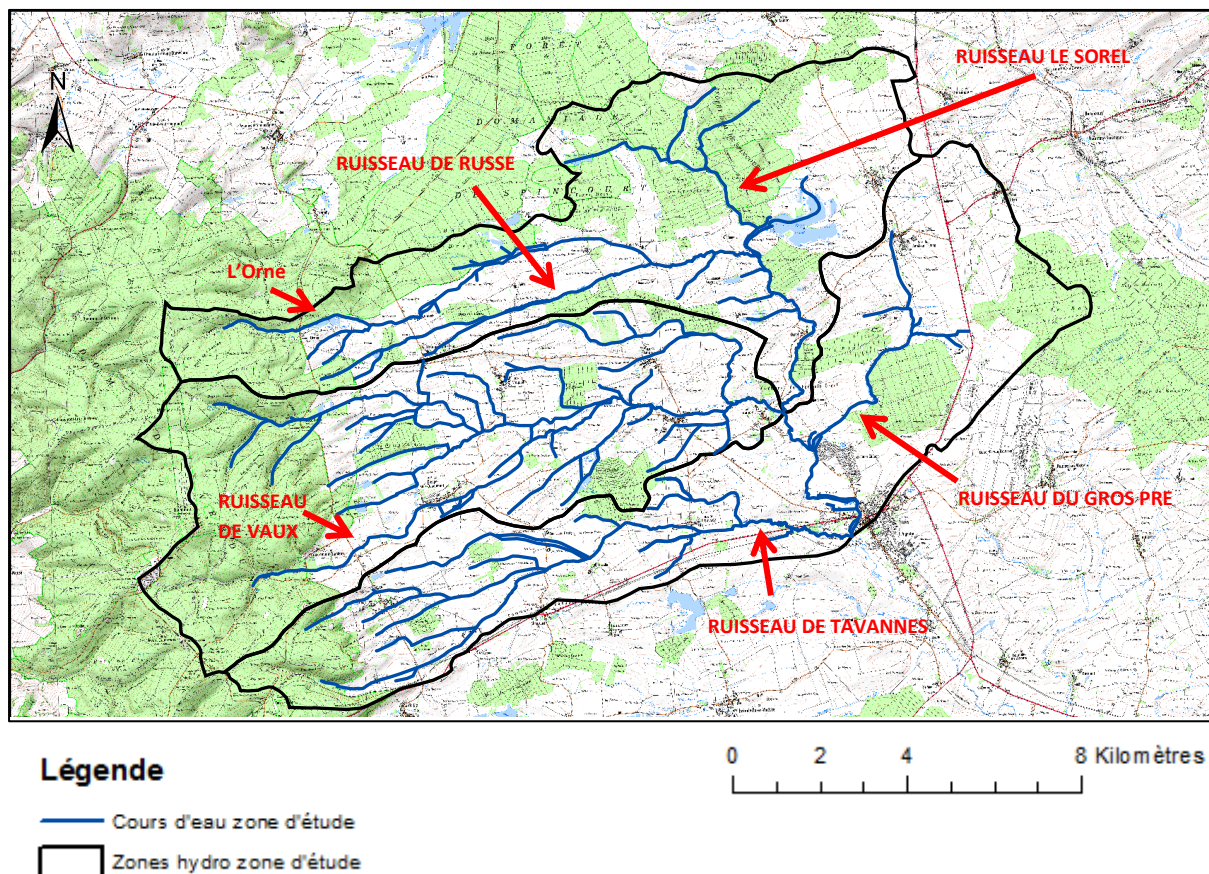


Figure 25 : Localisation du réseau hydrographique sur la zone d'étude (source : SIG 22/05/2019)

Sur la zone d'étude, on recense également de nombreux plans d'eau dont certains grands étangs comme l'étang d'Amel. Cet étang a été créé par les moines au XII^e siècle. Ils y élevaient des poissons pour leur consommation. La pisciculture a alors perduré durant des siècles et est toujours active aujourd'hui. L'étang d'Amel est l'un des derniers étangs ayant gardé des caractéristiques sauvages de la zone. Les grandes roselières qui le constituent forment une niche pour une grande diversité d'espèces (oiseaux, rongeurs, poissons, insectes...) formant une biodiversité riche sur le secteur. Le site est ainsi classé en Réserve Naturelle Régionale.

3. Géologie, relief et climat

La géologie et le relief sur la zone d'étude sont intéressants à étudier car ils nous renseignent sur les exploitations des sols et ils montrent ainsi indirectement les impacts de l'anthropisation sur les cours d'eau pour favoriser ces exploitations. Des zones plutôt agricoles sont ainsi présentes sur les parties de plaine, ce qui entraîne un contexte agricole souvent intensif sur une grande partie du secteur. Cette zone agricole est caractérisée par un sol dominé par les argiles, très imperméables, ce qui a conduit à la mise en place de drains artificiels dans les parcelles. Sur cette zone, l'eau a des difficultés à s'infiltrer par rapport à la zone plus calcaire et marno-calcaire sur l'ouest du périmètre

d'étude. Sur ce secteur calcaire des côtes de Meuse, certains cours d'eau sont ainsi temporaires et peuvent ainsi se trouver naturellement en assec pendant les périodes sèches. Complètement à l'Est de la zone d'étude, on trouve une formation géologique appelée la dalle d'Etain formée majoritairement de calcaire du Bathonien, mais peu de cours d'eau sont présents sur cette formation. Sur le territoire, les cours d'eau sont alimentés majoritairement par des sources en tête de bassin versant. Ces sources sont elles-mêmes alimentées au printemps par la fonte de neige qui peut être importante dans certaines zones de côtes du territoire, mais plus régulièrement par des précipitations tout au long de l'année avec une période estivale plus sèche entraînant la mise à sec de certains petits affluents de tête de bassin. Ce régime caractérise donc un climat de type océanique dégradé à nuances continentales. (Carte Annexe 5)

4. Occupation du sol : un territoire rural

Comme présenté précédemment, le secteur comporte plusieurs contextes différents liés à l'occupation du sol. Les terres agricoles, largement dominantes, et les forêts, essentiellement à l'Ouest sur les côtes de Meuse, composent la majeure partie du territoire. Les zones urbaines, d'étangs et humides représentent en revanche une proportion plus faible sur le secteur. A l'échelle du bassin versant étudié, l'occupation du sol se compose de 6 grandes entités.

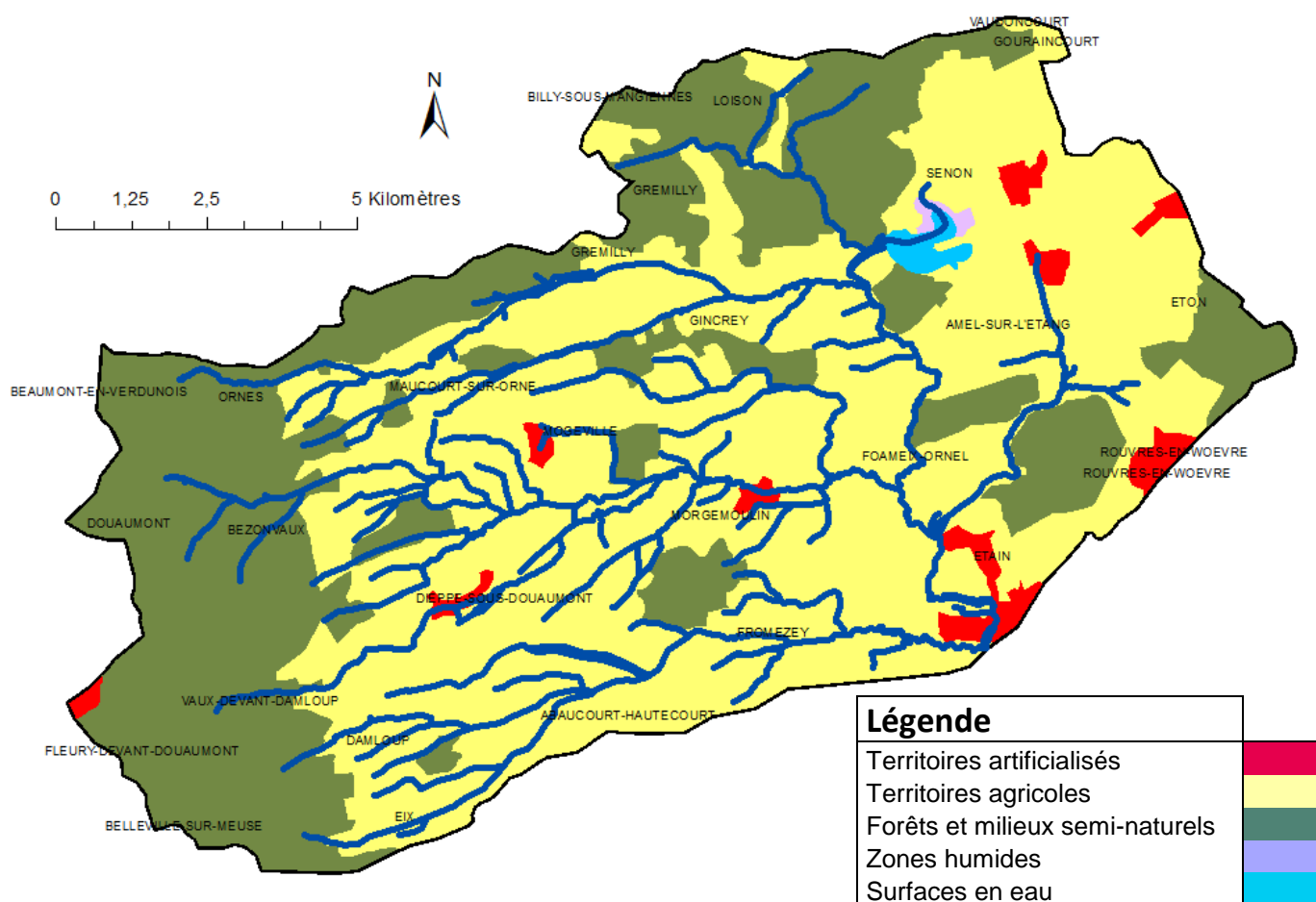


Figure 26 : Carte représentant l'occupation du sol du secteur d'étude (Source : Corine Land Cover 2018 : SIG 22/05/2019)

Désignation	Surface (ha)	%
Territoires artificialisés	386,85	2,4
Territoires agricoles	9912,59	60,6
Forêts et milieux semi-naturels	5938,56	36,3
Zones humides	29,96	0,2
Surfaces en eau	82,94	0,5
Total	16350,91	100

Figure 27 : Tableau des différents types d'occupation du sol en 5 classes distinctes

L'étude de l'occupation du sol de la zone met bien en évidence le caractère agricole du secteur d'étude avec près de 61% de la superficie totale occupée par des prairies et des cultures. La caractérisation des différentes pratiques agricoles sur le territoire est intéressante pour l'étude des cours d'eau, avec notamment la différenciation de la proportion de terres labourées et cultivées par rapport aux prairies permanentes qui sont moins susceptibles d'avoir été drainées.

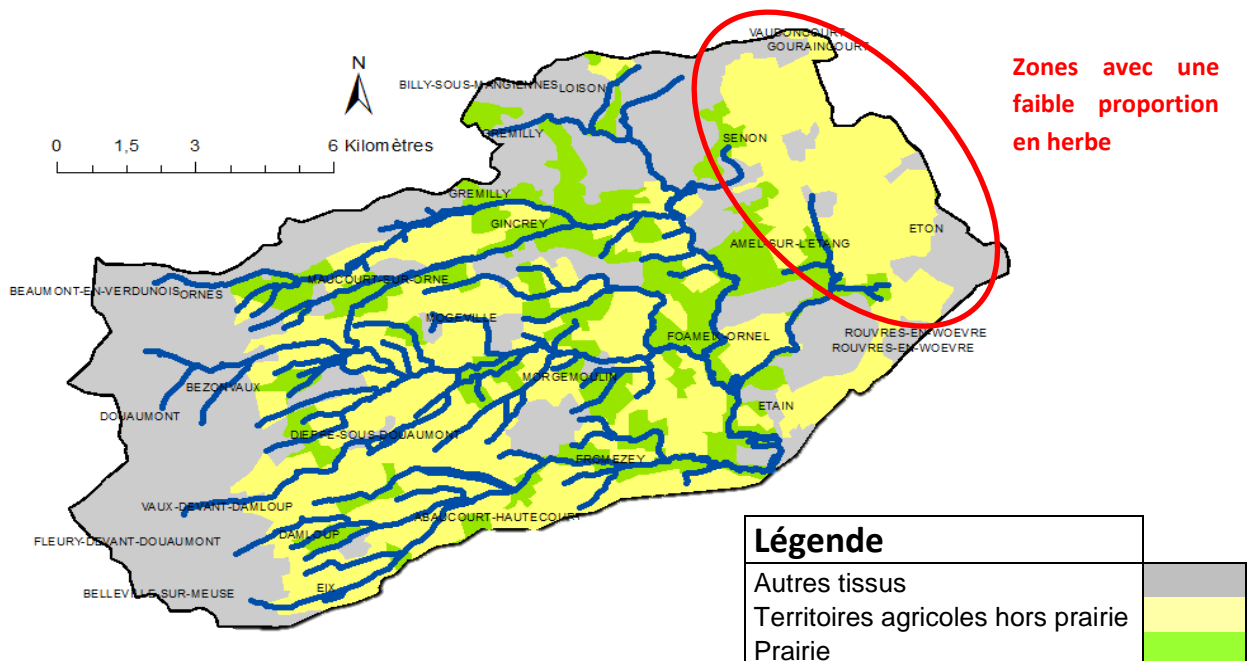


Figure 28 : Caractérisation sommaire des surfaces agricoles sur la zone d'étude (Source : Corine Land Cover 2018 : SIG 23/05/2019)

Désignation	Surface (ha)	%
Autres tissus	6438,31	39,4
Territoires agricoles hors prairie	6887,70	42,1
Prairie	3024,89	18,5
Total	16350,91	100

Figure 29 : Tableau des différents types d'occupation du sol en 3 classes distinctes

La proportion de surface toujours en herbe s'élève à près de 19 %. Cette occupation du sol par les prairies est globalement répartie de façon homogène sur l'ensemble du territoire, même si on constate une présence de prairies plus fréquente à proximité des cours d'eau (fond de vallée). A l'Est du territoire, une zone exclusivement en culture est présente sans trace de prairie, cela est

certainement dû à la présence de terre assez bien drainées naturellement, situées sur la dalle d'Étain, calcaire infiltrant l'eau plus facilement que les argiles de la Woëvre.

Cette analyse des différentes pratiques agricoles a permis de mettre en avant la forte proportion de grandes cultures sur la zone par rapport aux parcelles qui restent en herbe. Le caractère probablement marécageux de la zone au niveau de la plaine argileuse a conduit les agriculteurs à mettre en place de nombreux drains permettant de cultiver des zones très humides auparavant, et cela peut être même depuis plusieurs siècles. Cette mise en place de drains s'est accompagnée au 20^e siècle de lourds travaux hydrauliques sur les réseaux secondaires et tertiaires des cours d'eau présents sur le secteur tels que des rectifications et recalibrages qui ont conduit à une homogénéité marquée des cours d'eau du secteur de plaine (la distinction entre cours d'eau et fossés est parfois très complexe sur ce secteur).

5. Actions déjà réalisées

Les études réalisées depuis les années 2000, en particulier portées par la communauté de communes du Pays d'Étain, ont abouti à différentes actions sur la zone. Les travaux ont débuté par le cours de l'Orne avec la gestion de la végétation (entretien et plantations de ripisylve) et la mise en place de clôtures sur les parcelles pâturées. Les chantiers se sont ensuite orientés vers les affluents principaux puis secondaires avec notamment des effacements de seuils et de petits ouvrages hydrauliques (buses) ainsi qu'avec des mises en place de banquettes, pour resserrer le lit mineur à l'étiage, en particulier dans les zones urbaines lorsque l'emprise foncière ne permet pas un reméandrage plus complet.

B. Etats des lieux du réseau hydrographique

1. Ripisylves

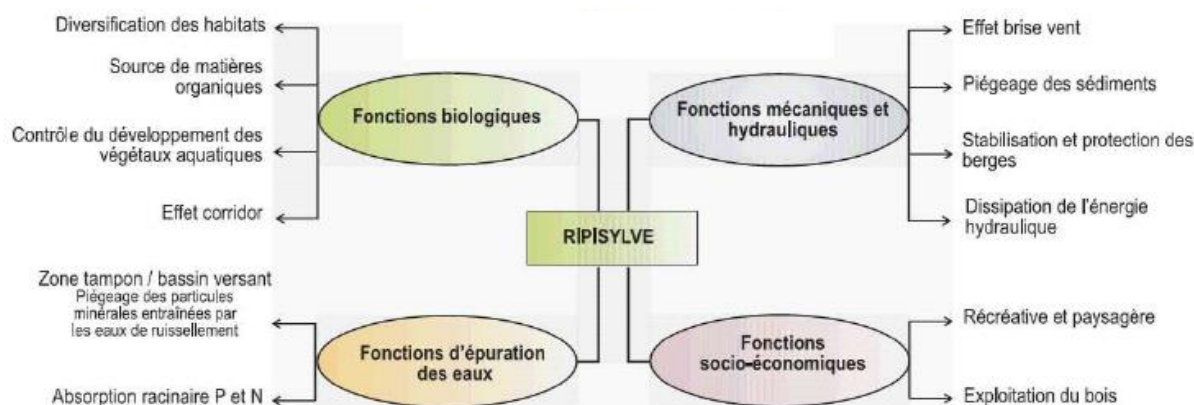


Figure 30 : Représentation des rôles de la ripisylve [4]

Concernant la végétation rivulaire, la ripisylve observée est très hétérogène dans les différents secteurs du bassin amont de l'Orne (de côtes, de plaines et d'étangs). En revanche, au sein de chaque secteur, elle présente un caractère très homogène.

Dans le secteur de côtes, à l'ouest de territoire, la forêt permet de maintenir une ripisylve dense aux abords des cours d'eau, qui favorise le maintien des berges par des systèmes racinaires bien développés et solides grâce à la présence de strates arborescentes et arbustives. Cette ripisylve

fonctionnelle ne suit toutefois pas les cours d'eau sur de longs linéaires, elle laisse rapidement place, dès que la géologie et le relief permettent l'exploitation agricole, à une ripisylve plus clairsemée en prairies/pâtures et en zones cultivées.

Au sein des zones de grandes cultures, une grande proportion de cours d'eau se retrouve dépourvue de ripisylve. Cette caractéristique favorise le développement de végétation annuelle (graminées, végétations aquatiques,...) ce qui a pour conséquence de combler rapidement les lits mineurs des cours d'eau et les embouchures de drains posés dans les différentes parcelles. Une analyse réalisée par SINBIO en 2012 sur le territoire démontre que près de 70% des cours d'eau se situant dans la plaine sont dépourvus de ripisylve. (Localisation de la ripisylve Annexe 6)

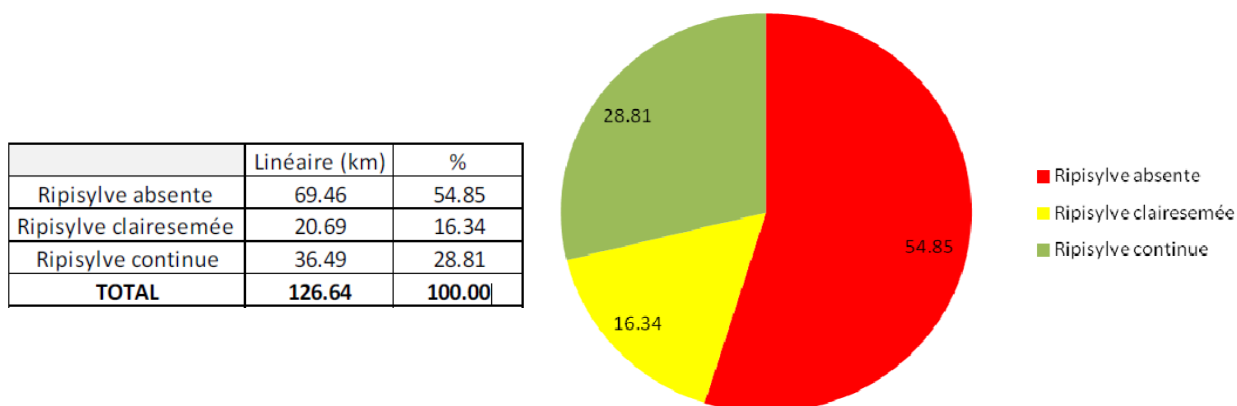


Figure 31 : Densité de la ripisylve sur les ruisseaux du Russe, de Vaux, de Bezonvaux et du Marais [29]

L'étang d'Amel regroupe une diversité de végétations importantes par rapport au reste de la zone. Cette diversité est due au caractère protégé de la zone et aux nombreuses zones humides contournant l'étang. D'autres étangs, de plus petite taille, sont présents sur le bassin amont de l'Orne. Ils se situent pour la plupart dans des secteurs forestiers, soit en limite du secteur des côtes soit sur des bois encore présents dans la zone de plaine.



Figure 32 : A gauche ripisylve fonctionnelle en contexte forestier, au centre absence de ripisylve en zone de grandes cultures, à droite ripisylve clairsemée en prairies

Pour les cours d'eau ne présentant pas ou très peu de ripisylve, la régénération d'une végétation fonctionnelle reste complexe. En effet, par la morphologie de leurs berges avec des pentes abruptes, et des hauteurs de talus assez importantes, le retour spontané d'une végétation rivulaire est limité voire impossible. Le caractère abrupt des berges résulte, pour la plupart des cours d'eau, des

différents travaux hydrauliques (recalibrages, curages,...) qui ont été réalisés sur leurs lits. Sur certains secteurs dépourvus de ripisylve, les berges ne sont pas maintenues et subissent une érosion importante lors des crues morphogènes pour des débits de plein bord, ce qui complexifie également l'implantation naturelle de ripisylve. (Clichés de ripisylves du secteur : Annexe 7)

2. Disparition de cours d'eau

Au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, des travaux d'aménagements hydrauliques sur les parcelles agricoles ont été menés à large échelle, en lien notamment avec les nombreux remembrements fonciers. Ces travaux avaient pour but d'augmenter la surface des terres cultivables et de faciliter le travail sur les parcelles. Une des actions réalisées pour atteindre ces objectifs était de remblayer ou de buser (mettre dans un tuyau) les lits mineurs des cours d'eau qui n'étaient pas en eau toute l'année ou avec un très faible écoulement. Cette opération, supprimant toute fonctionnalité écologique de la rivière, a été fréquente sur les têtes de bassin versant, entraînant souvent une disparition simultanée des zones de sources. Dans certains cas, les cours d'eau ont alors été busés sur une grande partie voire sur l'ensemble de leur linéaire. Pour d'autres cas, aucune trace de buse n'est présente sur le secteur, un remblai brut a certainement eu lieu directement dans le lit. Au-delà des nombreux dysfonctionnements hydrauliques et hydromorphologiques observés, ces aménagements condamnent toute forme de biodiversité aquatique.

