



## ÉTUDE DES FUSEAUX DE MOBILITE ET DES ESPACES DE BON FONCTIONNEMENT DES COURS D'EAU DU BASSIN RHIN-MEUSE

***Mission 1: Actualisation et synthèse des connaissances sur les fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse***

Février 2017



[www.fluvialis.com](http://www.fluvialis.com)

**FLUVIAL.IS Lorraine (Mandataire)**

16 rue de la Gare – 57320 Guerstling  
03 87 74 61 10

Code APE 7112B – TVA intracom : FR25539545012



**BIOTOPE Agence Nord Est (sous-traitant 1)**

2 bis Charles Oudille  
54 600 VILLERS-LES-NANCY  
03.83.28.25.42



[www.dubost-environnement.fr](http://www.dubost-environnement.fr)

**Dubost-Environnement (sous-traitant 2)**

15 rue Au Bois - 57 000 METZ  
03 87 68 08 62

Code APE 7112B – TVA intracom : FR93410621882



**GWW Grundwasser + Wasserversorgung (sous-traitant 3)**

An der Alten Ziegelei 6  
D-66538 Neunkirchen



## Contenu

1.	Introduction.....	2
1.	Contexte et Périmètre de l'étude.....	2
1.1.	Rappel du cadre administratif et scientifique .....	2
1.2.	Etendue des zones de travail.....	4
1.2.1.	1A – actualisation de l'étude des fuseaux de mobilité de 1999 sur la région Lorraine ..	4
1.2.2.	1B – collecte et analyse des autres études de fuseaux de mobilité existantes sur le bassin Rhin-Meuse .....	5
1.3.	Contexte général des cours d'eau de l'étude.....	7
1.3.1.	Contexte géologique .....	7
1.3.2.	Typologie de cours d'eau.....	7
1.4.	Rappel des connaissances sur les facteurs de la mobilité latérale des cours d'eau .....	10
1.5.	Le potentiel de mobilité théorique des cours d'eau .....	12
2.	Actualisation et précision des fuseaux de mobilité définis en 1999 .....	15
2.1.	Collecte analyse et correction des données de 1999.....	15
2.1.1.	Caractérisation des cours d'eau cartographiés en 1999 .....	15
2.1.2.	Les bases de travail.....	20
2.1.3.	Rappel de la méthodologie appliquée en 1999.....	21
2.2.	Observations sur les résultats de la cartographie de 1999 .....	22
2.2.1.	Observations sur la méthode de cartographie utilisée en 1999 .....	22
2.2.2.	Tentative d'exploitation des fichiers informatiques anciens et calage des fonds images de 1999	24
2.2.3.	Imprécisions mises en évidence lors du travail des anciennes données avec les nouveaux moyens techniques.....	27
2.3.	La préparation des données de base actualisées.....	29
2.3.1.	Numérisation des lits mineurs les plus récents.....	29
2.3.2.	Découpage des lits de cours d'eau en tronçons.....	30
2.3.3.	Détermination de la puissance fluviale spécifique.....	31
2.3.4.	La cohésion des berges.....	34
2.4.	La délimitation des enveloppes de mobilité .....	37
2.4.1.	Détermination de l'amplitude d'équilibre théorique en fonction de la mobilité potentielle par tronçons homogènes.....	37
2.4.2.	Délimitation du fuseau de mobilité fonctionnel .....	48
2.4.3.	Choix graphiques .....	50

3.	Collecte et analyse des autres fuseaux de mobilité délimités dans le bassin Rhin-Meuse (mission 1B)	51
3.1.	Introduction : considérations techniques	51
3.2.	Les fuseaux définis dans le Bas-Rhin	54
3.2.1.	Zorn, Mosselbach et Zinsel du Sud	54
3.2.2.	Sauer, Eberbach, Halbmuehlbach	57
3.2.3.	Moder, Rothbach, Zinsel du Nord	61
3.2.4.	Bruche (CD67, 2012)	62
3.2.5.	Giessen, Lièpvrette (2010)	63
3.3.	Les cours d'eau du Haut-Rhin (Fecht, Weiss, Lauch, Doller, Ill)	65
3.3.1.	Préalable	65
3.3.2.	Principes généraux à l'échelle du département du Haut-Rhin	65
3.3.3.	Prise en compte de la topographie	70
3.3.4.	L'Ill et Bornen aval (CD68 et Région Alsace)	70
3.3.5.	Construction des données livrées	75
4.	Conclusion	76
4.1.	L'actualisation des fuseaux de mobilité des cours d'eau lorrains	76
4.1.1.	Les points de méthodologie inchangés	76
4.1.2.	Les modifications et actualisations pour les cours d'eau lorrains	76
4.2.	La cartographie des fuseaux alsaciens	78
5.	Annexes	79
5.1.	Bibliographie	79
5.2.	Tableau de caractérisation des tronçons des cours d'eau lorrains	81
5.3.	Synthèse de prise en compte des remarques du CoTech (sept- dec 2016)	88
5.4.	Cartes de localisation des tronçons de cours d'eau lorrains	89

# 1. CONTEXTE ET PERIMETRE DE L'ETUDE

## 1.1. Rappel du cadre administratif et scientifique

L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, incitée à l'innovation scientifique et technique par la diversité des types de milieux de son territoire, a été parmi les premières à développer une réflexion sur la dynamique latérale potentielle des rivières.