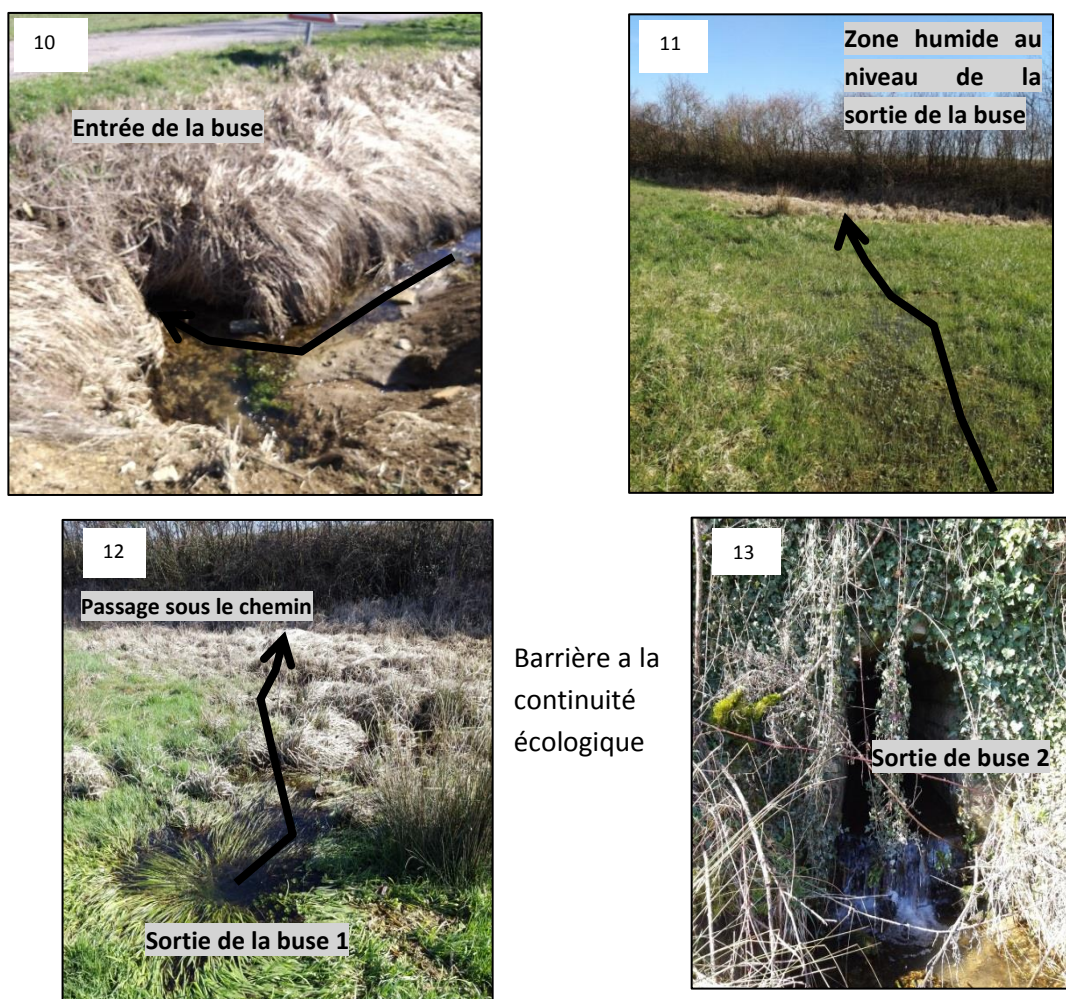


Figure 33 : Présentation d'un cours d'eau busé sous plusieurs parcelles (Source : Photos 21/03/2019)

Les buses, de longueur variable, sont souvent utilisées pour des traversées de cours d'eau, sous les réseaux routiers, les chemins agricoles et à l'entrée des propriétés privées. Elles substituent au fond du cours d'eau son caractère d'habitat pour de nombreuses espèces, leurs mises en place entraînent donc de forts déséquilibres hydrauliques et écologiques :

- Pour la plupart, elles sont mal positionnées ce qui entraîne une chute à leur sortie donc une rupture de la continuité écologique des cours d'eau ;
- La chute peut provoquer une érosion du lit donc son encaissement en aval ;
- Elles peuvent être facilement encombrées ce qui provoque des débordements ;
- La fonction d'autoépuration du cours d'eau disparaît au sein de l'ouvrage ;
- La valeur paysagère et l'existence même du cours d'eau sont supprimées.

Il est à noter que certaines zones urbaines génèrent également des passages couverts/busés, mais en général de longueur plus restreinte que dans les parcelles agricoles sur lesquelles plusieurs kilomètres de ruisseaux peuvent être « enterrés ».

3. Ajustements du lit mineur

En parallèle des busages et enterrements de cours d'eau, des travaux de modifications des lits mineurs ont été réalisés afin d'assécher les terrains en conduisant l'eau plus rapidement vers l'aval, par l'augmentation de la surface du profil en travers du cours d'eau (souvent amené vers une section plus géométrique en « U ») et/ou par le déplacement des cours d'eau en limite de parcelles agricoles pour faciliter leurs exploitations. Ces travaux de recalibrage et/ou de rectification ont souvent engendré une augmentation significative des gabarits des lits et une perte de méandres et de la sinuosité des cours d'eau.

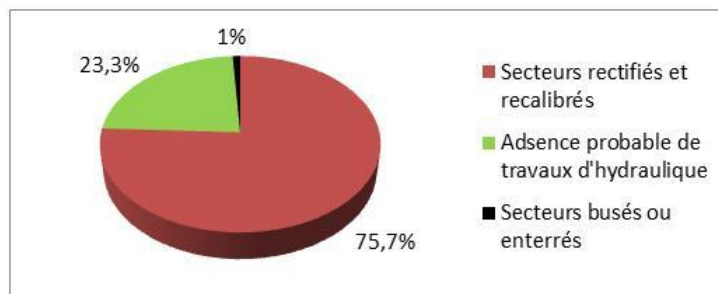
Ces aménagements, souvent couplés à une suppression de ripisylve, ont modifié les caractéristiques hydrauliques et écologiques des cours d'eau voire des bassins versants, et plusieurs phénomènes et impacts sont aujourd'hui observables :

- Une augmentation du flux dans le lit mineur avant débordement ce qui entraîne un volume plus conséquent à traiter en aval lors de hautes eaux (aggravation des pics de crues) ;
- Des phénomènes d'érosion entraînant l'incision du lit du cours d'eau et abaissant en même temps la hauteur de la nappe qui l'accompagne et une déconnexion des milieux humides annexes au cours d'eau ;
- Des phénomènes d'envasement de cours d'eau dans des gabarits sur-élargis avec des dépôts qui ne peuvent plus être évacués naturellement, ce qui favorise l'implantation de la végétation dans le lit mineur et engendre parfois un comblement des drains agricoles, d'où la nécessité de curages au sein des cours d'eau ;
- Une perte des atouts écologiques (exemple : zone de frayère, colmatage des substrats graveleux) que pouvaient avoir ces zones auparavant.

Des travaux d'hydrauliques ont été opérés sur la majeure partie de la zone d'étude. Il s'agit, pour la plus grande partie d'entre eux, de travaux de rectification et de déplacement de cours d'eau. Une estimation peut être faite à environ 80-85% du linéaire recalibré et rectifié, auquel s'ajoute entre 1 et 5 % de linéaire busé ou enterré. Ces résultats, émis par observation sur le terrain, sont confirmés au sein de l'étude réalisée en 2012 sur le secteur et qui recoupe une grande partie de la zone d'étude.

Les modifications apportées à ces cours d'eau s'avèrent être efficaces à court terme pour évacuer l'eau. En revanche, il est important de préciser que la zone d'étude est en grande partie située en zone de plaine argileuse avec des pentes et des débits très faibles, donc avec une puissance spécifique¹ limitée et une capacité d'auto-restauration quasi nulle, ce qui favorise d'autant plus l'envasement de ces cours d'eau après rectification. (Annexe 8 et Annexe 9)

Figure 34 : Analyse des travaux d'hydraulique sur le secteur de l'étude de SINBIO (valeurs : [29])

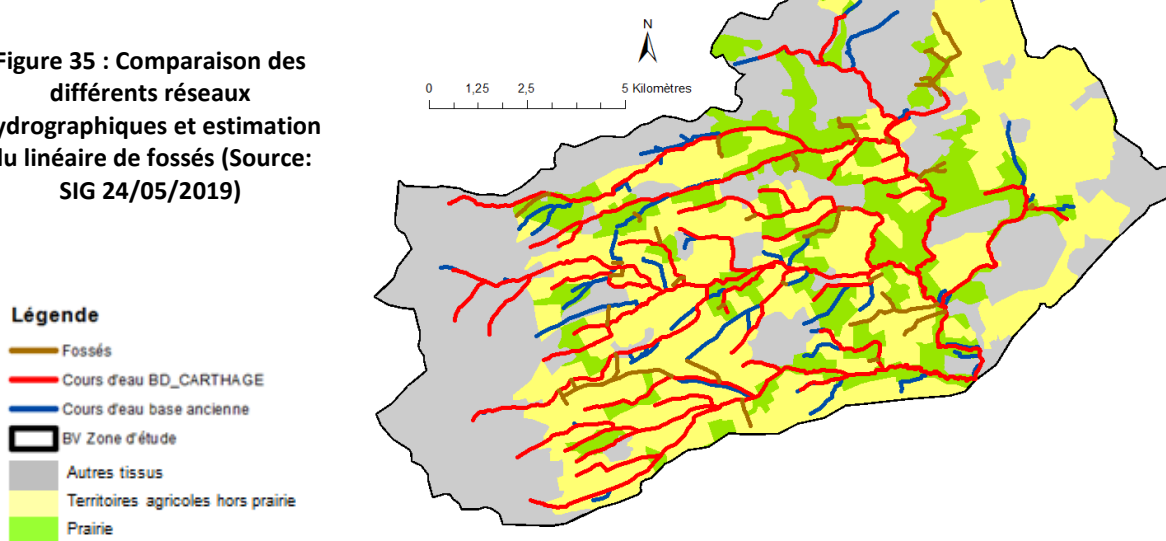


4. Créations de fossés

Sans qu'il soit toujours évident de les dater, de nouveaux chenaux pour évacuer l'eau ont été également créés dans les parcelles agricoles. Leur localisation est complètement artificielle, on parle de fossés (agricoles). Sur le secteur d'études, de nombreux drainages ont été mis en place et ont imposé la création de fossés pour recevoir les exutoires de drains, en l'absence de cours d'eau.

En considérant que, sur la zone, les tracés de cours d'eau décrits par BD_Topo_Courdo correspondent pour la plupart à des cours d'eau ou des fossés (aucun canal n'est présent) et sachant que la base de données créée à partir du document ancien reprend le réseau hydrographique des années 1860, il est alors possible d'émettre l'hypothèse que les éléments retrouvés sur BD_TOPO_Courdo et absents de la nouvelle base sont en grande partie des fossés créés artificiellement. Sur la zone d'étude, le linéaire de fossés estimé par cette méthode est d'environ 26 Km. Cette longueur représente environ 12% du linéaire total de cours d'eau et fossés confondus.

Figure 35 : Comparaison des différents réseaux hydrographiques et estimation du linéaire de fossés (Source: SIG 24/05/2019)



¹ La puissance spécifique $[(9800 \times \text{pente} \times \text{débit}) / \text{largeur}]$ est un paramètre souvent explicatif du style fluvial et de la vitesse des processus morphodynamiques. [5]

Ces fossés présentent aujourd'hui un intérêt hydraulique dans la gestion des parcelles agricoles. En ce sens, il n'est pas question de les combler pour revenir à un état du 19^e siècle lorsque ces chenaux n'existaient pas. En revanche, il serait intéressant d'évaluer la possibilité de les utiliser et d'optimiser leur fonctionnement afin qu'ils puissent constituer des milieux (humides) intéressants. Ces fossés peuvent par exemple être aménagés pour permettre une « pré autoépuration » des eaux et pour freiner les flux les traversant avant de rejoindre les milieux plus « naturels » (cours d'eau), fonctionnant comme des ZTVA (Zones Tampons Végétalisées en sortie de drains Agricoles). « L'objectif, dans des secteurs agricoles largement drainés, est de pouvoir proposer des solutions techniques permettant d'interrompre les réseaux de drainage existants à 5 mètres au minimum du cours d'eau récepteur, sur une largeur qui correspond à l'emprise minimale de la bande enherbée. Dans cet espace, il est proposé d'aménager l'exutoire des drains par la création de zones tampons humides artificielles qui peuvent être une combinaison de zones surfaciques (mares) ou linéaires (chenaux ou noues) permettant le transit de l'eau jusqu'au cours d'eau tout en créant un milieu potentiellement intéressant d'un point de vue biologique.» (Source : Fiche agence sur les ZTVA) (Annexe 10)



Figure 36 : Sortie de drain agricole sur la zone d'étude (Source : Photos 02/05/2019)

Il est à noter que certains cours d'eau répertoriés dans le document ancien ont été façonnés tels des fossés, afin de récupérer l'eau d'un nombre important de drains des parcelles agricoles avoisinantes. Cette configuration est observable à plusieurs endroits du secteur d'étude.

C. Principales évolutions observées sur le bassin versant

1. Les étangs en barrage

Sur le secteur d'étude, différentes caractéristiques de cours d'eau sont dépendantes de la présence d'étangs sur le tracé même de ces cours d'eau. Plusieurs zones sont aujourd'hui dans ce cas de figure, comme par exemple au niveau de l'étang d'Amel situé au Nord-est du bassin versant ou plus à l'ouest à la limite des côtes de Meuse comme les étangs de Bezonvaux.

Le secteur de l'étang d'Amel se situe dans un contexte de plan d'eau depuis le 12^e siècle en lien avec la création de la pisciculture par les moines. Les caractéristiques des cours d'eau associés à cet étang sont comparables à d'autres cours d'eau présents dans ce même contexte et peuvent donc être analysés conjointement pour déceler d'éventuels changements sur les caractéristiques de leur lit mineur.

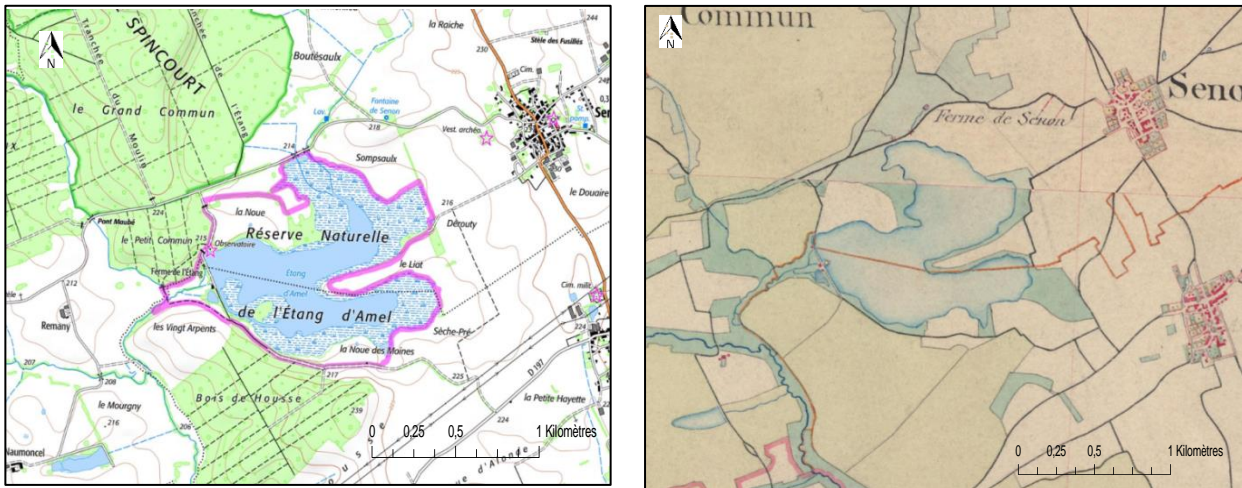


Figure 37 : Présentation de la zone actuelle et ancienne de l'étang d'Amel (Source : Géoportail)

Certains secteurs présentent actuellement des étangs qui n'existaient pas au 19^e siècle, selon la carte de l'Etat-major. Ce sont alors de nouveaux étangs très probablement créés au cours du 20^e siècle. Les caractéristiques physiques et hydrauliques des cours d'eau en question ont fortement changé avec la mise en place du nouveau plan d'eau comme par exemple sur le secteur de Bezonsvaux, au niveau des étangs de Chappe et sur de nombreuses zones témoignant de la création plus récente de plan d'eau.

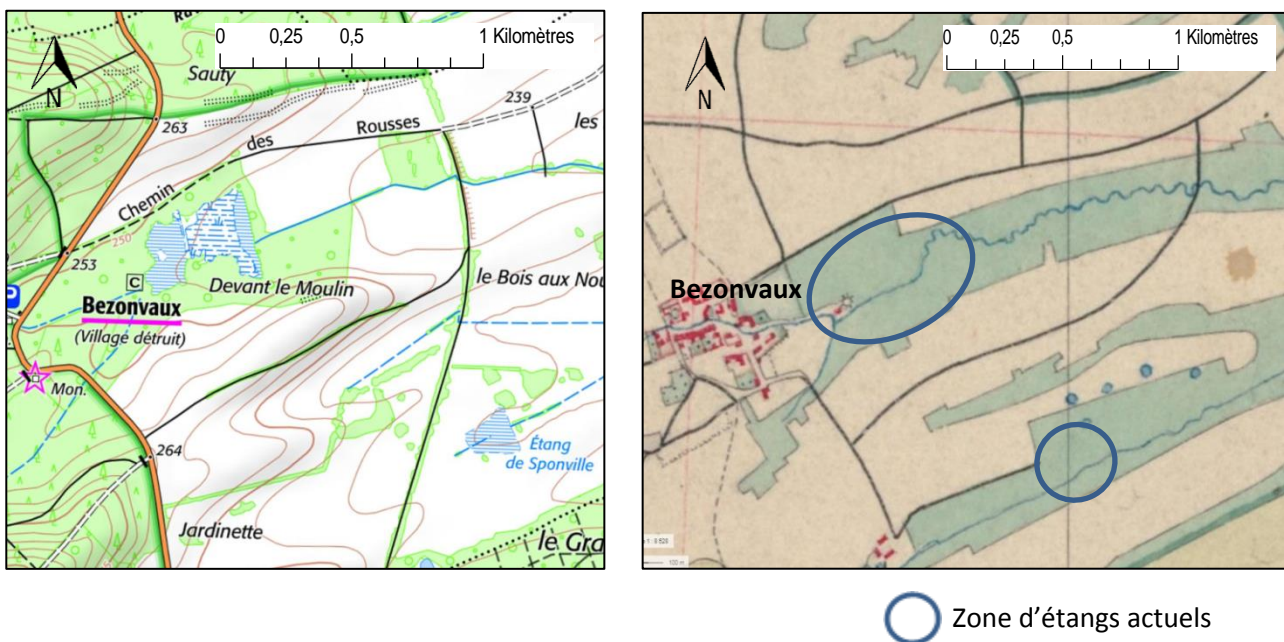
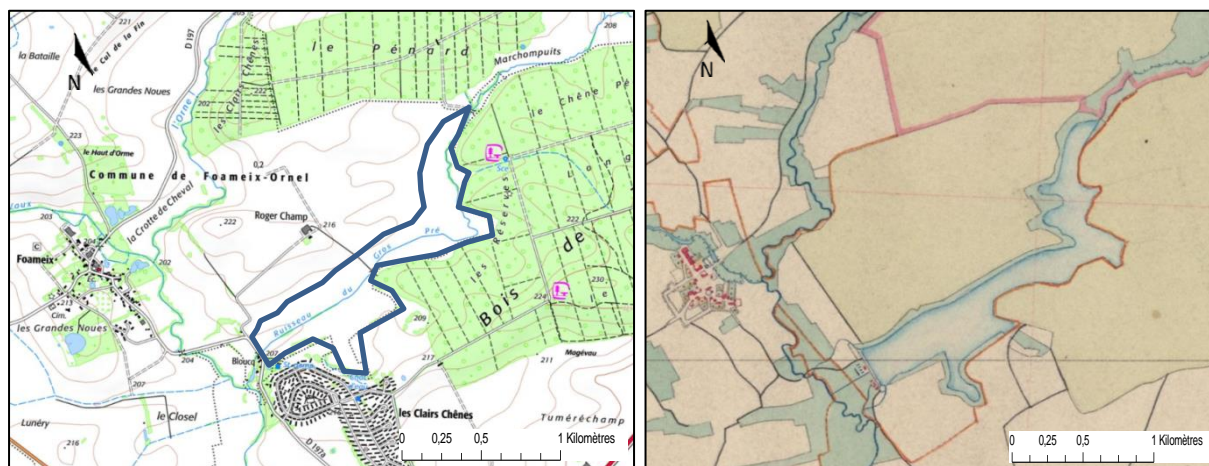


Figure 38 : Présentation du secteur de Bezonsvaux (Source : Géoportail)

A l'inverse, certaines zones étaient dotées d'un ou plusieurs plans d'eau au 19^e siècle mais ils n'existent plus actuellement. Dans ce cas, les caractéristiques des cours d'eau ont également été modifiées, retrouvant potentiellement une configuration plus proche d'un état hydromorphologique de référence (sous réserve d'autres travaux réalisés au courant du 20^e siècle). C'est le cas par exemple de la zone située à l'aval du Ruisseau du Gros Pré à Foameix.



○ Zones d'étangs anciens

Figure 39 : Présentation du secteur du Ruisseau du Gros Pré (Source : Géoportail)

L'ensemble des zones du secteur ayant subi des modifications avec la création ou la suppression d'étangs est présenté en Annexe 11.

Il est observable, sur le secteur d'études, une proportion assez élevée de plans d'eau présents actuellement et au 19^e siècle. En effet, 54% de la superficie totale d'étang en barrage sur la zone d'étude sont dans cette configuration. Une surface d'environ 120 ha de plans d'eau a aujourd'hui été mise à sec et les cours d'eau ont potentiellement retrouvé un lit moins aménagé dans le fond de vallée qui accueillait précédemment l'étang. Cette superficie correspond à 36% de la superficie totale des plans d'eau en barrage sur le bassin versant. Cette part assez élevée est due en particulier à la présence d'un vaste ancien étang situé sur le Ruisseau du Gros Pré présenté ci-dessus

2. Evolution du réseau hydrographique et cours d'eau disparus

L'inventaire du 19^e siècle apporte différents renseignements par les mesures qui ont été réalisées sur les cours d'eau. Ces renseignements concernent les caractères physiques des rivières en décrivant le profil en long (pentes, longueurs...), le profil en travers (section mouillée, largeur...) et l'hydrologie avec les données de débits d'étiages, débits des eaux ordinaires et débits de crues. De par les travaux consacrés à la recherche des cours d'eau sur le terrain, les ingénieurs des Ponts et Chaussées ont donné également des renseignements permettant de géolocaliser ces cours d'eau, comme des villages, des noms de fontaines, des lieux dits...

Une très large part des cours d'eau représentés sur BD_Carthage (environ 90%) trouve une correspondance dans le document ancien. A l'inverse, ce document apporte environ 20% de linéaires supplémentaires à cette base de données existante et largement utilisée par les gestionnaires de milieux aquatiques. Sur les 40 cours d'eau ajoutés à la base de données sur le secteur d'études,

Ces caractéristiques anciennes décrites dans l'inventaire du 19^e siècle sont sans doute dans une grande majorité des éléments mesurés sur le terrain, donc observés par les ingénieurs en charge des recensements dans les différents départements. En revanche, certaines de ces valeurs, en particulier pour les débits, ne sont pas des valeurs mesurées mais calculées, comme décrit précédemment lors de la présentation des documents anciens. Ces valeurs calculées sont toutefois établies à partir de mesures sur le terrain, elles sont donc directement liées aux observations de l'époque. Même s'il ne faut pas leur accorder une précision centimétrique, on peut donc considérer que les informations disponibles représentent alors assez bien les conditions hydromorphologiques des cours d'eau à la fin du 19^e siècle.

Comme indiqué précédemment, le document ancien recense des cours d'eau qui ne sont actuellement plus présents sur le terrain. Ces cours d'eau ont soit été busés (via un réseau de tuyaux) soit été remblayés par l'apport de matériaux directement dans le lit. Une étude cartographique couplant des photos aériennes à la localisation des cours d'eau décrits à la fin du 19^e siècle mais non présents sur BD_Carthage a permis de localiser les cours d'eau qui semblent avoir disparu sur le terrain. Cette analyse a permis de mettre en évidence 41 cours d'eau pour lesquels une grande partie du linéaire n'est plus observable actuellement. Suite à plusieurs sorties terrains sur le secteur, 18 de ces cours d'eau ont été validés comme disparus par remblai direct dans le lit ou par mise en place de buses. La carte présentée ci-dessous montre les linéaires de cours d'eau classés comme non visibles actuellement, certainement remblayés ou busés suite aux observations terrains.

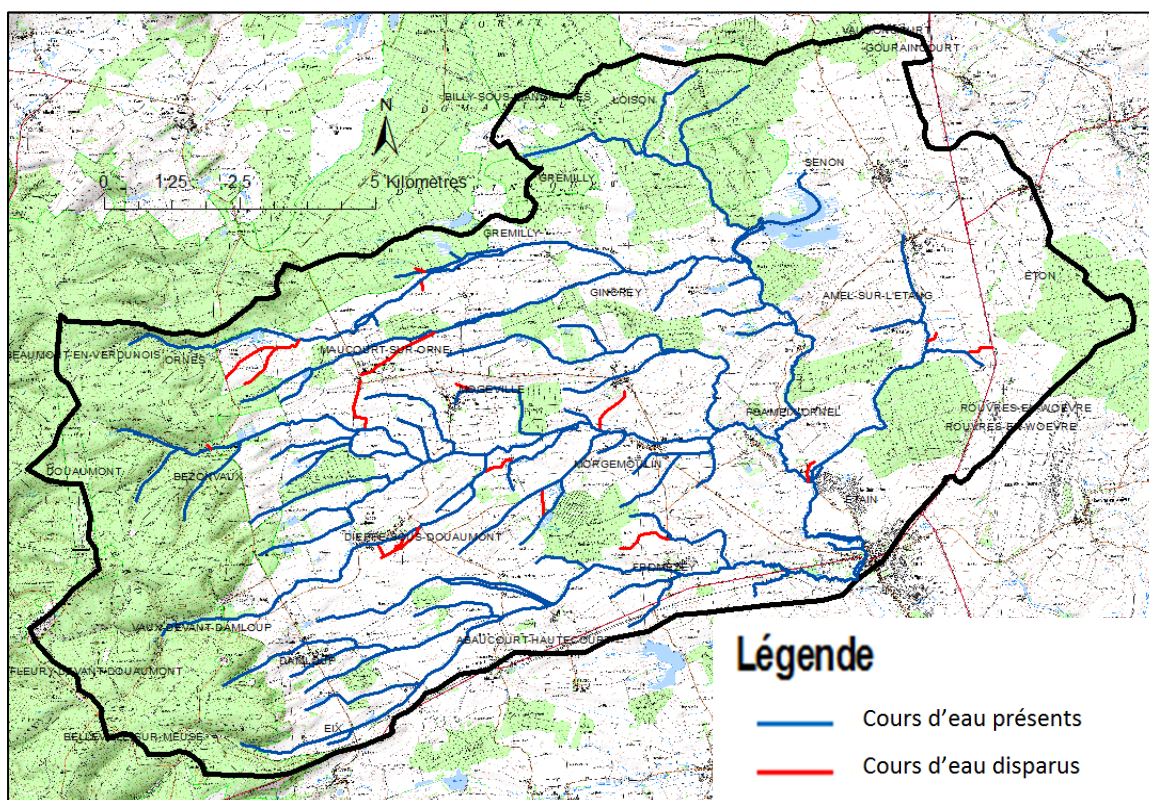


Figure 42 : Localisation des cours d'eau disparus sur le secteur d'étude (Source : SIG 06/06/2019)

Les raisons de ces disparitions de cours d'eau sont multiples. La plus répandue est liée à l'exploitation agricole des parcelles en grandes cultures. Un linéaire important de ces cours d'eau a en effet disparu suite à la mise en place de buses sous les parcelles ou de remblais directement dans

leurs lits pour permettre d'augmenter les surfaces cultivables et donc d'étendre les productions, ainsi que pour faciliter les accès et la circulation des engins dans les parcelles. Une seconde raison moins fréquente est liée à l'élevage, qui a également provoqué la suppression de certains linéaires de cours d'eau. En effet, l'absence de ripisylve permettant aux animaux de grande taille et assez lourds (bovins) d'aller s'abreuver dans les cours d'eau a induit un sur-piétinement des zones rivulaires, ce qui a entraîné progressivement la destruction des berges puis la disparition des lits mineurs de cours d'eau. On peut enfin noter que certaines rivières ont été enterrées sous des zones urbaines mais cela représente des linéaires relativement limités sur la zone d'étude où les villages sont de très petite taille. Le linéaire couvert est alors souvent restreint n'entraînant pas la disparition de l'ensemble du cours d'eau.

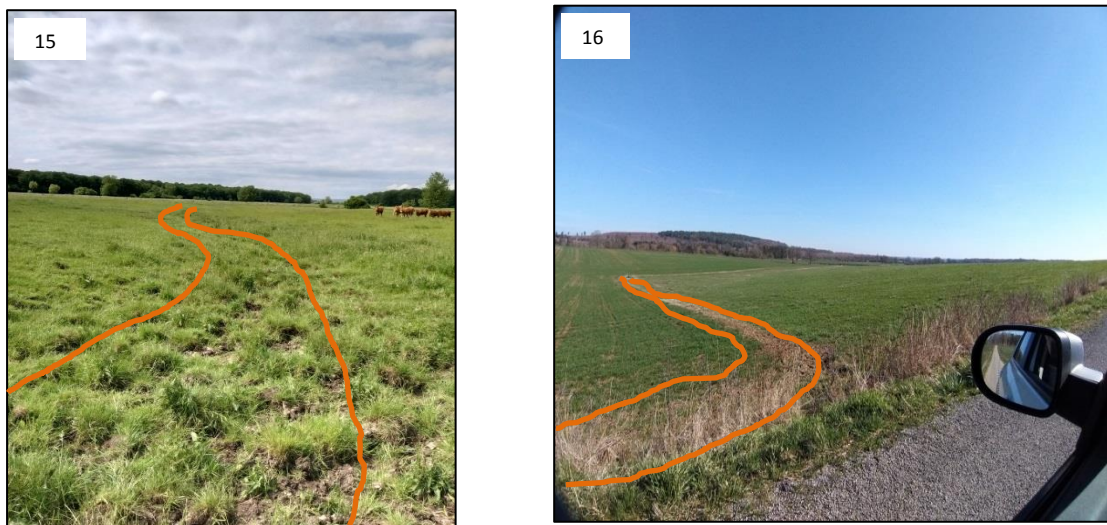


Figure 43 : Exemples de cours d'eau disparus : à gauche en cours de suppression suite à un sur-piétinement du bétail, à droite disparition suite à un remblai (source : Photos 28/03/2019)

L'objectif principal de ces remblais de cours d'eau est, comme précisé précédemment, d'augmenter les surfaces cultivables et de faciliter l'activité agricole. Sur certains secteurs, avec des ruisseaux probablement busés, l'opération présente une certaine efficacité dans la mesure où plus aucune trace de cours d'eau n'est présente et le fond de talweg semble être cultivable sans contrainte particulière. En revanche pour d'autres secteurs, le fond de talweg continue à transporter de l'eau, en particulier en période de hautes eaux ou lors d'épisodes pluvieux intenses (orages), ce qui entraîne, avec cet écoulement, des phénomènes de forts ruissellements puis d'érosions et de dépôts de sédiments dans la parcelle qui rendent l'exploitation agricole complexe. Sur le bassin amont de l'Orne, ce constat a été observé à de nombreuses reprises sur le terrain, notamment au printemps avec des événements pluvieux importants qui ont conduit à de forts ruissellements dans les parcelles quand la végétation doit s'y implanter pour des cultures de printemps comme le maïs.

Ce sont alors des zones où les cultures sont peu intéressantes et elles pourraient être traitées en priorité en matière de restauration de cours d'eau pour retrouver un équilibre hydraulique et hydromorphologique avec des écoulements et des transports de sédiments adaptés dans les différents secteurs concernés. Cela contribuerait en outre à limiter les risques d'inondation en aval en évitant la concentration des écoulements, et à restaurer des habitats pour la faune et la flore.

D. Orientations d'actions en matière de restauration écologique

Le secteur d'étude comporte, comme présenté précédemment, plusieurs cas de figures de cours d'eau dégradés voire supprimés. Il est possible, pour ces cours d'eau altérés en termes de fonctionnement hydromorphologique, de proposer des aménagements afin de permettre aux milieux de retrouver un état d'équilibre en vue d'atteindre le bon état des masses d'eau, en particulier en préservant et recréant des habitats intéressants pour la faune et la flore. Cela permettrait d'accueillir à nouveau ou de favoriser des espèces adaptées aux cours d'eau du secteur qui ont disparu ou sont en régression suite aux nombreux travaux hydrauliques réalisés sur ce bassin versant, notamment au niveau des petits ruisseaux de têtes de bassin versant.

1. Etude d'un cours d'eau enterré : Le Magron

Comme présenté précédemment dans l'état des lieux du secteur d'étude, 18 cours d'eau (validés sur le terrain) ont disparu. En croisant les informations disponibles sur ces cours d'eau, les cartes anciennes du secteur et des visites sur le terrain, un cours d'eau a été retenu en raison de son potentiel de restauration intéressant et de données disponibles sur son état à la fin du 19^e siècle. Ce cours d'eau avait été nommé le ruisseau Magron dans le Tableau A de l'inventaire des cours d'eau. Affluent du ruisseau de la Vache, lui-même affluent du Ruisseau de Tavannes, il est localisé sur la commune de Fromezey au Nord du village. Il dispose d'une longueur significative de 1,1 Km et les données anciennes reprennent des valeurs de largeur du lit mineur, de section mouillée, de surface de bassin versant et différents débits (étiage, eaux ordinaires et grandes crues). Le document ancien n'indique en outre aucune observation précisant des travaux de curage ou de recalibrage du Magron.

Le document ancien donnant une largeur de lit mineur de 1,4 mètre et une section de pleines rives de 0,53 mètre carré (cette section en eau correspondant approximativement au débit avant débordement), cela amène alors à une hauteur à plein bord d'environ 0,5 mètre. Cette valeur semble être assez réaliste pour un cours d'eau non élargi et non encaissé sur la zone d'étude. Après l'étude de ses caractéristiques, il est alors possible d'établir une référence à suivre en cas de réouverture du ruisseau, en lien avec la description ancienne donnée par le Tableau A.

Orientation de la forme de Buvance	3	Terroirs d'ici	R ^{au} de Tavanne	R ^{au} de Tavanne	340						
R ^{au} des Taux Royols	4	Terroirs d'Elain	id.	Fontaine minérale	760		152	0,81	0,002	2,10	
Ruisseau de la Vache	4	Pres de Fromezey & de Fromezey	id.	Fontaine des fossés Magron et gros prés	1600	1,20	0,53	22,8	0,115	0,002	3,10
R^{au} Magron	5	Terroirs de Fromezey	R ^{au} de la Vache	du bon Magron	1100	1,20	0,53	75	0,005	0,005	1,10
Fossé des gros prés	5	id.	id.	des gros prés	1000	1,10	0,50	68	0,005	0,002	1,10
Ruisseau du Taquis	4	id.	R ^{au} de Tavanne	Fontaine des fossés de Tavanne et du Magron	300	1,20	0,65	121	0,01	0,001	1,70
Fossé de Tardieu	5	id.	R ^{au} du Taquis	du clozel	1150	1,10	0,50	68	0,005	0,002	1,10
Fossé du Noyer	5	id.	id.	du Noyer	1300	1,10	0,53	50	0,004	0,0004	0,90

**Figure 44 : Extrait du document Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables – Tableau A
établi en 1862 sur le Département de la Meuse (Source : archives de la Meuse)**

En complément des données sur le profil en travers du ruisseau, la recherche de la localisation plus exacte du tracé en plan de ce cours d'eau est un autre point important afin de définir le projet de restauration. Néanmoins, l'observation des différentes cartes anciennes n'a pas permis de trouver le tracé exact et d'observer la sinuosité du ruisseau Magron, qui n'apparaît pas distinctement sur les documents. En revanche, un fond de vallée correspondant plus ou moins au lit majeur du cours d'eau est visible sur les cartes des Naudin et de l'Etat-major. En suivant ces zones, le tracé du cours d'eau peut alors être sommairement défini. Des observations sur le terrain ont alors été réalisées afin de trouver des indices plus précis de la localisation du cours d'eau, remblayé au niveau sa confluence dans le Ruisseau de la vache.

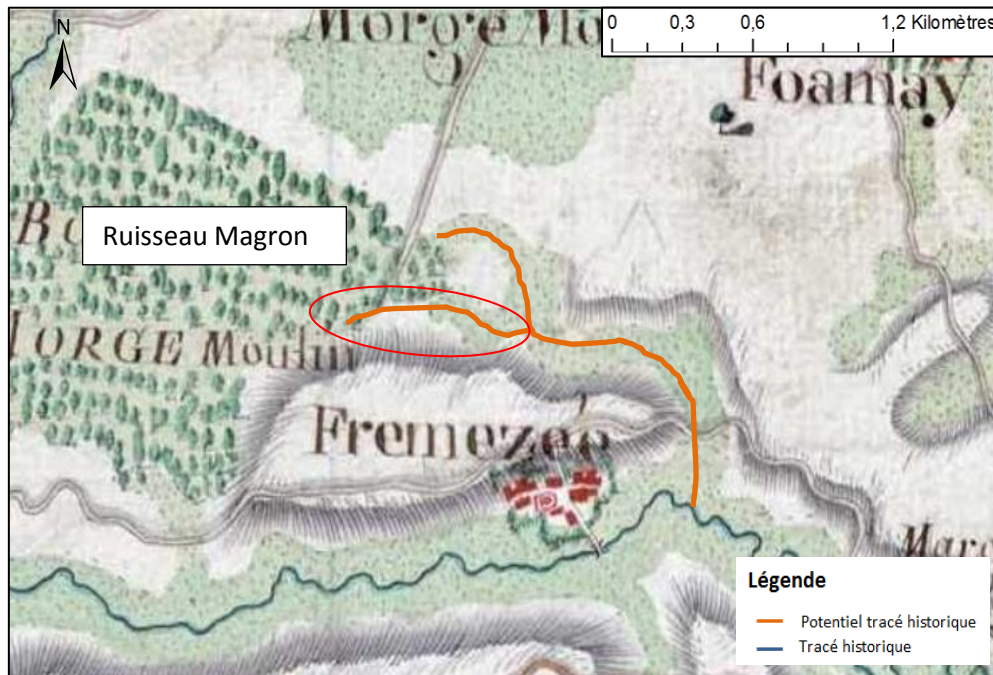


Figure 45 : Extrait de la carte des Naudin au niveau du cours d'eau étudié [15]

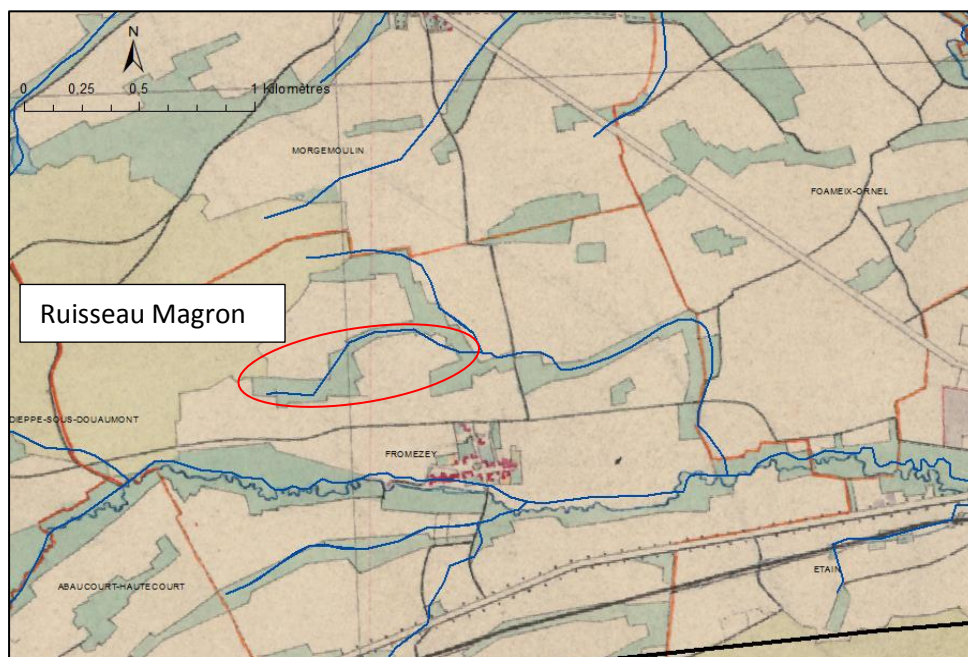


Figure 46 : Extrait de la carte de l'État-major au niveau du cours d'eau étudié (Source : SIG 12/06/2019)

Des observations sur le terrain ont ainsi pu confirmer la localisation plus précise de l'aval du cours d'eau, remblayé au niveau de sa confluence avec le Ruisseau de la Vache. En revanche, aucune autre trace de son lit mineur n'a été retrouvée dans les parcelles se situant en amont (plus de traces de l'ancien lit, de ripisylve...). Les photos aériennes de 1950 montrent que le ruisseau n'existait déjà plus à cette période.



Figure 47: Vue de la confluence entre le Ruisseau Magron et de la Vache (Source : Photos 21/03/2019)

En reprenant le tracé sommaire du fond de vallée figurant sur la carte de l'état-major, il est alors possible d'estimer la perte de dénivelé totale du ruisseau. Sur les 1100 mètres de cours d'eau, le dénivelé est d'environ quatre mètres, ce qui donne une pente entre 0,3 et 0,4 %. En tenant compte du débit à plein bord (débit de crue) et de la largeur du cours d'eau, il est alors possible d'estimer la puissance spécifique ω du cours d'eau permettant d'évaluer sa capacité morphodynamique.

$$\omega = \frac{9800 \times Q_{pb} \times I}{L}$$

Avec Q_{pb} : Le débit à plein bord (Ici $1 \text{ m}^3/\text{s}$)

I : La pente du cours d'eau (Ici $0,0035 \text{ m/m}$)

L : La largeur du cours d'eau (Ici $1,4 \text{ m}$)

Ce calcul aboutit à une puissance spécifique pour le ruisseau Magron d'environ 25 W/m^2 . D'après les études réalisées par Brooke (1988-1990) [12], cette valeur caractérise des cours d'eau assez stables, avec des phénomènes d'érosions et de sédimentations faibles mais présents, permettant de garder une sinuosité constante du tracé en plan.

La réouverture du cours d'eau peut alors être imaginée en suivant les caractéristiques décrites dans le document de la fin du 19^e siècle, seule réelle source d'informations sur le ruisseau Magron. En revanche des hypothèses sont à formuler concernant le tracé de ce cours d'eau. En particulier, concernant la sinuosité, il est difficile d'établir une référence à restaurer. Cette sinuosité peut être approchée en tenant compte de celle d'autres cours d'eau ayant des puissances spécifiques ou caractéristiques morphologiques comparables sur la zone d'étude.

Un cours d'eau a ainsi été sélectionné au Nord de la zone d'étude (Ruisseau de l'étang Débat). Il présente, d'après le document ancien, une pente d'environ 0,5% et un débit plein bord de $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais la largeur de ce cours d'eau n'est pas décrite dans le document ancien. Le cours d'eau se trouve actuellement en zone forestière et plusieurs observations sur le terrain ont permis de conclure que les cours d'eau en milieux forestiers sont plutôt bien préservés, sans modification morphologique majeure opérée sur leur lit. Après mesure sur le terrain, la largeur du lit est d'environ 1,1 mètre. L'ensemble de ces données donne une puissance spécifique de $35 \text{ W}/\text{m}^2$.



Figure 48 : Exemple de cours d'eau forestier préservé dans la zone d'étude (Source : Photos 05/06/2019)

Sur la base de l'analyse de la carte d'Etat-major représentant la sinuosité de ce cours d'eau « référence », celle-ci peut être estimée à 1,15 avec une longueur du lit mineur dans l'axe d'écoulement de 347 m et une longueur totale, en tenant compte de la sinuosité, de 402 m. Cette sinuosité peut alors être utilisée pour la restauration du lit du Ruisseau Magron.

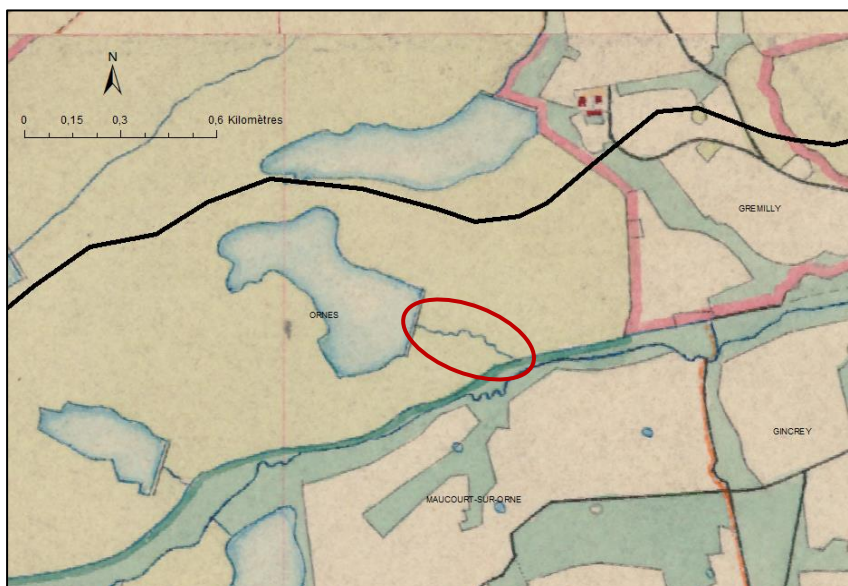


Figure 49 : Localisation du Ruisseau de l'étang Débat sur la zone d'étude (Source : SIG 13/06/2019)

Au-delà de cette approche technique, la réouverture de cours d'eau peut engendrer de nombreuses contraintes sur le foncier, l'exploitation agricole, les activités de la ou des communes concernées... Pour notre étude de cas sur le ruisseau Magron, le foncier éventuellement touché aujourd'hui représente 3 parcelles exploitées. Sur ces 3 parcelles, se trouvent des prairies utilisées pour le pâturage de bovins principalement. Cette observation est réalisée via les photos aériennes de

2014 et suite à des observations sur le terrain. Un chemin agricole traverse également le tracé potentiel du ruisseau. Une buse, un pont cadre ou un passage à gué pourrait être mis en place pour assurer le franchissement et permettre une continuité hydraulique/écologique au sein du lit mineur. Un dispositif similaire pourrait éventuellement être placé au sein d'une parcelle pour permettre le passage du bétail ou des engins de part et d'autres du ruisseau.

La proposition de tracé du cours d'eau (voir carte ci-dessous), en vue de sa réouverture, représente un linéaire d'environ 1 kilomètre et ne repasse pas exactement sur son probable tracé historique, et cela pour plusieurs raisons. La première est la précision des cartes anciennes : aucune carte ne reprend le tracé exact de ce cours d'eau ce qui ne permet pas d'assurer une reprise précise du tracé en plan et des méandres. De plus, le lit majeur, globalement plat, ne représente pas un fond de talweg bien marqué et les travaux de remblaiement du cours d'eau ont effacé tout indice topographique. Le découpage du cadastre actuel représente également une contrainte. En effet, pour affecter le moins de parcelles possible, et donc le moins de propriétaires/exploitants concernés, le tracé doit pouvoir passer au niveau de points stratégiques permettant de ne pas trop découper de parcelles.