Dans les districts Rhin et Meuse, avant même que les « fuseaux de mobilité » soient inscrits dans la loi et avant même que la Directive Cadre sur l'Eau fixe des objectifs précis de restauration dont les « espaces de liberté » pouvaient être des outils particulièrement efficaces, une cartographie des fuseaux de mobilité des grands cours d'eau lorrains potentiellement mobiles avait été réalisée (AERM, 1999).

Dès la publication de cette étude, le Comité de Pilotage avaient exprimé la nécessité de réaliser des adaptations à l'application d'un coefficient universel de 10 fois la largeur du lit mineur pour tous les cours d'eau alluviaux, sans distinguer les tronçons de dynamique hétérogène (AERM, avant-propos atlas 1999).

Le SDAGE autorise et recommande dans un souci d'efficacité un ajustement pragmatique de la valeur de 10 fois la largeur du lit mineur à condition de la justifier. Il préconise :

- 1) d'améliorer la connaissance des zones potentiellement mobiles (T3 – 03. 1.1.1.) : toutes les rivières alluviales ne sont pas également mobiles et la valeur moyenne de 10 fois la largeur alluviale est :
  - a. parfois insuffisante pour préserver un véritable équilibre et prévenir des risques d'érosion de zones à enjeu ;
  - b. parfois exagérée lorsque la mobilité réelle de la rivière a été mal appréciée ce qui peut auprès des usagers décrédibiliser la pertinence du fuseau et compromettre son acceptation locale.
- 2) d'intégrer dans les documents d'urbanisme les conséquences de la délimitation d'un fuseau (T3 – 03. 1.1.2 et 1.1.3, T5B 02.1)
- 3) de reconquérir les espaces de mobilité : lorsque c'est possible techniquement et financièrement, agir pour restaurer la mobilité latérale naturelle (T3 03.1.1.4 et 03.1.2)

Aujourd'hui sur le bassin Rhin-Meuse, l'essentiel des cours d'eau potentiellement mobiles et de gabarit suffisamment important pour faire l'objet d'une cartographie à une échelle globale (1/10000 – 1/25000) ont fait l'objet de la définition d'un fuseau de mobilité.

D'autre part, après 15 années d'observation pour les premières enveloppes de mobilité fonctionnelle dessinées en Lorraine (Hydratec, 1999), on constate que certains développements peuvent sembler contredire les premières cartographies (méandre de Mangonville sur la Moselle par exemple).

Profitant de la progression des moyens de cartographie informatisée (SIG, Système d'Information Géographique) qui ont favorisé une description plus précise du potentiel de mobilité, un travail de mise à jour et de synthèse a été souhaité :

- mise à jour des cartographies réalisées en tenant compte des évolutions, imprécisions et erreurs de la cartographie de 1999 ;
- modulation de la méthode de définition de l'emprise de l'espace de mobilité nécessaire au bon fonctionnement selon les types de dynamique latérale ;
- normalisation et synthèse des données bancarisées sous différentes maîtrises d'ouvrages afin de faciliter leur traitement et leur exploitation à l'échelle du bassin Rhin-Meuse.



photo 1 : la Vezouze à Croismare (cliché Fluvial.IS 2016)

## 1.2. Etendue des zones de travail

Deux secteurs sont à considérer selon les volets 1A et 1B de la mission :

### 1.2.1. 1A – actualisation de l'étude des fuseaux de mobilité de 1999 sur la région Lorraine

La phase 1A de l'étude concerne uniquement les cours d'eau cartographiés en 1999 lors de l'étude de définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, à savoir :

- la Meuse dans le département du même nom (232 km),
- la Meurthe entre Anould et Lunéville (91 km),
- la Moselle entre Remiremont et Flavigny-sur-Moselle (91 km),
- la Vezouze en aval de Fréménil (36 km),
- la Mortagne en aval de Magnières (31 km),
- la Vologne en aval de Granges-sur-Vologne (30 km).