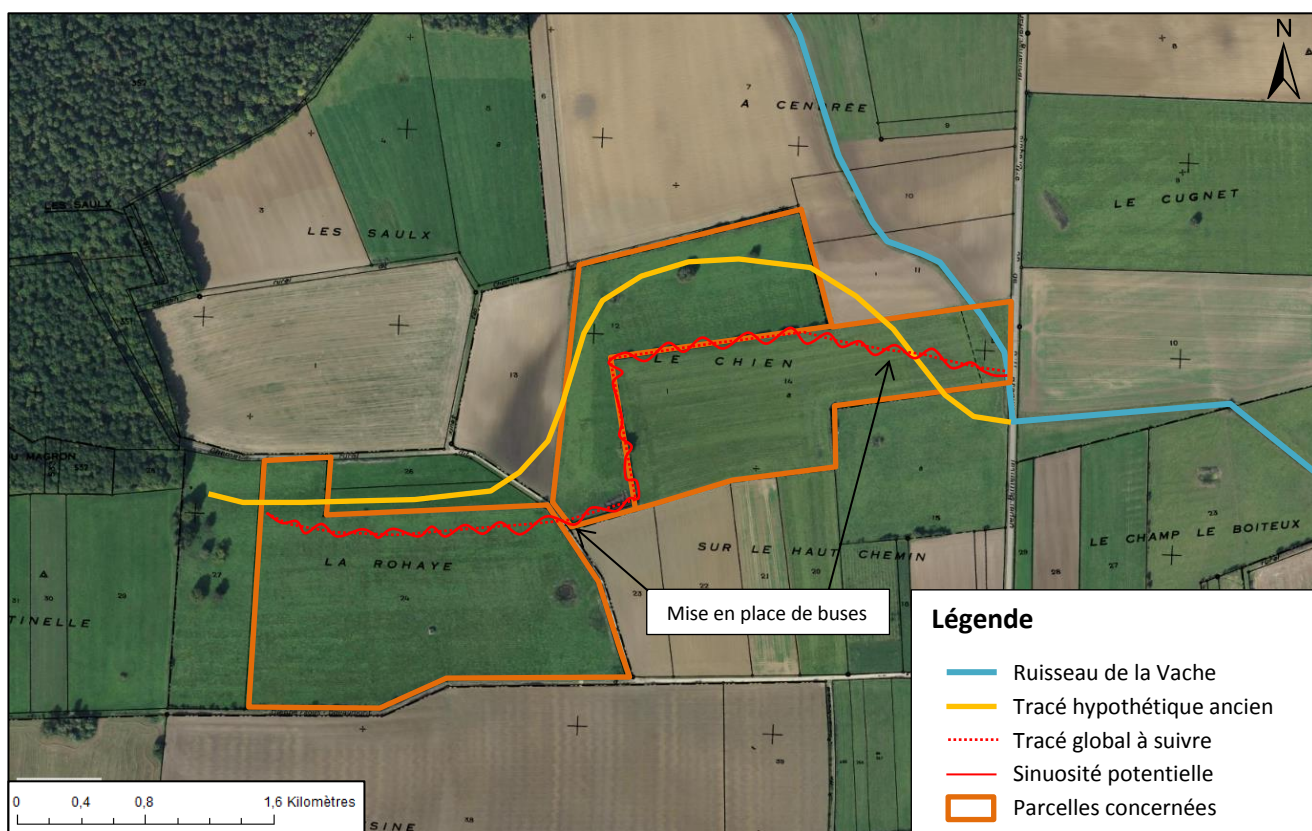


Figure 50 : Proposition de localisation du tracé du Magron pour sa réouverture (Source : SIG 13/06/2019)

Une fois l'opération de réouverture réalisée, par terrassement en suivant les caractéristiques morphologiques décrites précédemment, la reconstitution de la ripisylve est indispensable afin d'éviter un développement de la végétation herbacée annuelle dans le lit mineur, ce qui risque de le combler à terme. De plus cette ripisylve, couplée à la mise en place de clôtures, aura pour effet de maintenir les berges et d'empêcher le bétail de piétiner les rives et le lit mineur, et donc de faire disparaître au fil des années ce cours d'eau.

2. Etude d'un cours d'eau rectifié/recalibré : Le Damloup

Sur l'ensemble du secteur, les cours d'eau ont, pour la plupart, vu leur lit mineur subir de lourds travaux hydrauliques, en particulier visant leur rectification et recalibrage. Ces travaux ont eu pour but de conduire l'eau plus rapidement vers l'aval, de simplifier le regroupement des parcelles avec des limites plus rectilignes dans le cadre des remembrements et autres aménagements fonciers, d'exploiter les terres plus facilement... Sur le secteur d'études, plusieurs cours d'eau présentent toutefois des potentiels de restauration intéressants au regard des données et cartes anciennes disponibles. Le cours d'eau retenu est le ruisseau de Damloup situé au Sud-Ouest de la zone d'étude. Affluent du ruisseau de Tavannes, il prend sa source au Sud de la commune de Damloup. Anciennement le ruisseau de Damloup avait plusieurs noms : sa partie aval, portait les noms de Ruisseau du Petit Pâquis, de Million Pré ou de Renaulde-Epine. Sur sa partie amont, il portait les noms de ruisseau de Bossipré ou de Feuilla. Le ruisseau de Damloup a été rectifié par rapport à son tracé historique observable sur les différentes cartes anciennes. Une restauration de ce cours d'eau, en s'appuyant sur les données historiques, peut être envisagée.

Sur près de 4000 mètres, le ruisseau étudié est décrit assez finement dans le document de 1862. On y trouve différentes données sur les caractéristiques de son lit mineur portant sur la largeur, le profil mouillé, la surface du bassin versant et différents débits évalués à plusieurs endroits du lit sur la partie amont et la partie aval du ruisseau. Aucune description de curage ou de travaux hydrauliques n'est mentionnée. Il est alors possible d'utiliser les renseignements décrits en 1862 comme une référence intéressante lors de l'étude de restauration de ce ruisseau.

Noms anciens	Longueur (m)	Largeur (m)	Profil mouillé (m ²)	Surface BV (ha)	Débit ordinaire (m ³ /s)	Débit étiage (m ³ /s)	Débit crue (m ³ /s)
Rau du Petit Pâquis, de Million Pré ou de Renaulde-Epine	4950	av : 1,5 am : 1,5	av : 0,72 am : 0,5	580	0,04	0	3
Rau de Bossipré ou de Feuilla	1920	1,5	0,5	112	0,01	0	1

Figure 51 : Extrait du document Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables établi en 1862 dans le Département de la Meuse (Source : archives de la Meuse)

Noms anciens	Longueur (m)	Largeur (m)	Profil mouillé (m ²)	Surface BV (ha)	Débit ordinaire (m ³ /s)	Débit étiage (m ³ /s)	Débit crue (m ³ /s)
Rau du Petit Pâquis, de Million Pré ou de Renaulde-Epine	4950	av : 1,5 am : 1,5	av : 0,72 am : 0,5	580	0,04	0	3
Rau de Bossipré ou de Feuilla	1920	1,5	0,5	112	0,01	0	1

Figure 52 : Tableau récapitulatif des informations issues du document ancien sur le Rau de Damloup

Les valeurs de largeur et de profil mouillé des cours d'eau permettent de trouver des valeurs approximatives de la profondeur du cours d'eau à plein bord. Dans ce cas, pour le cours d'eau du petit pâquis, les hauteurs d'eau varient entre 45 cm pour l'amont et 60 cm pour l'aval. Concernant le ruisseau de Bossipré, la hauteur d'eau à plein bord est estimée aux alentours de 45 cm. Ces valeurs de hauteur à plein bord sont assez cohérentes avec des cours d'eau non recalibrés qui n'ont pas subi de modification importante de leur lit. Il est alors possible d'établir une référence à suivre, proche des données de 1862, pour le cours d'eau de Damloup.

L'étude de ce cours d'eau sur les cartes anciennes a permis de retrouver la localisation des tracés et de visualiser une sinuosité approximative observée avant la rectification. Toutefois, les sections de cours d'eau décrites dans le document ancien ne correspondent pas au tracé actuel du ruisseau de Damloup. Une analyse de ces tronçons est décrite ci-dessous via la cartographie.

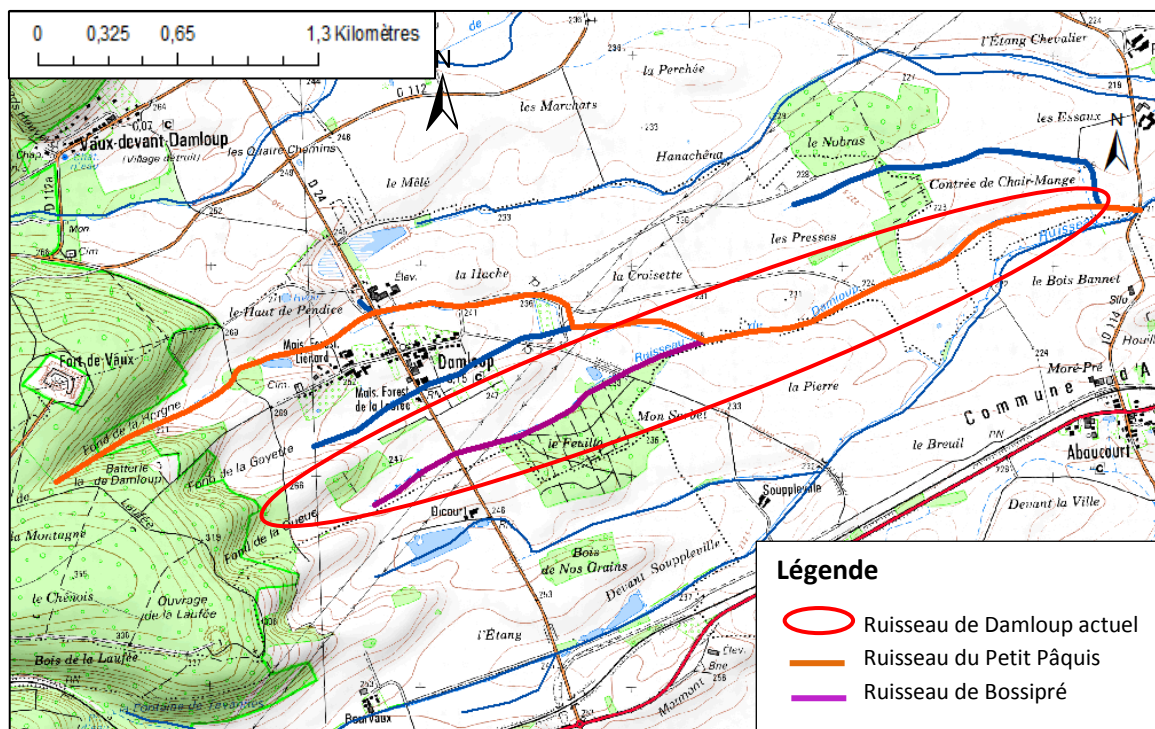


Figure 53 : Localisation des différents tronçons sur le Ruisseau de Damloup (Source : SIG 14/06/2019)

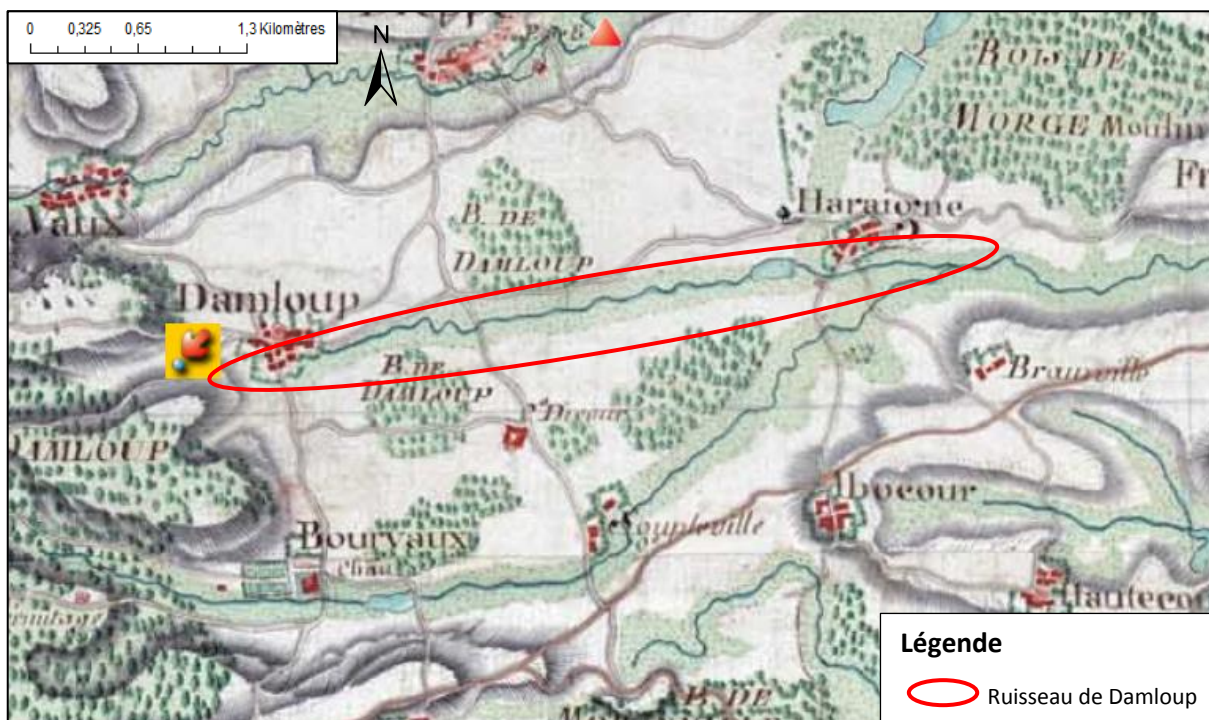


Figure 54 : Extrait de la carte des Naudin au niveau du Ruisseau de Damloup [12]

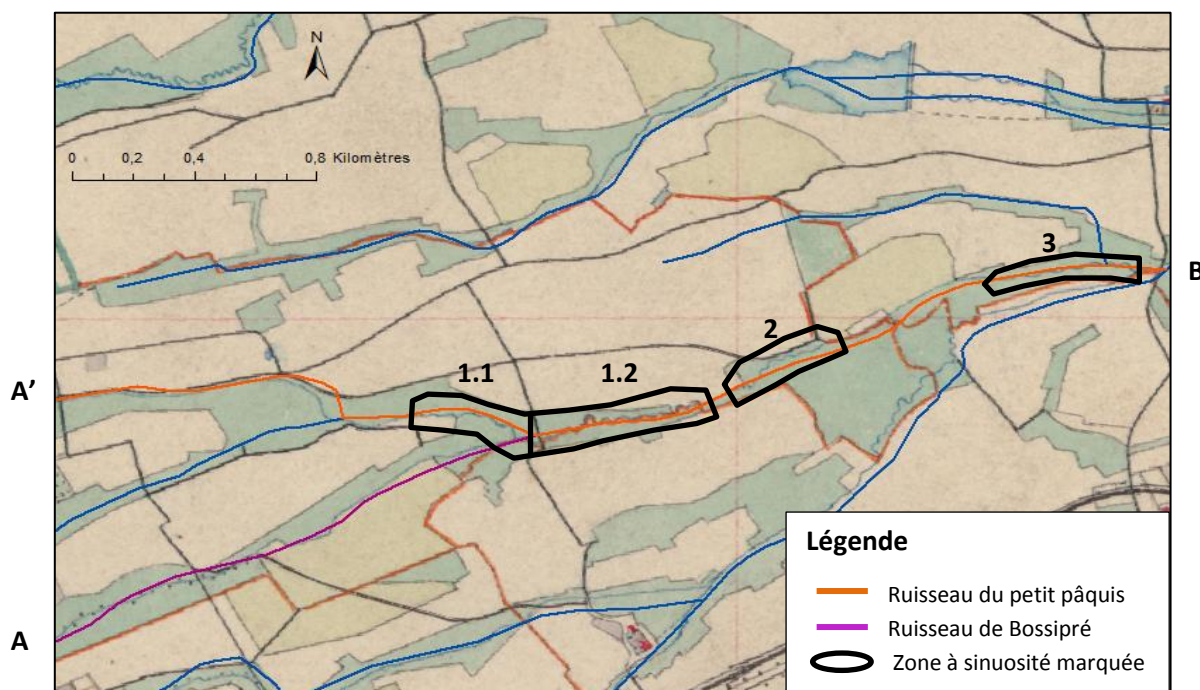


Figure 55 : Extrait de la carte d'État-major au niveau du Ruisseau de Damloup (Source : SIG 12/06/2019)

Concernant le tracé en plan du cours d'eau, sur la carte de l'Etat-major, la sinuosité n'est pas représentée de la même manière tout au long du cours d'eau. En effet, 3 zones de sinuosité plus marquées sont représentées. L'absence de sinuosité sur les autres tronçons peut provenir de travaux de rectification anciens, ou d'un manque de précision de la carte ou en encore de caractéristiques naturelles liés à la localisation du tracé (type de sol, pente,...) qui favorisent cette rectitude. Cette dernière hypothèse est toutefois peu probable compte tenu de la succession rapprochée de zones méandreuses et rectilignes. Des profils en long globaux du secteur ont été réalisés à partir du Geoportail afin d'observer des potentiels changements de pente de la zone (Annexe 12). Le premier profil en long réalisé suit approximativement le tracé actuel du ruisseau de Damloup. Un second profil est réalisé en suivant l'ancien tracé du Petit Pâquis vers sa partie amont. Ces profils en long ne sont pas assez précis pour décrire la topographie et la pente exacte du lit mineur du cours d'eau, ils décrivent d'avantage le fond de vallée que suit le cours d'eau. Cela permet toutefois d'estimer les pentes globales des différents secteurs.

La sinuosité des cours d'eau dépend également de leur puissance spécifique. Les puissances spécifiques sont calculées, à partir des renseignements tirés du document de 1862 pour 3 tronçons du secteur d'étude : le premier en amont du Ruisseau du Petit Pâquis avant la confluence avec le Bossipré (Tronçon 1), le second sur le Bossipré (Tronçon 2) et le troisième sur la partie aval du Petit Pâquis après la confluence avec le Bossipré (Tronçon3). Les pentes respectives tirées des profils en long sont décrites dans le tableau ci-dessous :

	Pente (m/m)	Débit (m ³ /s)	Largeur (m)	Puissance spécifique (W/m ²)
Tronçon 1	0.0108	2	1.5	141
Tronçon 2	0.0109	1	1.5	71
Tronçon 3	0.0047	3	1.5	92

Figure 56 : Estimations de la puissance spécifique des cours d'eau sur le secteur d'étude du Rau de Damloup

Les puissances spécifiques calculées semblent être assez largement surestimées par rapport à la localisation des tronçons et à leurs caractéristiques naturelles. Pour les tronçons 1 et 2, des puissances spécifiques plus fortes peuvent être expliquées par des pentes plus importantes aux alentours de 1%, en revanche pour le tronçon 3 une puissance de 92 W/m² semble être très élevée. En effet, les incertitudes relevées précédemment, et en particulier sur la mesure des débits, apportent sans doute une erreur non négligeable à ces calculs. Avec les caractéristiques morphométriques données par le document ancien sur le tronçon 3 (largeur de 1,5 m et profil mouillé à plein bord de 0,72 m²), il semble difficile de faire transiter un débit de 3 m³/s dans un lit mineur de ce gabarit. Ce débit, indiqué dans le Tableau A, représente un débit de crue mais il n'est pas possible de savoir s'il est mesuré ou estimé et pour quelles conditions (après débordement ou à plein bord). Les informations tirées de ces résultats sur les puissances spécifiques sont donc à prendre avec précaution et démontre également les limites techniques à l'exploitation du document ancien.

Pour décrire les changements opérés sur la morphologie transversale, 12 profils en travers ont été levés sur les cours d'eau anciennement nommés ruisseau du Petit Pâquis et ruisseau de Bossipré (Annexe 13). Ces profils ont été réalisés sur le terrain afin de représenter les différents tronçons homogènes des cours d'eau mais également les modifications de forme. Cela signifie qu'un profil donné peut caractériser une longueur importante de cours d'eau (cas des profils « isolés ») lorsque les caractéristiques générales changent peu, tel que le montre la carte ci-dessous.

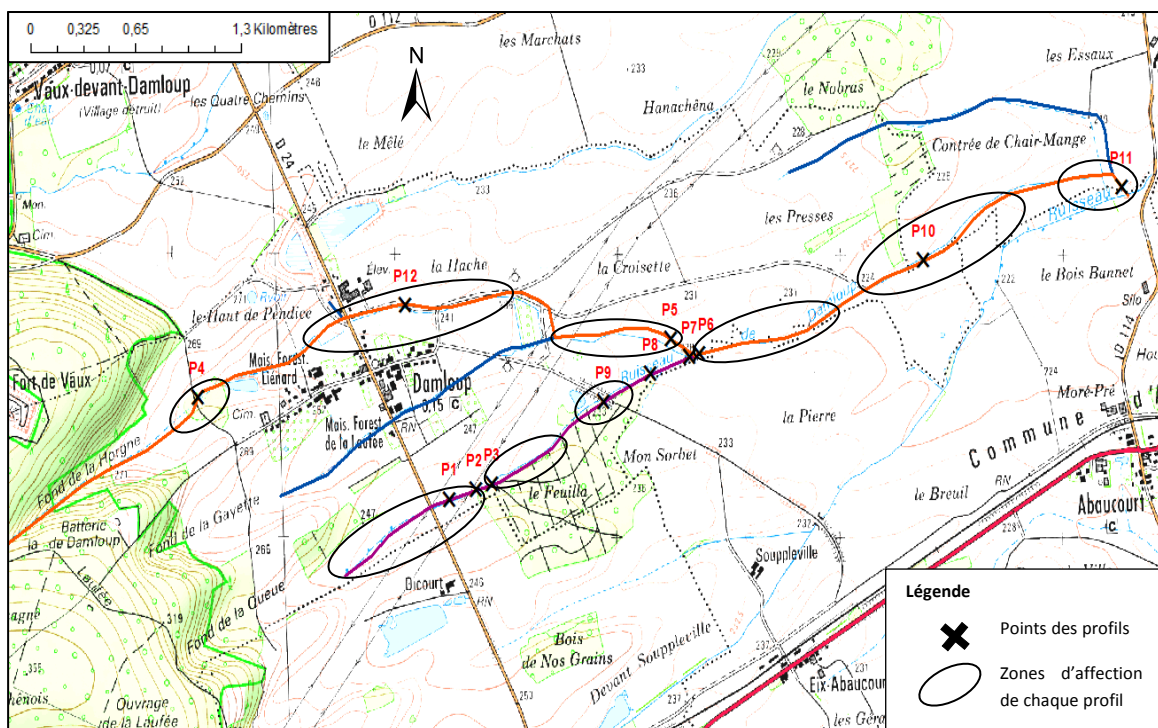


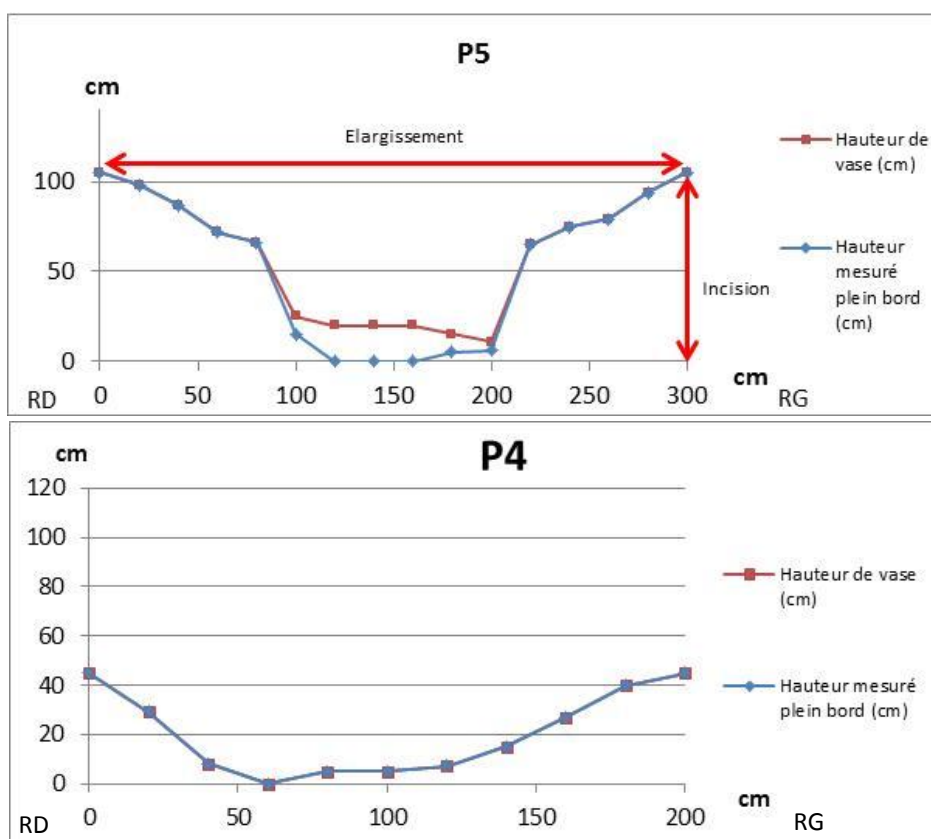
Figure 57 : Localisation des profils en travers réalisés sur le terrain le 19 juin 2019 (source : SIG 20/06/2019)

Sur le tronçon 1 (amont du Petit Pâquis), plusieurs contextes sont recensés avec des changements de morphométrie associée. Pour la majeure partie du ruisseau, on observe un contexte agricole avec de fortes modifications du lit mineur engendrées par des travaux hydrauliques. La partie amont se situe en contexte forestier ce qui limite les effets de l'anthropisation même si des modifications ont pu être apportées au cours d'eau suite à l'exploitation forestière ou aux guerres (nombreux trous d'obus observés à proximité du ruisseau).



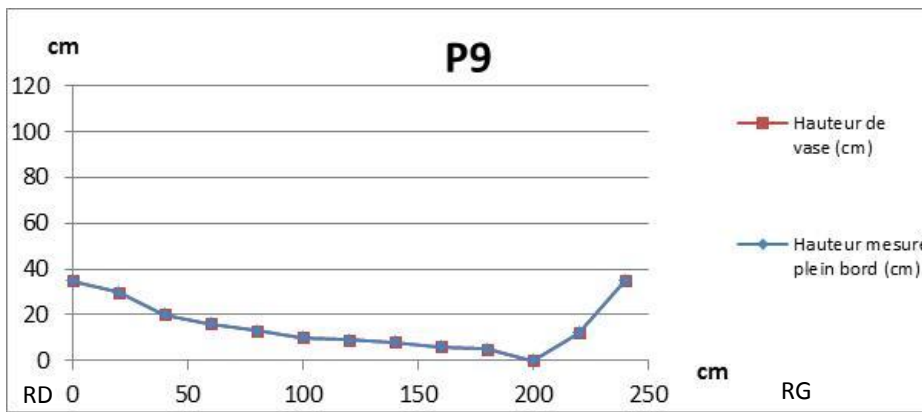
Figure 58 : Vue du ruisseau de Bossipré en zone forestière correspond au profil P3 à gauche et en zone agricole correspond au profil P10 à droite (Source : Photos 19/06/2019)

Ces profils en travers permettent alors de déterminer des surfaces de section mouillée à plein bord à comparer aux valeurs référencées sur le secteur en 1862. Globalement sur l'ensemble des tronçons les surfaces des profils mouillés à plein bord ont fortement augmenté, en allant jusqu'à être triplées sur certains tronçons. Ces élargissements et approfondissements généralisés sont probablement dus aux travaux hydrauliques réalisés lors de la 2nde moitié du 20^e siècle, la rectification ayant également pu favoriser une incision progressive au fil du temps.



Profil fortement modifié

Profil relativement préservé



Profil relativement préservé

Figure 59 : Quelques profils en travers caractéristiques sur la zone d'étude du Ruisseau de Damloup

	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien
Largeur du lit (cm)	240	150	240	150	360	150	200	150	300	150	400	150
Surface mouillée avec la vase (m ²)	1	0,5	1,144	0,5	1,878	0,5	0,538	0,5	1,616	0,5	1,738	0,72
Surface mouillée sans la vase (m ²)	0,7	0,5	1,114	0,5	1,878	0,5	0,538	0,5	1,446	0,5	1,738	0,72

	P7		P8		P9		P10		P11		P12	
	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien	Actuel	Ancien
Largeur du lit (cm)	320	150	340	150	240	150	480	150	440	150	300	150
Surface mouillée avec la vase (m ²)	1,462	0,5	1,948	0,5	0,512	0,5	4,072	0,72	3,386	0,72	1,105	0,5
Surface mouillée sans la vase (m ²)	1,382	0,5	1,828	0,5	0,512	0,5	4,072	0,72	3,346	0,72	1,005	0,5

Figure 60 : Comparaisons des données morphologiques actuelles et anciennes des cours d'eau

Certains secteurs forestiers semblent être plus préservés au regard de leur diversité de faciès et d'habitats, avec la présence de boisements denses, comme par exemple les zones des profils P3 et P9. En revanche, concernant la zone décrite par le profil P3, la surface mouillée est plus importante actuellement du fait d'un encaissement marqué du lit mineur. Cet encaissement résulte probablement de l'incision progressive du cours d'eau suite au recalibrage et à la rectification réalisés en amont qui concentrent dans le lit mineur les débits et la puissance en plus de modifier le profil en long global (phénomène d'érosion progressive). Ces caractéristiques favorisent d'autant plus l'incision dans ce contexte forestier avec la présence des systèmes racinaires sur les berges qui limite fortement les érosions latérales. Ce phénomène s'atténue en aval (P9) et cette partie de cours d'eau paraît être dans un bon état d'équilibre, proche de la situation décrite en 1862.

Sur la base des observations et des mesures réalisées sur le terrain, ainsi qu'à partir des données anciennes et actuelles décrivant l'hydromorphologie des cours d'eau, des préconisations techniques peuvent être émises en vue de la restauration du Ruisseau de Damloup.

Concernant les zones amont, un reméandrage et une réduction du gabarit des lits mineurs peuvent être proposés afin de diminuer la puissance des cours d'eau et les débits arrivant en aval en favorisant des débordements plus fréquents sur ces secteurs. Les travaux visent alors à reconstituer un lit moins profond et moins large, avec une diversité de forme (chenal d'étiage, banquettes latérales,...). La section du lit pourra alors se rapprocher des renseignements donnés dans le document ancien, à savoir une largeur proche de 1,5 m avec une section de plein bord de 0,5 m². Un profil type « projet » pour ce secteur amont est présenté en Annexe 13.

Pour les tronçons plus en aval, du fait de l'élargissement et surtout de l'encaissement conséquent des lits mineurs, des mises en place de banquettes végétalisées seraient intéressantes afin de redonner une légère sinuosité aux cours d'eau, de réduire la section du lit mineur tout en préservant la surface des parcelles agricoles actuelles. Les berges peuvent être ainsi remodelées avec la mise en place d'une pente plus douce permettant une diversification des écoulements et une végétalisation favorisant à terme l'installation d'une ripisylve fonctionnelle. Une alternance du remodelage des berges est conseillée afin de créer une succession de pentes de berge en rive droite puis en rive gauche. En zone de culture, cette succession permettra en outre de maintenir la dimension des bandes enherbées actuelles de part et d'autre du cours d'eau.

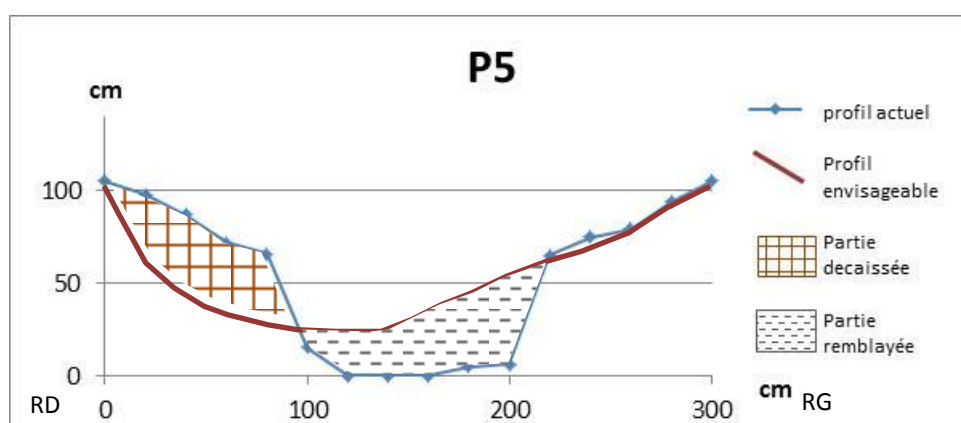


Figure 61 : Profil type pour la restauration de la zone aval du Ruisseau de Damloup, en partant du profil P5

Tout comme pour les cas de réouverture et reméandrage décrits précédemment, la reconstitution de la ripisylve est indispensable afin de créer un ombrage sur le lit du cours d'eau et de favoriser le retour d'une faune et d'une flore.

3. Etude d'un fossé créé

A la fin du 19^e siècle, les ingénieurs des Ponts et Chaussées ont mené un inventaire quasi exhaustif des cours d'eau existants, mais il est possible qu'ils aient omis certains tracés. Sur le bassin amont de l'Orne, 3 cours d'eau décrits dans BD_Carthage n'ont pas été répertoriés dans le document ancien. Ces cours d'eau ont soit été oubliés lors de la réalisation de l'inventaire ou soit été créés après l'inventaire pour former des fossés de drainage ou recueillant les drains agricoles. Quel que soit leur statut actuel, il n'y a pas d'intérêt à supprimer (remblayer) ces « milieux » dans l'optique de revenir à la situation décrite dans le document ancien. Comme indiqué précédemment, l'inventaire du 19^e siècle ne constitue pas une référence à suivre automatiquement. Ces milieux, même s'ils ont été créés dans un objectif de drainage (fossés), peuvent toutefois être aménagés afin d'améliorer leur capacité épuratoire ainsi que leurs fonctions écologiques (habitats, effet tampon,...).

En comparant l'inventaire de 1862 à BD_TOPO_Courdo, de nombreux fossés semblent avoir été créés au cours du 20^e siècle. Les recommandations formulées peuvent ainsi s'appliquer à l'ensemble de ces fossés permettant de globaliser les aménagements et d'espérer des gains écologiques à l'échelle du secteur étudié. Une étude pour chaque cas est nécessaire afin d'adapter les aménagements en fonction des caractéristiques et des contraintes des parcelles (drainage,...).

Les principes d'aménagement pour ces fossés reposent sur les Zones Tampons Végétalisés en sortie de drains Agricoles (ZTVA). Les travaux à réaliser visent ainsi à augmenter le temps de séjour des eaux au sein des fossés afin d'améliorer leurs fonctions écologiques et leur effet tampon. En ce sens, l'objectif n'est pas de donner à ces fossés des caractéristiques de cours d'eau mais plutôt un fonctionnement de milieux humides.

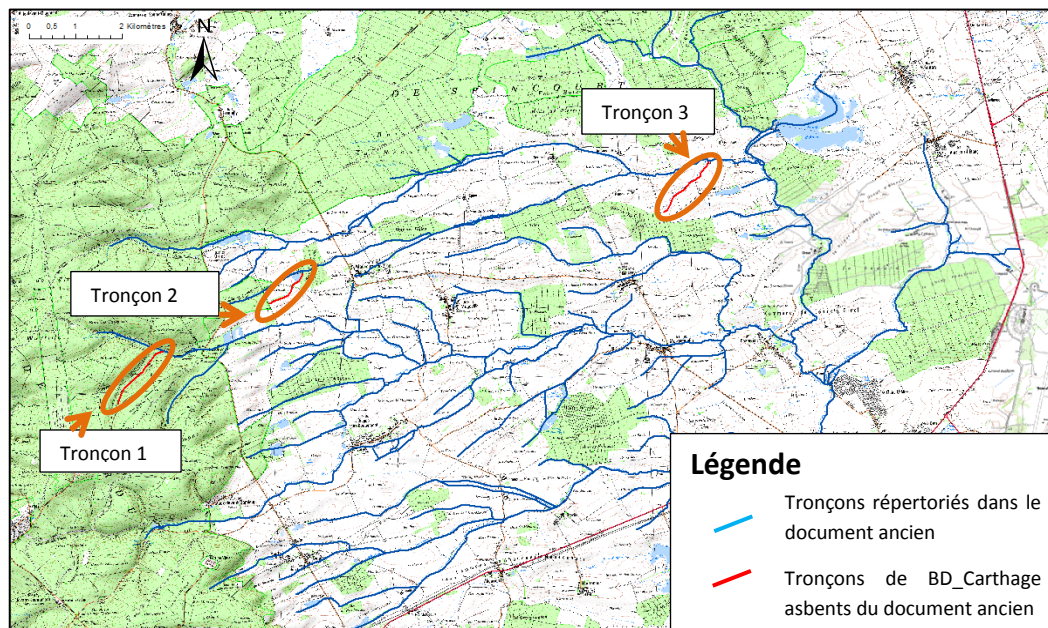


Figure 62 : Localisation des potentiels fossés sur la zone d'étude

Les trois tronçons intéressants identifiés via BD_Carthage ont fait l'objet d'une visite terrain afin de préciser leur caractère de fossés (créés « récemment » par l'Homme) ou leur caractère de cours d'eau (oublié lors de l'inventaire de 1862).

Concernant le tronçon 1, il se situe dans un contexte forestier sur une zone où le fond de talweg est bien marqué avec la possibilité qu'il soit en eau une grande partie voire toute l'année. Ce tronçon est alors plutôt qualifié de cours d'eau oublié lors de l'inventaire du 19^e siècle. En revanche, les tronçons 2 et 3 se situent dans un contexte agricole de grandes cultures. Au regard de leurs caractéristiques actuelles (absence de source visible, aucun écoulement en l'absence de pluie, absence de substrats minéraux,...), il est très probable que ce soit des fossés agricoles créés pour recueillir les drains des parcelles environnantes. Le cas du tronçon 2 est ainsi utilisé pour proposer des aménagements sur son linéaire en vue d'améliorer ses fonctions biologiques et physiques.

Sur un linéaire d'environ 650 mètres, en aval de son tracé, ce fossé est constitué d'un boisement bien installé et intéressant, qui constitue une haie dense et un corridor écologique à préserver dans ce contexte de grandes cultures. La zone amont ne comporte à l'inverse aucun boisement et présente clairement l'aspect d'un fossé agricole sans intérêt écologique. Il est ainsi intéressant de

réaliser des aménagements permettant d'augmenter l'effet tampon du milieu, tant sur le plan physique pour freiner les écoulements que sur le plan chimique afin de favoriser une certaine épuration des intrants (pesticides et fertilisants) appliqués sur les parcelles drainées. Un profil en travers a été levé sur le terrain pour visualiser les travaux à réaliser, en particulier en termes de terrassement. Les travaux auront ainsi pour objectif de créer un élargissement du fossé sur une petite portion amont afin de stocker temporairement le volume d'eau provenant des drains. L'aménagement permettra ainsi de freiner les écoulements et de tamponner les flux avant rejet dans le milieu récepteur situé à l'aval de ce fossé. Le terrassement du terrain sera effectué en considérant une pente assez douce (2 à 3 pour 1) en vue de favoriser l'implantation d'une végétation typique des milieux humides au sein de la zone. Il est ainsi recherché une mosaïque d'habitats. Actuellement sur l'ensemble du fossé, la prairie sèche (mésophile) domine par rapport aux habitats boisés et humides (environ 80% prairies sèches, 18% arbustif, 2% humide). Un rééquilibrage vers les milieux plus humides est envisagé en laissant ce secteur remodelé être colonisé naturellement par les plantes hygrophiles (hélophytes type carex, roseaux, iris,...). Une légère incision du fossé actuel peut être effectuée afin de tomber à une cote inférieure à celle du lit du fossé directement en aval. Cette incision permettra ainsi créer un merlon à l'aval de la zone tampon pour maintenir une portion en eau en période plus sèche et ainsi conserver une humidité dans le milieu créé. La nature argileuse des terrains devrait en outre favoriser le maintien de l'eau en surface.

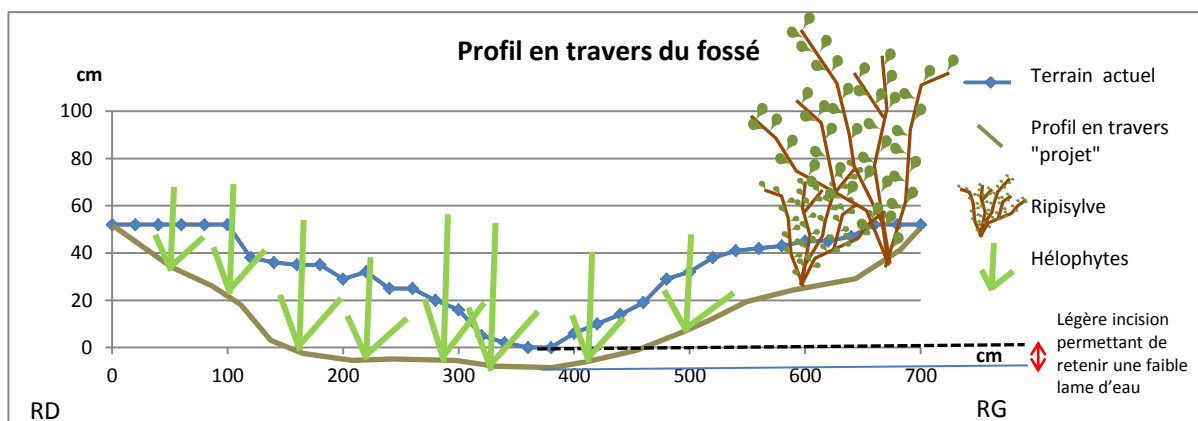


Figure 63 : Visualisation des aménagements sur le profil en travers

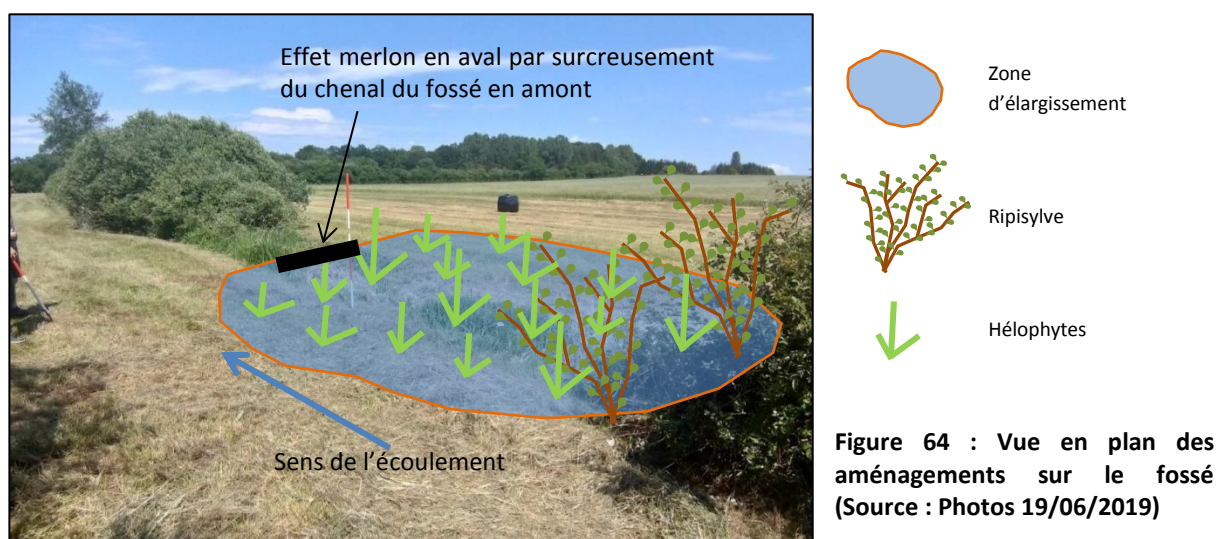


Figure 64 : Vue en plan des aménagements sur le fossé (Source : Photos 19/06/2019)

Conclusion

L'étude réalisée a permis successivement :

1. De recueillir un ensemble de documents et de cartographies anciennes sur le bassin Rhin-Meuse décrivant les cours d'eau, dont l'Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables (1861-1902) et son Tableau A qui fournit un inventaire détaillé du réseau hydrographique et un ensemble d'informations sur les caractéristiques physiques des cours d'eau à la fin du 19^e siècle ;
2. De construire une méthode en vue de bancariser ces informations précieuses au sein d'une base de données exploitable sous SIG ;

Pour réaliser cette base de données, une méthode reproductible et détaillée a été élaborée et décrite pour tous les acteurs collaborant à ce projet, permettant ainsi de comprendre le cheminement suivi, en s'appuyant sur l'analyse du département « test » de la Meuse. Cette méthode a pour but de mettre en place le même procédé pour les autres départements du bassin Rhin-Meuse. La finalité de cette bancarisation est ainsi de mettre ces données anciennes à disposition des acteurs et gestionnaires des cours d'eau, en particulier via la plateforme cartographique GeoRM. En plus du département de la Meuse, le département de la Meurthe-et-Moselle a pu être traité dans le cadre du travail via la méthode construite. Les documents anciens ont dans le même temps été recueillis pour les départements des Ardennes, du Haut-Rhin et des Vosges. La bancarisation des données pourra s'effectuer aisément sur ces secteurs. Par contre, pour les départements de la Moselle et du Bas-Rhin, les documents de l'Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables n'ont pu être retrouvés à ce jour. Des recherches plus détaillées pourraient être entreprises au niveau des Archives pour confirmer l'absence de données, soit en raison de leur destruction soit en raison de la non réalisation de l'inventaire (période d'annexion à partir de 1870).

3. D'exploiter les données bancarisées, en confrontant le réseau hydrographique ancien et actuel sur un département « test » (Meuse) ainsi qu'en réalisant une étude de cas (bassin versant amont de l'Orne) en vue d'établir un diagnostic hydromorphologique et de proposer des actions de restauration des cours d'eau.

Cette dernière phase du travail a ainsi permis d'évaluer l'intérêt et la pertinence d'entreprendre cette recherche et cette bancarisation des données anciennes, en lien notamment avec l'exploitation de cartes anciennes telles que les cartes des Naudin et de l'état-major. En effet, ces données fournissent une connaissance relativement détaillée du réseau hydrographique à la fin du 19^e siècle. Le travail ainsi réalisé sur le département de la Meuse a permis de faire ressortir les enseignements suivants (confirmés sur la Meurthe-et-Moselle) :

- 20% des linéaires de cours d'eau ne sont pas représentés sur BD_Carthage mais sont décrits dans l'Etat statistique – Tableau A ;
- 5 à 10% des linéaires de cours d'eau décrits dans le document ancien ne trouvent pas de correspondance actuelle et ne peuvent être localisés précisément ;
- 20 % environ des linéaires de BD_Carthage ne trouvent pas de correspondance ancienne.

Cette valeur peut sembler élevée mais elle s'explique en grande partie par les nombreux canaux créés au 20^e siècle et qui ne figurent donc pas dans le document ancien. Certains fossés récents apparaissent également sur BD Carthage et contribuent à cette proportion de linéaires non décrits dans l'Etat statistique de la fin du 19^e siècle ;

- Un grand nombre de cours d'eau ont vu leurs noms évoluer au fil des siècles rendant complexe la localisation de certains tracés ;
- Lorsque les tracés anciens peuvent être retrouvés, il est fréquemment observé des changements importants en termes de positionnement (cours d'eau sortis du talweg) ou de sinuosité (cours d'eau rectifiés) des lits mineurs.

Le travail a permis d'apporter une référence historique en vue de porter un regard plus critique et d'orienter les études et les projets réalisés en matière de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau. Les informations ainsi mises à disposition ne doivent toutefois pas être considérées comme une référence à suivre systématiquement pour les différents projets de restauration. Elles se doivent d'être confrontées à des données mesurées sur le terrain, à d'autres documents anciens ainsi qu'à des données pertinentes recueillies sur des cours d'eau déjà reconnus pour leur caractère préservé (référence spatiale), permettant ainsi d'analyser objectivement les modifications apportées sur les lits des cours d'eau. Comme l'a montré l'étude de cas sur le bassin versant amont de l'Orne, des analyses détaillées et critiques de cette base de données ancienne sont nécessaires pour chaque projet de restauration. Après avoir formulé des hypothèses sur l'évolution des cours d'eau et dressé certaines conclusions techniques, économiques et sociales sur l'objectif à atteindre en matière de restauration, il se peut alors que les données de l'Etat statistique soient considérées comme une référence à suivre pour le projet concerné.

Enfin, l'exploitation des données anciennes a également montré un intérêt certain pour qualifier des linéaires en tant que cours d'eau ou fossés. En vue de l'application de la réglementation française, des campagnes sont actuellement menées par les Directions Départementales des Territoires (DDT) afin de classer et de cartographier les cours d'eau, sur lesquels s'appliquent la Loi, en opposition aux fossés pour lesquels les prescriptions réglementaires sont plus légères en matière d'aménagement et d'entretien. En effet, le Code de l'Environnement impose des règles strictes à respecter sur les cours d'eau : les travaux de modification des lits mineurs sont encadrés, des bandes enherbées, au minimum de 5m de large, doivent être maintenues de part et d'autre du lit mineur, les prises d'eau sont limitées, etc. Pour les fossés, l'entretien et les différents travaux peuvent être réalisés plus facilement par les propriétaires ou les exploitants des parcelles. Ces campagnes d'identification des cours d'eau sont réalisées avec différents acteurs du territoire qui peuvent trouver des avantages à classer un maximum de linéaires en fossés, en déclassant certains cours d'eau par manque de connaissance sur leur histoire et leur fonctionnement. Les informations fournies par les documents anciens, et notamment par l'Etat statistique-Tableau A, constituent une base de données permettant de conduire une analyse objective en vue de faire la différence entre un fossé et un cours d'eau.

Les multiples intérêts et exploitations techniques/réglementaires des documents anciens recueillis invitent à poursuivre le travail de bancarisation afin de couvrir le plus largement possible le bassin Rhin-Meuse, et éventuellement le territoire français.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 **AERM, 2014, Retour d'expérience « Le Longeau d'Allamont à Friaucelle ».**
- 2 **Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2019-2024, 11^E programme d'intervention:** Une ambition à la hauteur des défis de nos territoires. Version approuvée au conseil d'administration de l'Agence de l'eau et au Comité de Bassin Rhin-Meuse, 11 et 12 octobre 2018. 167P.
- 3 **Barthélémy C. et Souchon Y., 2009, La restauration écologique du fleuve Rhône sous le double regard du sociologue et de l'écologue :** *Natures Sciences Sociétés* 17, P 113-121. HAL Id: hal-00455549.
- 4 **BIOTEC (Adam P. et Debais N.) & Malavoi J.R., 2007, Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau :** Agence de l'Eau Seine-Normandie. 66p.
- 5 **Bourdin L., Stroffek S., Bouni C., Nancy J.-B., Dufour M., 2011, Restauration hydromorphologique et territoires :** Concevoir pour négocier. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse. 108p.
- 6 **Cartes anciennes de géographie :** <http://www.cartocassini.org/cartocassini/index.php/carte>. Consultation : 03/2019.
- 7 **Département des Ardennes, 1861, Suite à la circulaire ministérielle du 30 juillet 1861 « Statistique des cours d'eau, usine et irrigation. Tableau A. Données permanentes des cours d'eau des Ardennes » :** L'ingénieur en chef du département des Ardennes, Charleville le 12 octobre 1879. 77P.
- 8 **Département de Meurthe-et-Moselle, 1889, 1891, 1892, Suite à la circulaire ministérielle du 30 juillet 1861 modifiée par le circulaire du 4 juillet 1878 « Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables », Tableau A:** L'ingénieur ordinaire du département de la Meurthe-et-Moselle, Nancy le 6 février 1893, Cote archive : 3 S 349. 58P.
- 9 **Département de la Meuse, 1861, Suite à la circulaire ministérielle du 30 juillet 1861 « Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables », Tableau A:** L'ingénieur du service hydraulique du département de la Meuse, Bar le duc le 25 février 1862. 193P.
- 10 **Département des Vosges, 1897, Suite à la circulaire ministérielle du 30 juillet 1861 « statistique des cours d'eau non navigables ni flottables », Tableau A:** L'ingénieur en chef du département des Vosges, Epinal le 2 septembre 1897, Cote archive : 1005 S 65. 56P.
- 11 **Friberg N., Kronvang B., Hansen H.O. et Svendsen L.M., 1998, Long-term, habitat-specific response of a macroinvertebrate community to river restoration:** *Aquatic conservation : marine and freshwater ecosystems* 8: 87-99.
- 12 **Lagacé R., Université Laval, Aménagement des cours d'eau et conservation des sols :** Géomorphologie des cours d'eau Chapitre 4 , Aout 2016. 344P.
- 13 **Vazquez J. et Dufresne, ENGEES, ICUBE, Hydraulique à surface libre :** Janvier 2016. 154P.
- 14 **La Gazette des archives, 1971, « L'inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables (1861-1902) [article] » :** Du Verdier Philippe. n°73-74, 1971. pp. 92-94 <https://doi.org/10.3406/gazar.1971.2199>. Consultation : 02/2019.

- 15 **La Lorraine des Naudin (1728-1739), cartes établies au 18^e siècle** : P-E WAGNER, Conservateur en chef du Patrimoine à la Médiathèque de Metz. <http://patrimoinesehistoire.grandest.fr/chr/naudin/index.php>. Consultation : 07/2019.
- 16 **Deudon L., septembre 2018, Géohistoire des zones humides des vallées de la Scarpe et de l'Escaut** : 78P.
- 17 **Le site des Agences de l'eau françaises** : <http://www.lesagencesdeleau.fr/les-agences-de-leau/les-six-agences-de-leau-francaises/>. Consultation : 06/2019.
- 18 **Les Agences de l'Eau, 1999, La gestion des rivières : transport solide et atterrissements** : Les études des Agences de l'Eau n°65. 92P.
- 19 **Les remblais Pas n'importe où Pas n'importe comment** : Direction Départementale des Territoires des Vosges (DDT 88), Site internet : www.vosges.gouv.fr. Consultation : 03/2019.
- 20 **Devulder Lydie, 1999-2000, Les usages de l'eau au cours de l'histoire** : DESS Ingénierie Documentaire. Rapport de recherche bibliographique.
- 21 **Ministère de l'Agriculture, 30 juillet 1861, Circulaire ministérielle** : Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. Division du service hydraulique. « Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables », Paris le 30 juillet 1861.
- 22 **Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, 23 juin 1863, Décret ministériel** : Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. Division du service hydraulique. « Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables », Paris le 23 juin 1863.
- 23 **Malavoi J.-R. et Bravard J.-P., 2010, Eléments d'hydromorphologie fluviale** : ONEMA. 224p. ISBN : 978-2-9516393-2-4.
- 24 **Ministère des Travaux Publics, Statistique des cours d'eau, usines et irrigations, 1879, «Données permanentes des cours d'eau des Ardennes** » : L'ingénieur en chef Charleville le 12 octobre 1879.
- 25 **ONEMA-AFB, 2010-2018, La restauration des cours d'eau ; Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie.**
- 26 **ONEMA-AFB, Les moulins à eau : Guide des propriétaires et acquéreurs.**
- 27 **SDAGE 2016-2021 Tome 4 ; Orientations fondamentales et dispositions** : Directive Cadre européenne sur l'Eau, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux des districts « Rhin » et « Meuse » - partie française. Version définitive approuvée par le Préfet coordonnateur de bassin.
- 28 **Site de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM)** : <http://www.eau-rhin-meuse.fr/> Consultation : 06/2019.
- 29 **SINBIO, 2011, Etude préalable à l'extension de la compétence « cours d'eau » de la Communauté de communes du pays d'Etain.** 56P.
- 30 **Souchon Y. et Chandesris A., 2008, Bien connaître le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau** : une étape incontournable pour une restauration efficace. 4p.

Annexes



L'inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables (1861-1902)

Philippe Du Verdier

L'INVENTAIRE DES COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES (1861-1902)

Il est utile de signaler l'entrée toute récente aux Archives nationales d'une collection intéressante pour ceux qui s'adonnent à l'étude de l'histoire rurale ou à la toponymie. Il s'agit du versement fait par la bibliothèque du Génie rural de 68 cartons contenant les résultats des enquêtes menées de 1860 à 1902 environ par l'administration centrale des Ponts-et-Chaussées auprès des services départementaux pour en obtenir les renseignements nécessaires à la confection d'un Atlas général des irrigations. L'atlas n'a jamais paru, semble-t-il, mais les documents réunis par la commission et conservés à la bibliothèque de l'École du Génie rural forment un ensemble de documents de grande valeur¹.

Le recensement des cours d'eau non navigables ni flottables, de même que les cantonnements des droits d'usage dans les forêts domaniales, les dessèchements des marais des Dombes ou de la Sologne, les plantations des Landes de Gascogne, l'enquête de 1865 sur la production agricole témoignent de la sollicitude du gouvernement impérial pour l'agriculture, de son souci d'en améliorer le rendement et d'offrir de nouvelles terres à une population rurale très nombreuse.

L'origine de cette enquête est une circulaire adressée le 24 février 1860 aux ingénieurs en chef des Ponts-et-Chaussées des départements pour leur demander des renseignements sur l'exécution de la loi promulguée le 24 avril 1845 pour développer les irrigations. Elle autorisait les propriétaires qui désiraient arroser leurs biens à passer, moyennant indemnité, sur les fonds intermédiaires, et donnait compétence aux tribunaux de première instance pour régler les contestations éventuelles. Or une certaine anarchie s'était introduite dans ce domaine : si des prises d'eau avaient été faites légalement, d'autres étaient clandestines, et la recherche de leurs titres fut très difficile. Aussi les réponses des services départementaux tardèrent-elles, et ne fournirent-elles, dans l'ensemble, que des renseignements imprécis.

L'année suivante, les attributions des différents services du Ministère

1. Cote aux Archives nationales : F¹⁰ 5706 à 5775.

Annexe 2 : Méthode pour la détermination des débits dans l'Etat statistique

➤ Présentation de la méthode empirique pour le calcul du débit

Les éléments utiles au calcul :

- Hauteur de pluie moyenne sur le bassin versant par an en mètre (h)
- La fraction des eaux de pluie se rendant au cours d'eau (f)
- Surface du bassin versant en mètre carré (S)

La formule suivante est alors utilisée pour calculer le débit moyen en litres par seconde:

$$Q = \frac{S \cdot 1000}{365 \cdot 86400} \cdot f \cdot h$$

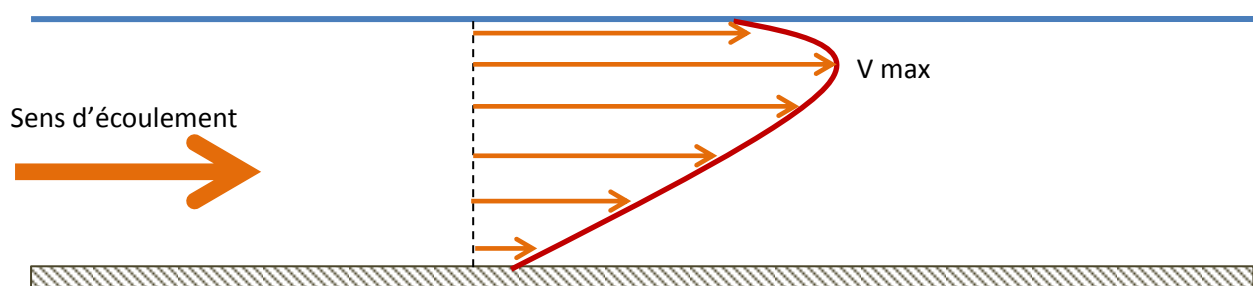
La notice indique que ce procédé n'a assurément pas une valeur scientifique suffisante pour remplacer des jaugeages directs mais il permet a minima de relever les anomalies que pourraient présenter les états statistiques.

➤ Présentation de la méthode de jaugeage utilisée

- Si la manipulation a été effectuée à l'aide d'un flotteur, la vitesse de l'eau à la surface, moyenne des résultats d'une série d'expériences a été réduite par l'application du coefficient 8/10 et multipliée par la surface du profil mouillé relevé en un point ou le cours d'eau ne sort pas de son lit. Cela permet de trouver le débit transitant dans la rivière.

Pourquoi multiplier la vitesse relevée en surface par 8/10 :

La vitesse prise en surface à l'aide d'un flotteur ne révèle pas la vitesse moyenne régnant au sein de l'écoulement. En effet le profil de vitesse ayant un maximum situé sous la surface, sa vitesse moyenne se situe plus profondément :



Présentation schématique d'un profil de vitesse en écoulement à surface libre

Actuellement plusieurs formules sont utilisées pour estimer la vitesse moyenne dans un cours d'eau :

- Formule de Prony : $V_{\text{moy}} = (0,8 \text{ à } 0,9) \cdot V_{\text{surface}}$
- $V_{\text{moy}} = 0,5 (V_{0,2} + V_{0,8})$
- $V_{\text{moy}} = V_{0,4}$

V_x : Vitesse se situant à X pourcents de la hauteur de la lame d'eau

Anciennement seule la vitesse en surface était mesurable donc la vitesse moyenne a été approchée à 80% de la vitesse en surface semblable à la formule de Prony actuellement.

→ Si un déversoir est présent sur la zone, la formule suivante a été utilisée pour permettre de retrouver le débit :

$$Q = 0.443 \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Avec :

L = la largeur du lit au niveau du seuil (m)

h = La hauteur de la lame déversant (m)

g = la constante de gravité (9.81 m/s²)

Explication de la formule du débit au niveau de seuils

$$Q = 0.443 \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Plusieurs lacunes étaient présentes dans le document. Tout d'abord les valeurs h, l et g n'étaient pas décrites dans le document, en supposant que les seuils sur des rivières sont généralement de la même largeur que les rivières, il est alors possible de partir de la formule suivante qui représente le débit pour un déversoir rectangulaire à crête mince sans contraction latérale en régime dénoyé et en régime aéré.

$$Q = \mu \cdot C_v \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot B \cdot h^{2/3}$$

Ce qui donne après remodelage : B = L ; h = hauteur de la lame déversant

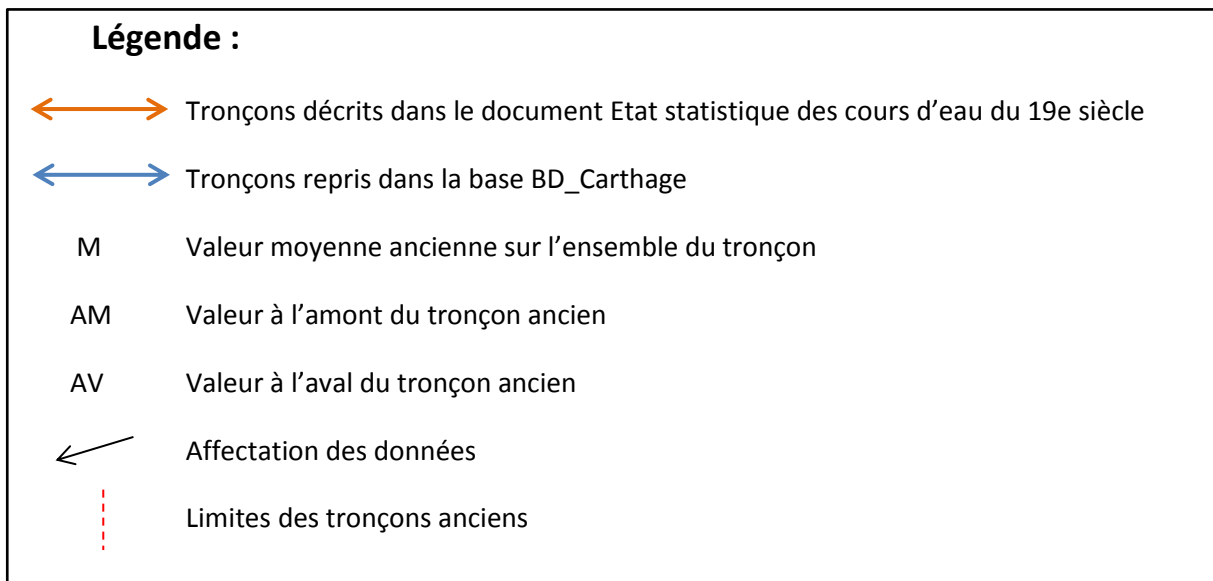
$$Q = \mu \cdot C_v \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Les ingénieurs de l'époque ont donc fait l'approximation suivante : $\mu \cdot C_v = 0.443$

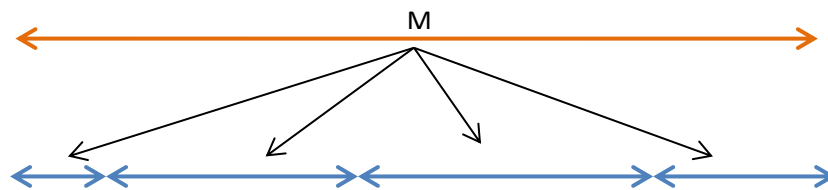
Or $C_v = \left(\frac{H}{h}\right)^{\frac{3}{2}} \approx 1$ En effet la charge H peut être approchée par la hauteur d'eau en surface libre avec écoulement lent.

Et $\mu = \frac{2}{3} \cdot (0,602 + 0,075 \cdot \frac{h_1}{P})$ donc $\mu = 0,443 \rightarrow \frac{h_1}{P} = 0,83$. Actuellement une valeur moyenne de μ est prise égale à 0,42. Il est alors possible que les ingénieurs aient pris une valeur de μ égale à 0.443

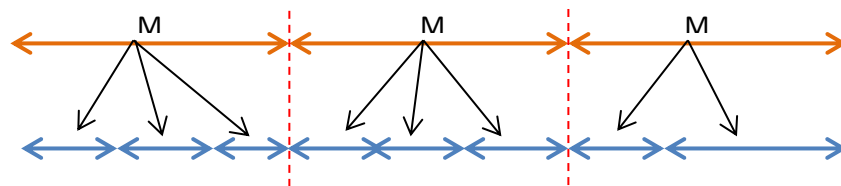
Annexe 3 : Présentation des règles d'affectation des données anciennes



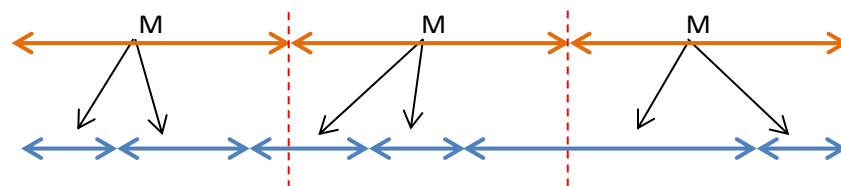
Règle n°1: 1 tronçon ancien pour n tronçon actuel, les données anciennes sont appliquées au n tronçon actuel. Cela signifie que n identifiant posséderont les mêmes informations.



Règle n°2: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)

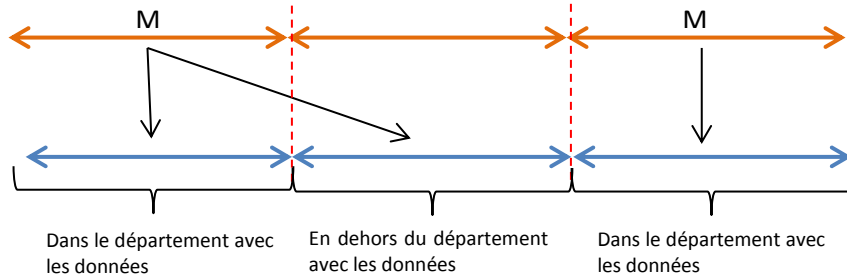


Règle n°3: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)

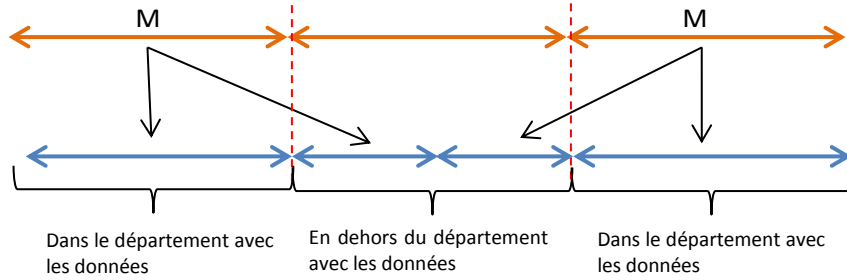


La donnée qui est appliquée au tronçon est celle où plus de 50% du tronçon est chevauché.

Règle n°4:

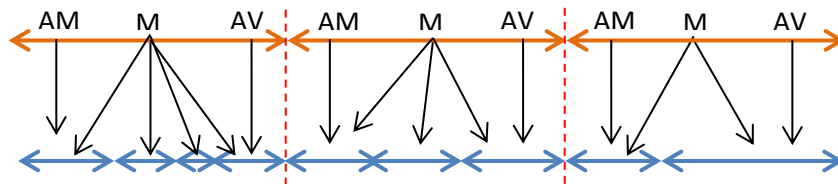


Règle n°5:

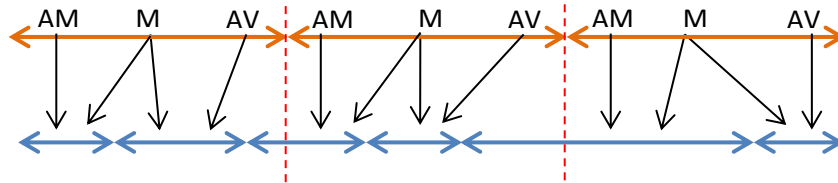


Lorsqu'il y a présence d'un tronçon sans valeur (en dehors du département), les valeurs du tronçon à l'amont lui seront associées. En revanche seules les colonnes Largeurs, Profils, Pentes et Débits seront complétées.

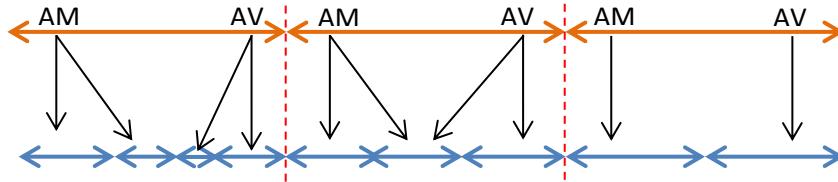
Règle n°6: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)



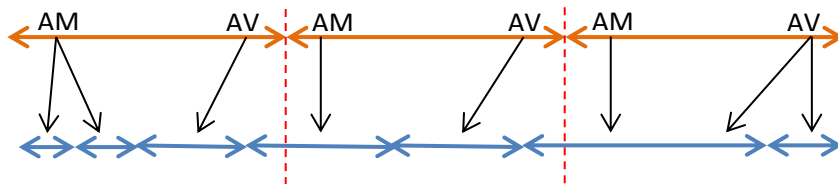
Règle n°7: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)



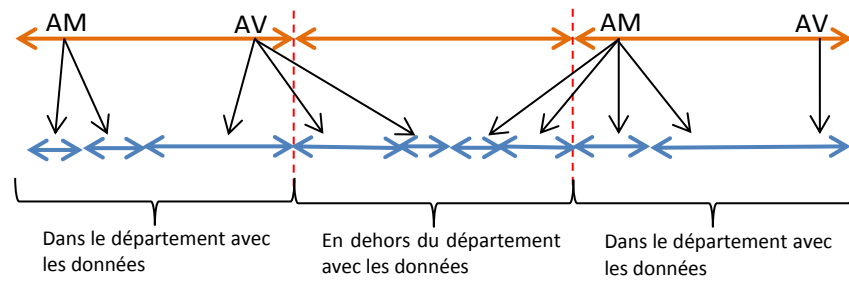
Règle n°8: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)



Règle n°9: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)



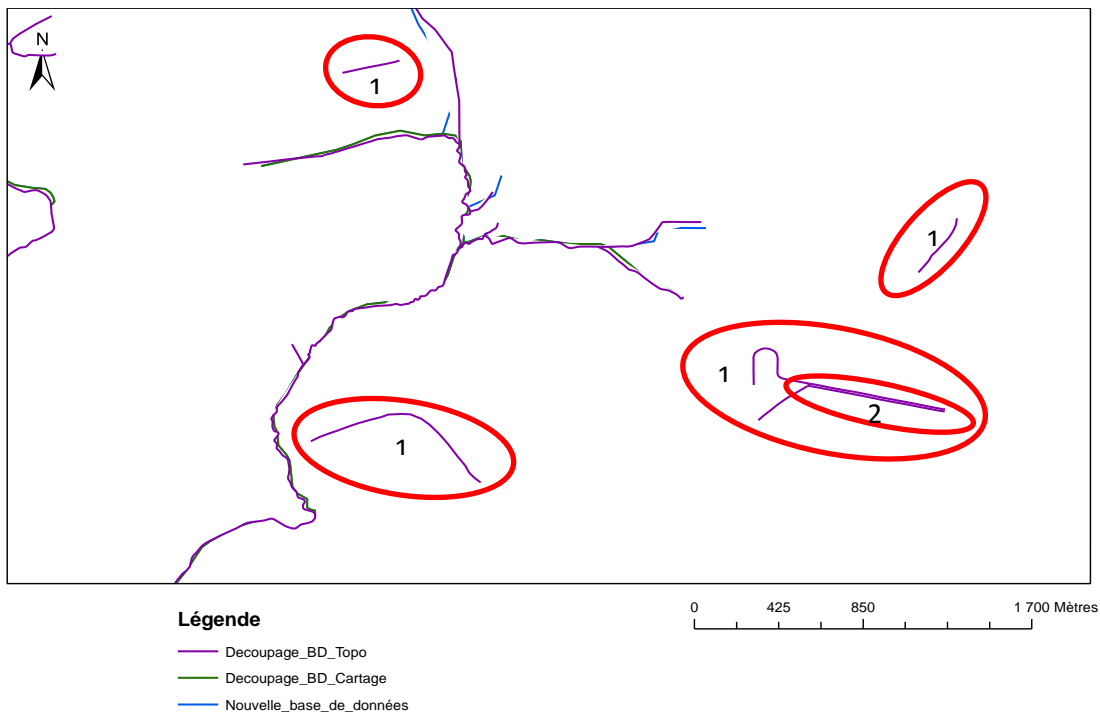
Règle n°10: n tronçon ancien pour x tronçon actuel ($n < x$)



Lorsqu'il y a présence d'un tronçon sans valeur (en dehors du département), les valeurs du tronçon à l'amont lui seront associées. En revanche seules les colonnes Largeurs, Profils, Pentes et Débits seront complétées.

Annexe 4 : Illustration de certaines différences entre les 3 bases de données utilisées (BD Carthage, BD_TOPO, nouvelle base créée)

- Incohérence de BD_Topo_Courdo



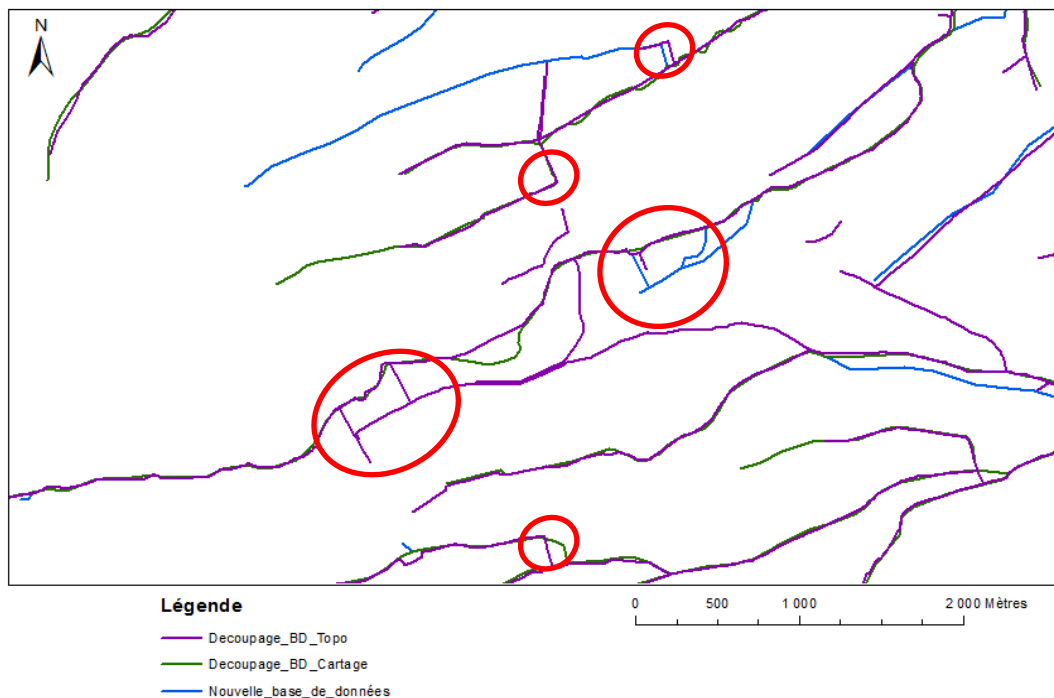
Artefacts de BD_TOPO_Courdo (Source SIG)

- 1- De nombreux tronçons de BD_Topo ne sont reliés à aucun autre tronçon et sont parfois localisés à des endroits improbables (sur les versants). Ce qui rend d'ailleurs complexe la continuité hydraulique du référentiel.
- 2- Certains cours d'eau sont très proches et suivent une même direction, ce sont souvent des fossés de route représentés par BD_Topo, mais qui « dédoublent » les linéaires.

Ces incohérences liées à BD_Topo augmentent le linéaire de cette couche alors que ces secteurs ne sont pas forcément des cours d'eau.

- Fossés ou cours d'eau

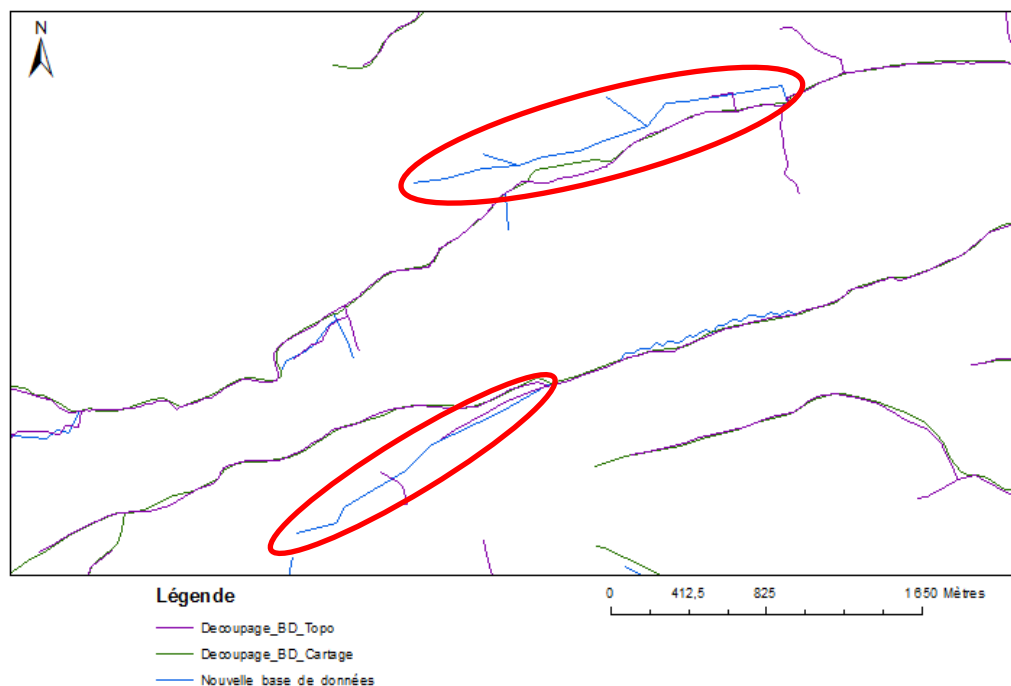
Sur BD_Topo certains secteurs sont facilement classables en fossés, non géolocalisés sur BD_Carthage et non décrits sur les données anciennes avec une géométrie bien définie. Ces portions n'existaient certainement pas lors de la constitution du document ancien. Ce sujet étant toujours complexe, on observe également des cas où l'ensemble des référentiels reprennent des linéaires « peu naturels », ce sont soit d'anciens cours d'eau rectifiés soit des fossés déjà existants à l'époque (cas assez rare mais possible).



Caractéristique des fossés cartographiés (Source SIG)

- Nouveaux linéaires issus du document ancien

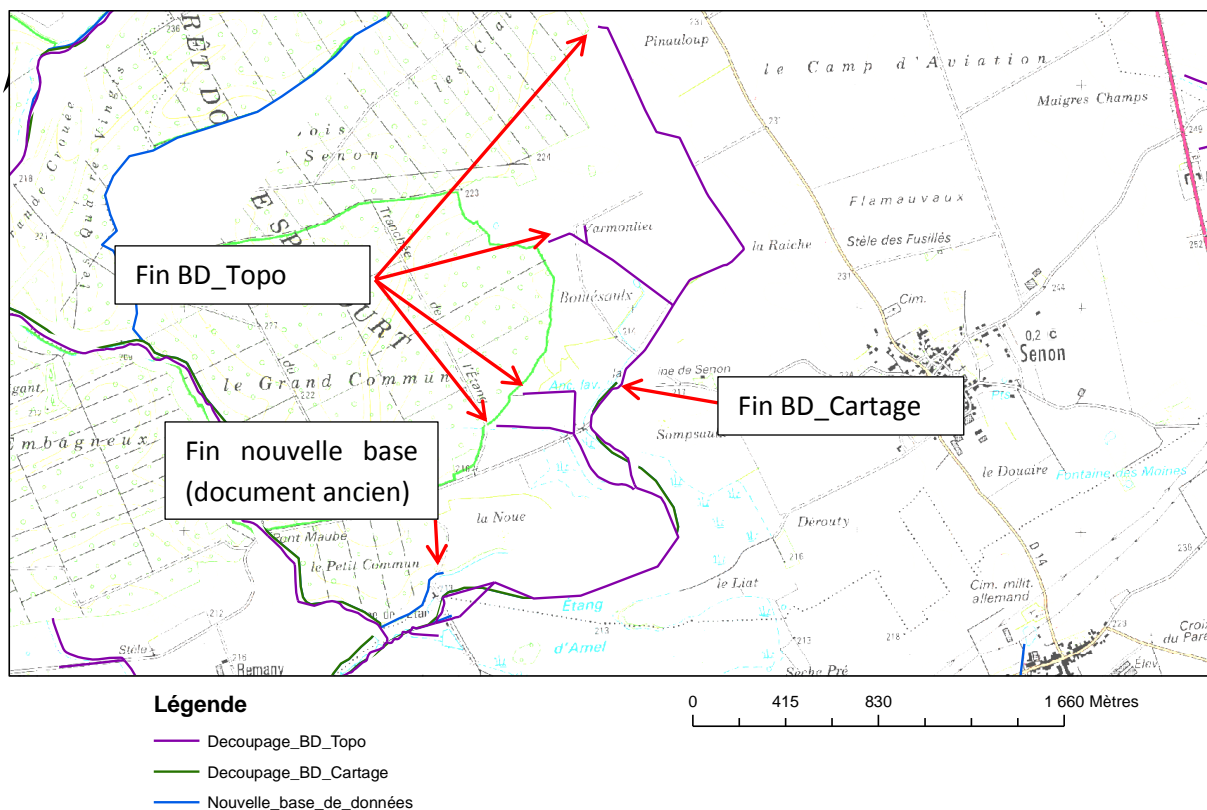
La « nouvelle » base de données possède un linéaire plus important que BD_Carthage. Cela est dû principalement à des cours d'eau décrits dans le document ancien mais non repris dans BD_Carthage ou à des tronçons de BD_Carthage plus courts que ceux décrits dans les tableaux anciens.



visualisation de l'apport du document ancien (Source SIG)

- Certaines zones intéressantes de BD_Topo

Il a été montré précédemment que BD_Topo_courdo présente des approximations sur certaines zones et portions de cours d'eau, et donc certainement que ces portions représentent soit un fossé soit même une absence d'écoulement actuellement. Mais certaines zones de BD_Topo_courdo sont intéressantes du fait que les tronçons de BD_Carthage et ceux décrits dans le document ancien s'arrêtent au niveau de grands étangs et ne remontent pas forcément en amont de ces étangs. Prenons le cas de l'étang d'Amel en amont du bassin de l'Orne.

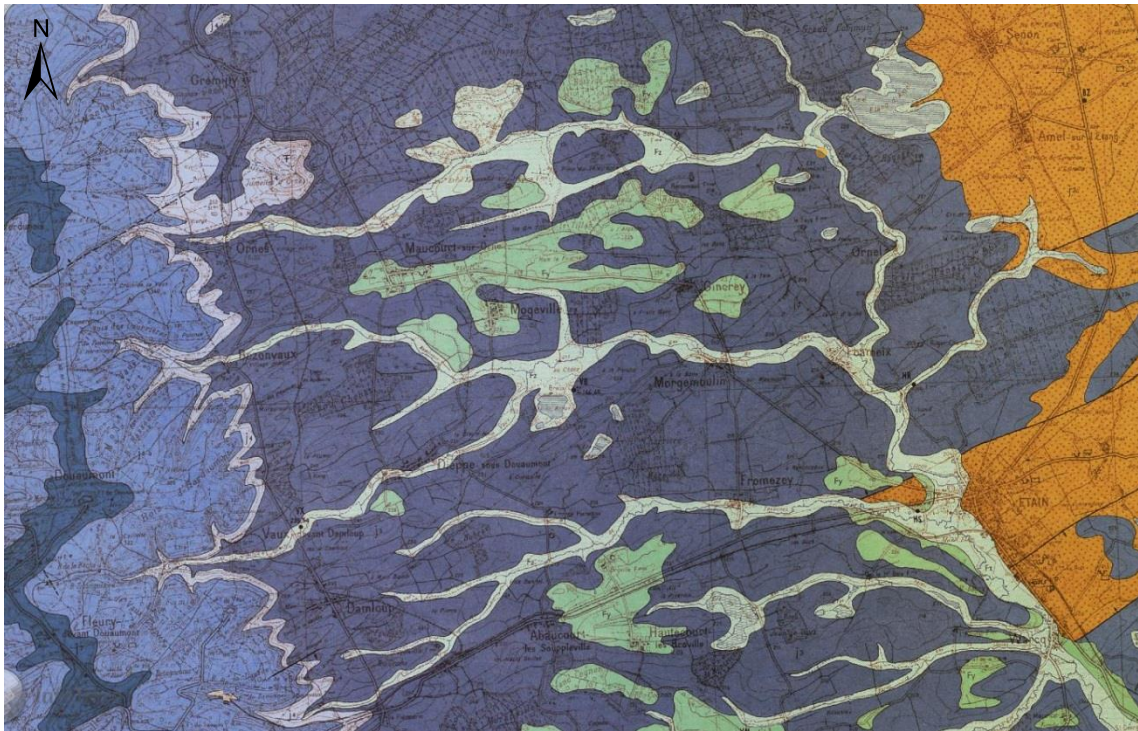


Visualisation des apports potentiels de BD_TOPO (Source SIG)







Ces zones ont une forte probabilité d'être des cours d'eau (encore visibles aujourd'hui ou non en cas de remblaiement, busage...). Ces linéaires en amont de grands plans d'eau sont à considérer avec attention.

Quel que soit les cas de figure, les observations terrain restent importantes à mener pour visualiser des témoins/traces de cours d'eau ou d'anciens cours d'eau. De plus, certaines zones intéressantes de BD_Topo_courdo pourront être décrites avec une observation précise afin de caractériser la présence manifeste de cours d'eau ou de milieux artificiels (des cas complexes subsistants toujours dans cette classification).

Annexe 5 : Carte géologique du bassin amont de l'Orne

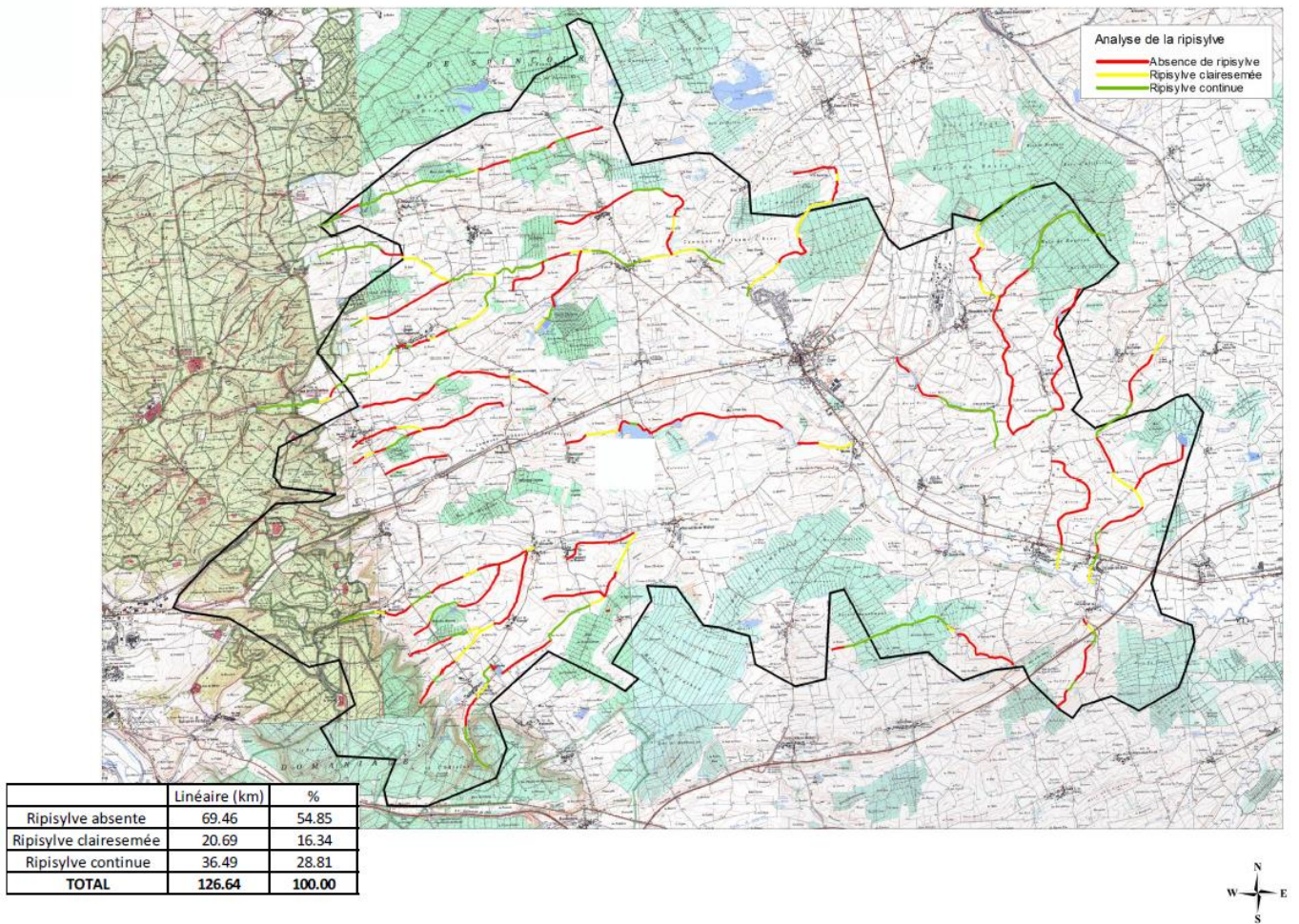


Légende

-  Fz Alluvions récentes
-  Fy Alluvions anciennes
-  j7 Séquanien : complexe d'argiles et de marnes avec éléments calcaires en bancs irréguliers. Micas blancs oolithiques et granuleux terreux à la base
-  j6-5 Rauracien-Argovien : calcaires et marno-calcaires
-  j3 Callovien : partie inférieure et moyenne des "Argiles de la Woëvre"
-  j2c Bathonien supérieur : "Dalle d'Etain"

0 1 2 4 Kilomètres

Annexe 6 : Caractérisation géographique de la ripisylve sur le bassin amont de l'Orne (Source : SINBIO, 2012)



Annexe 7 : Différentes situations de la ripisylve sur la zone d'étude



Exemples de ripisylves en contexte forestier (Source : Photos 21/03/2019)



Berges abruptes très peu favorables au retour spontané de la ripisylve

Berges abruptes très peu favorables au retour spontané de la ripisylve

Exemples de cours d'eau sans ripisylve en contexte agricole (Source : Photos 21/03/2019)

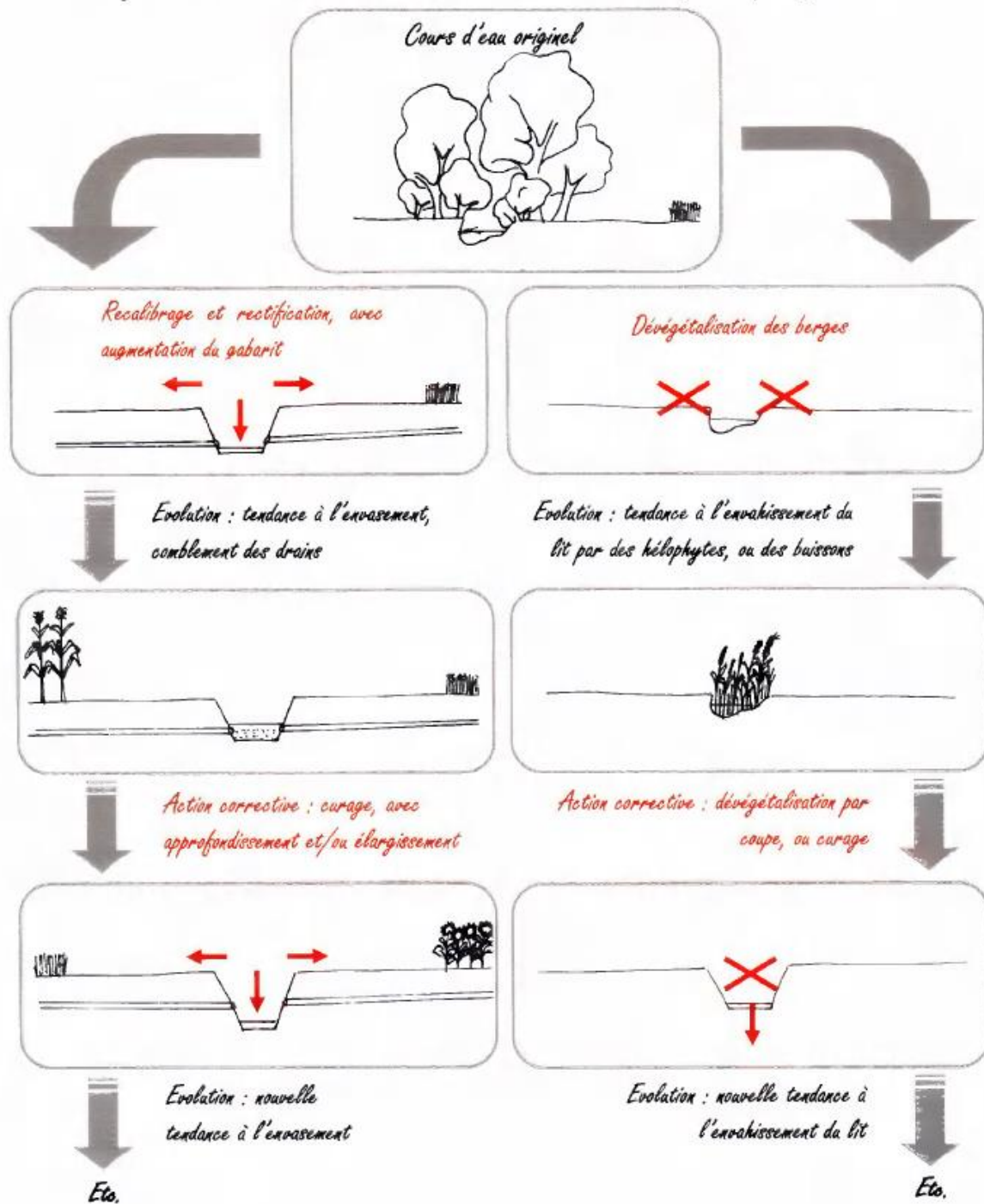


Présence de la ripisylve

Exemples de ripisylves plus ou moins éparse en contexte agricole (Source : Photos 21/03/2019 et 05/06/2019)

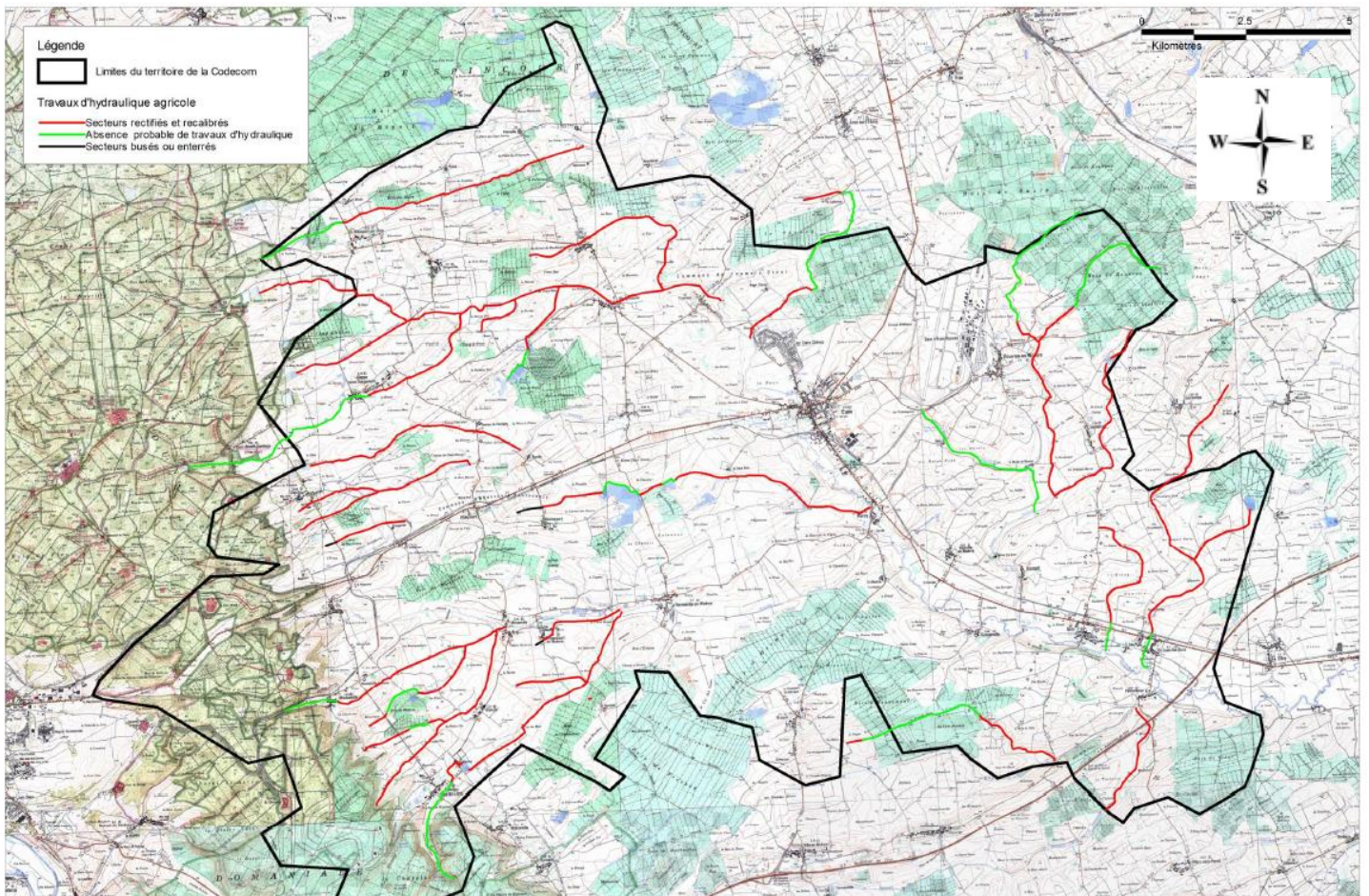
Annexe 8 : Représentation schématique des modifications opérées sur les ruisseaux en tête de bassin versant agricole

Cycle d'évolution des émissaires dans une démarche d'hydraulique agricole



Source : Guide de gestion des travaux de renaturation des émissaires agricoles ; AERM

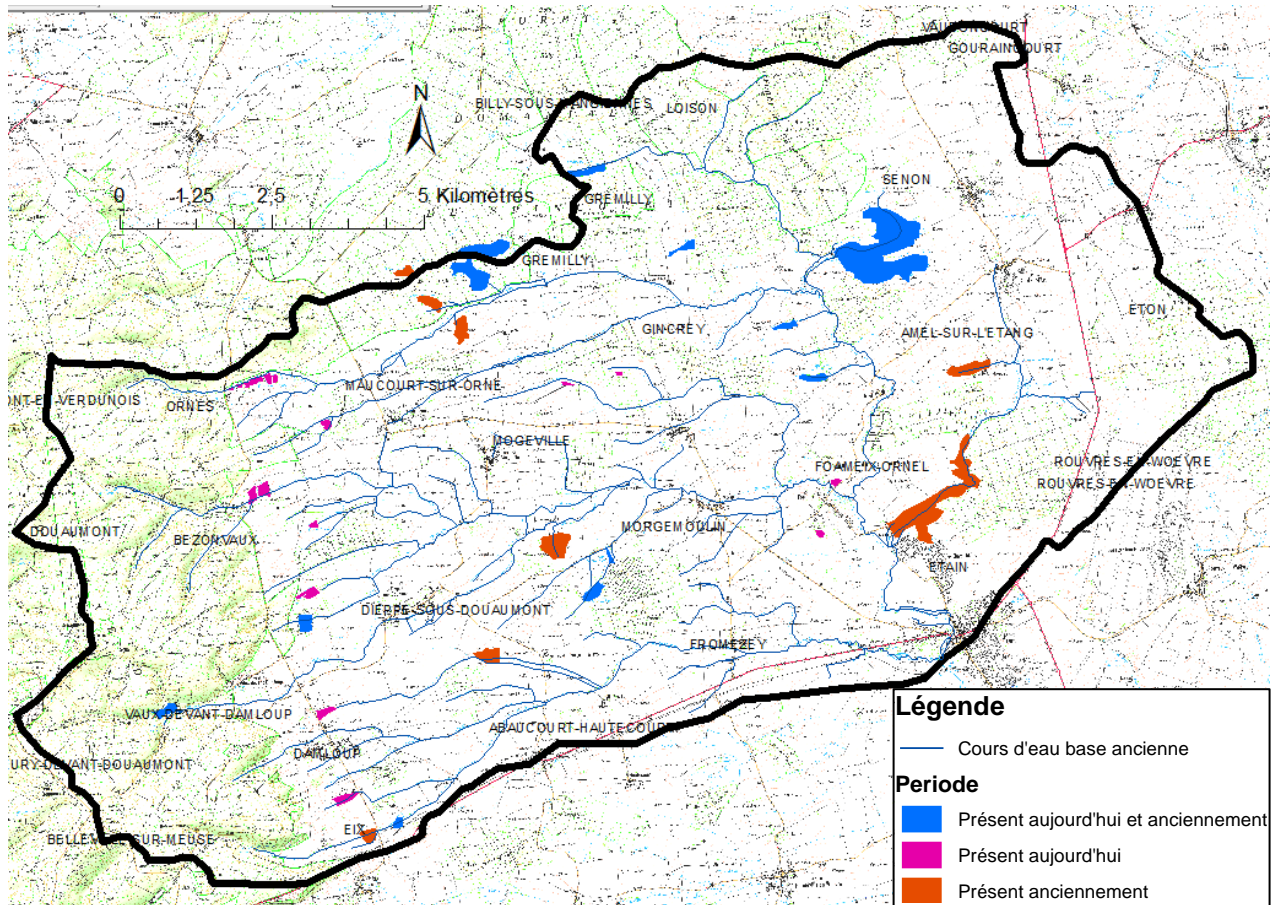
Annexe 9 : Travaux hydrauliques réalisés sur les cours d'eau du bassin versant amont de l'Orne (SINBIO, 2012)



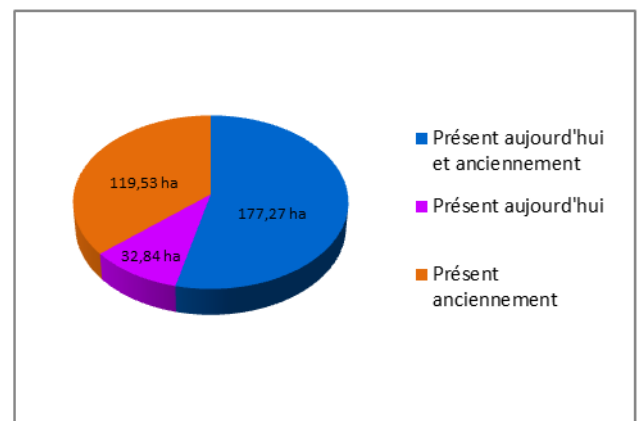
Annexe 10 : Présentation de Zone Tampon Végétalisée en sortie de drains Agricoles (source AERM)



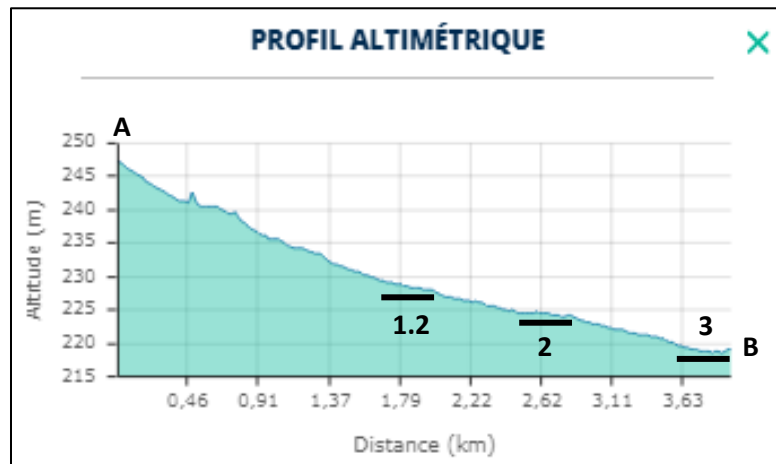
Annexe 11 : Présentation de l'évolution des grands plans d'eau (> 5 ha) sur le bassin amont de l'Orne



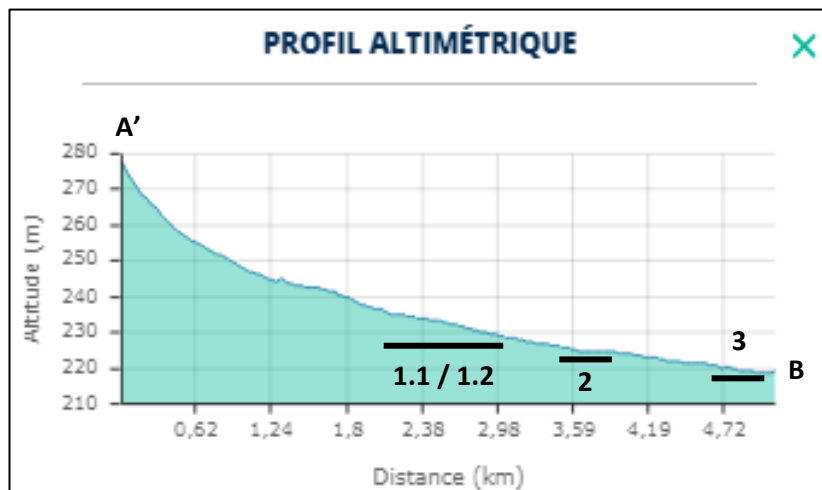
	Surface (ha)	%
Présent aujourd'hui et anciennement	177,27	54%
Présent aujourd'hui	32,84	10%
Présent anciennement	119,53	36%
Total	329,63	100%



Annexe 12 : Profils en long sur les cours d'eau dans le secteur de Damloup

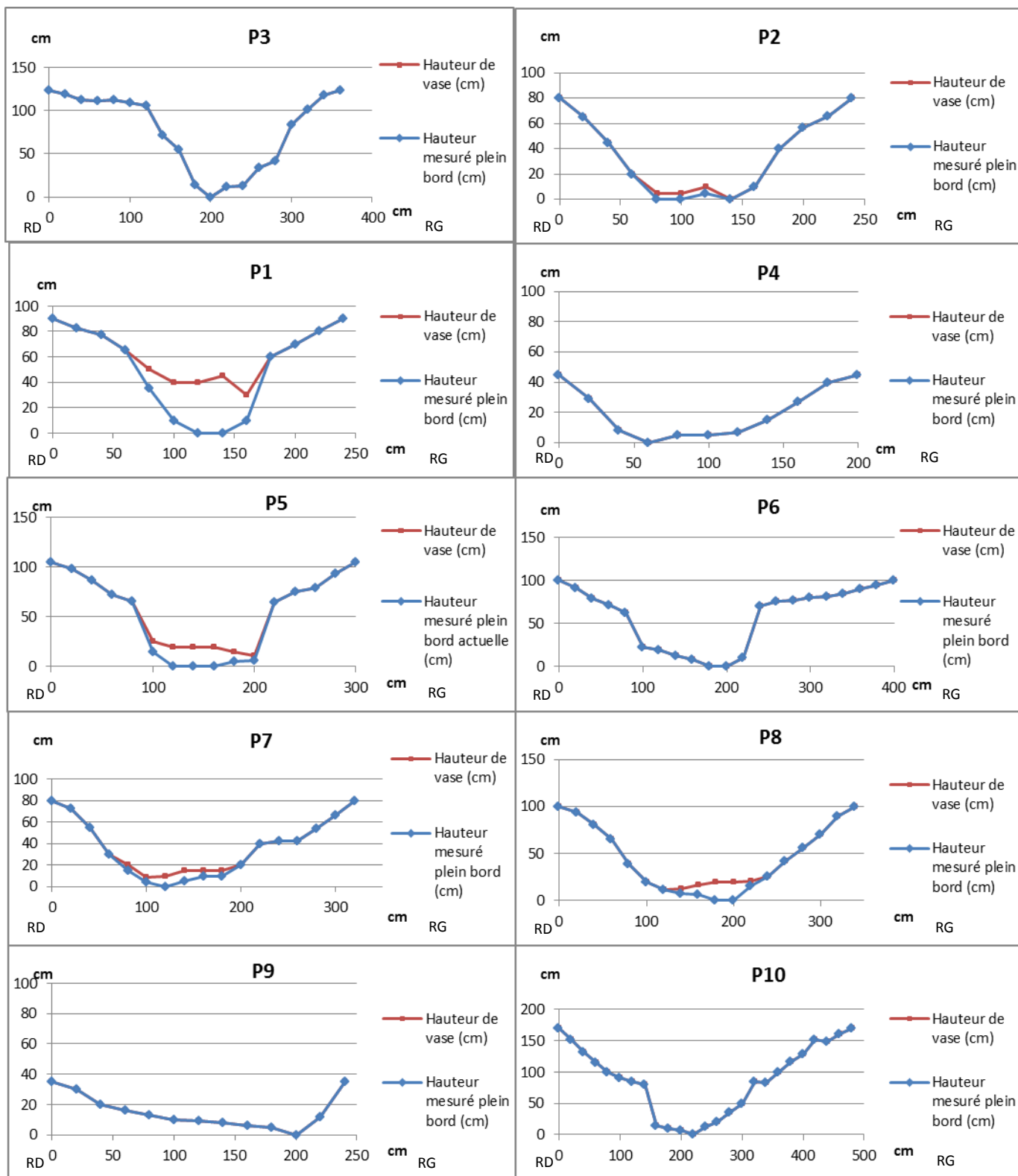


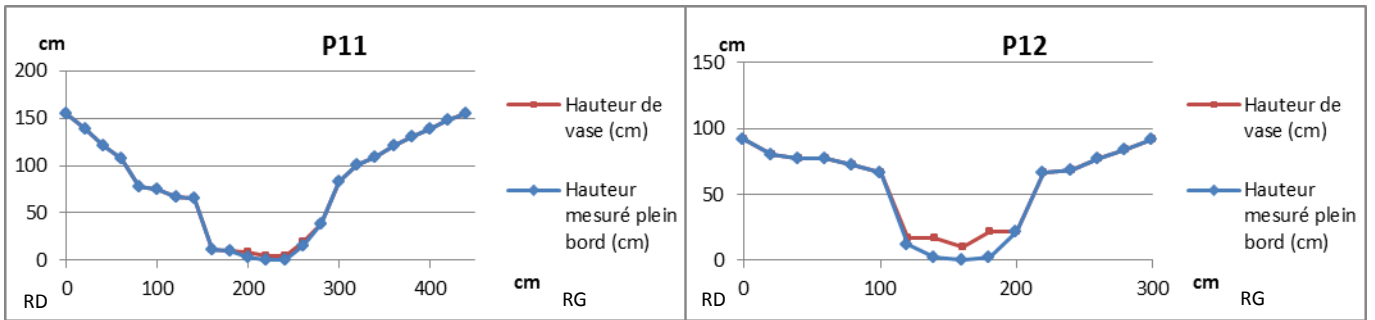
Profil en long A / B (Source : Géoportail 14/06/2019)



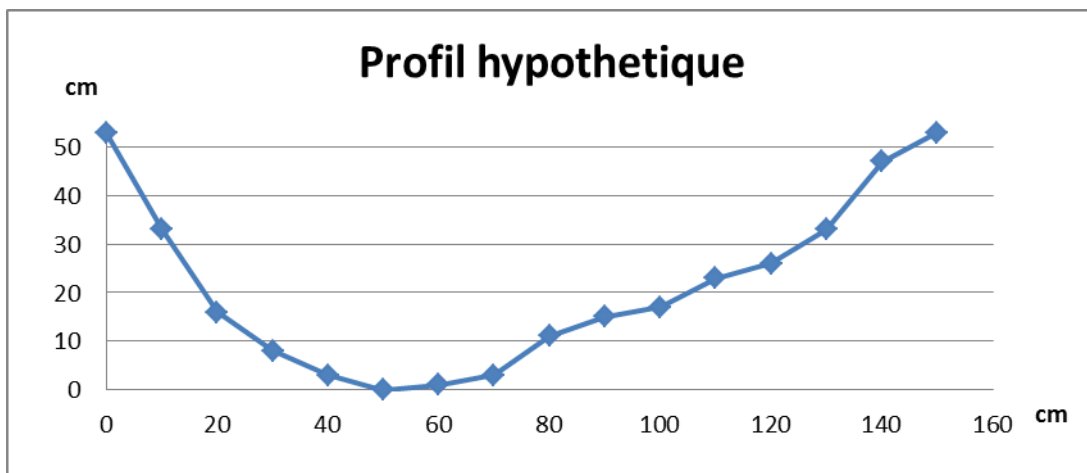
Profil en long A' / B (Source : Géoportail 14/06/2019)

Annexe 13 : Profils en travers réalisés sur les cours d'eau dans le secteur de Damloup

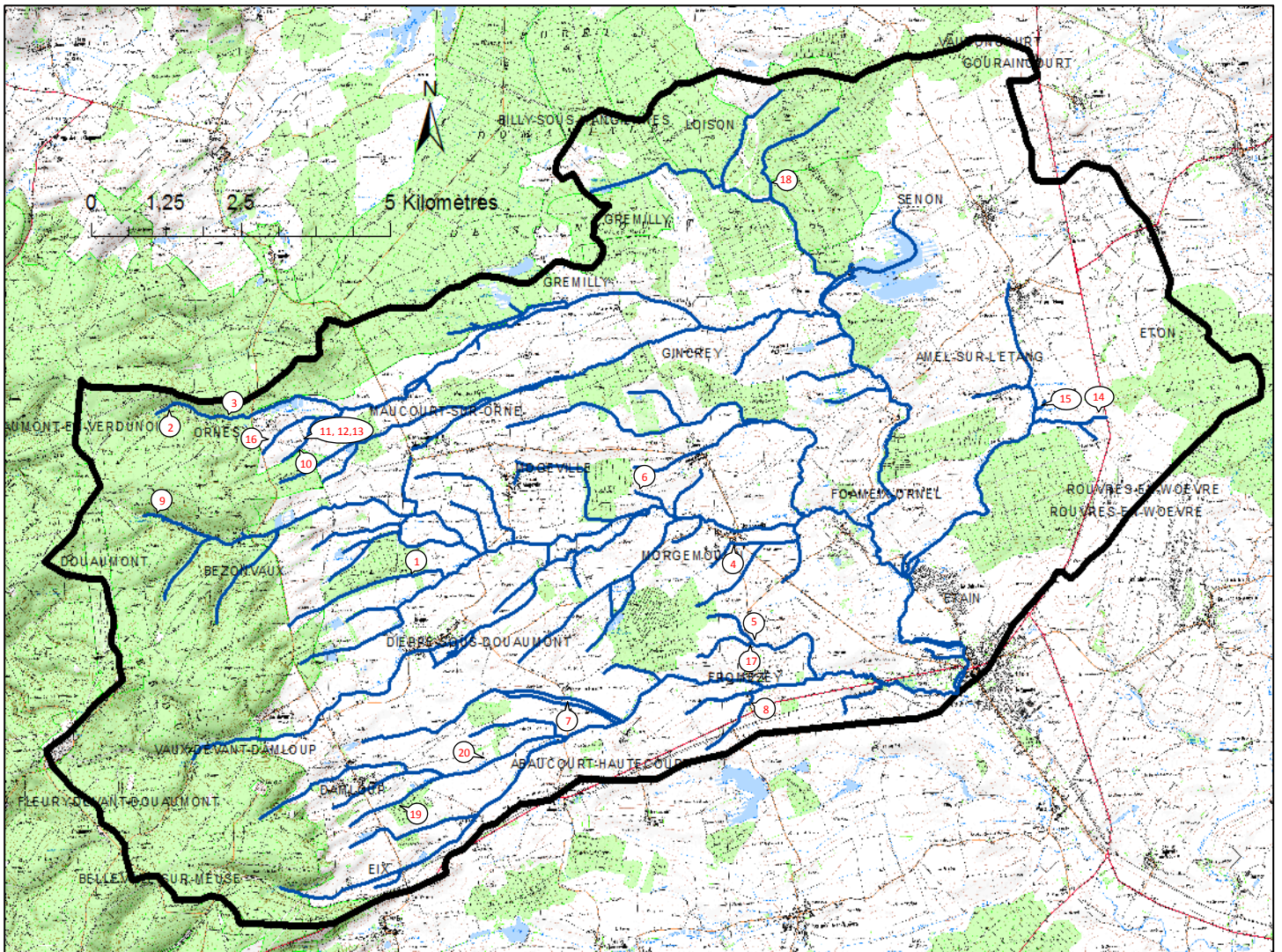




Profil en travers possible de la zone amont



Annexe 14 : Localisation des prises de vue sur le terrain



NOTICE ANALYTIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES

Spécialité Hydrosystèmes

**WENNER
Jean-Thomas**

2019

**Caractérisation historique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse pour
l'appui à l'action territoriale
(Restauration hydromorphologique)**

Nombre de pages : texte : 63 annexes : 20

Nombre de références bibliographiques : 30

Structure d'accueil : Agence de l'Eau Rhin Meuse / Metz / Moselle

Maître de stage : MANGEOT Pierre

Résumé

L'analyse réalisée dans ce document présente les travaux effectués pour collecter et mettre à disposition des données historiques sur les cours d'eau issus de document du 19^e siècle intitulé « Etat statistiques des cours d'eau non navigables ni flottables ». Chaque département français de métropole a réalisé cet inventaire entre 1861 et 1902. Pour permettre une analyse facilitée et une exploitation opérationnelle, les données sont jointes à une cartographie sous Système d'Information Géographique (SIG). Pour évaluer l'efficacité de la mise à disposition de ces données, une étude de cas est conduite sur un bassin versant test.

Mots-clés

Système d'Information Géographique (SIG), Hydromorphologie, Renaturation, Restauration, Données historiques