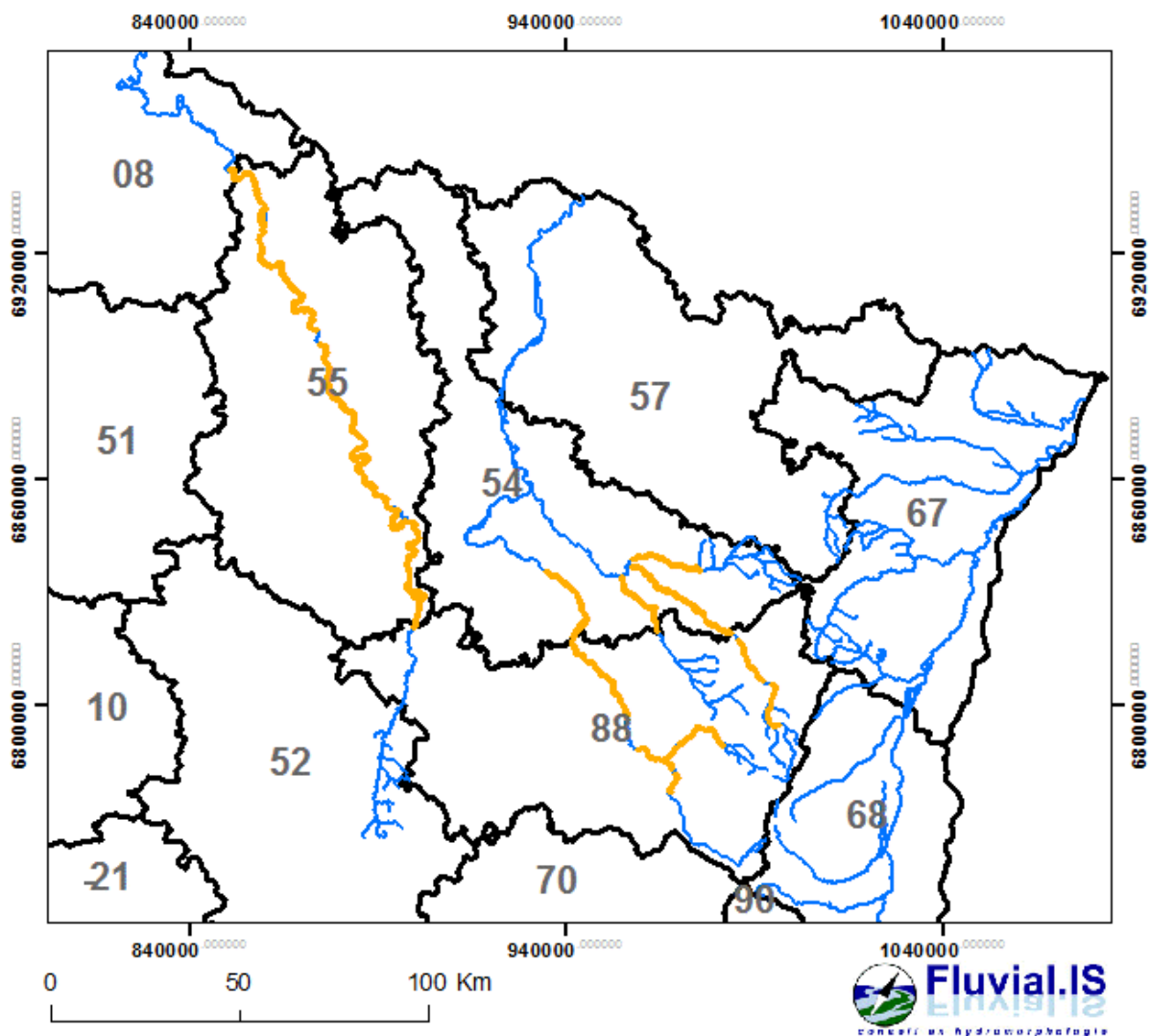


Figure 1 : linéaires de cours d'eau concernés par la phase 1A de la mission (environ 500 km)

Les limites amont et aval des cours d'eau lorrains potentiellement mobiles à étudier ont été définies en 1999 par délibération du Comité de Pilotage en fonction des caractéristiques de mobilité potentielle et du type de cours d'eau (pente, géologie, forme de la vallée, etc).

### 1.2.2. 1B – collecte et analyse des autres études de fuseaux de mobilité existantes sur le bassin Rhin-Meuse

Les cours d'eau recensés comme ayant fait l'objet du tracé de fuseaux de mobilité hors Lorraine dans le bassin Rhin-Meuse sont les suivants :

Cours d'eau	Maître d'ouvrage	Réalisation	Date	Km
Zorn	CD67	S. Nicola	2007	74,9 km
Zinsel du Sud				22,5 km
Mosselbach				16,8 km
Giessen	CD67	Fluvial.IS	2010	41,5 km
Lièpvrette	CD68			19,0 km
Sauer	CD67	N. Labourot	2012	67,2 km
Halbmuehlbach				50,1 km
Eberbach				24,4 km
Bruche	CD67	Fluvial.IS	2012	91,8 km
Moder	CD67	M. Chabrand	2013	82,5 km
Rothbach				22,9 km
Zinsel du Nord				44,5 km
Ill domaniale	Région Alsace	Hydratec / Dynamique Hydro	2005 2012	20,4 km
Bornen				1,9 km
Ill amont	CD68	CD68	2016	107 km
Doller			2007	47,9 km
Fecht			2013	41,9 km
Lauch			2013	31,3 km
Thur			2016	48,5 km
Weiss			2013	18,6 km



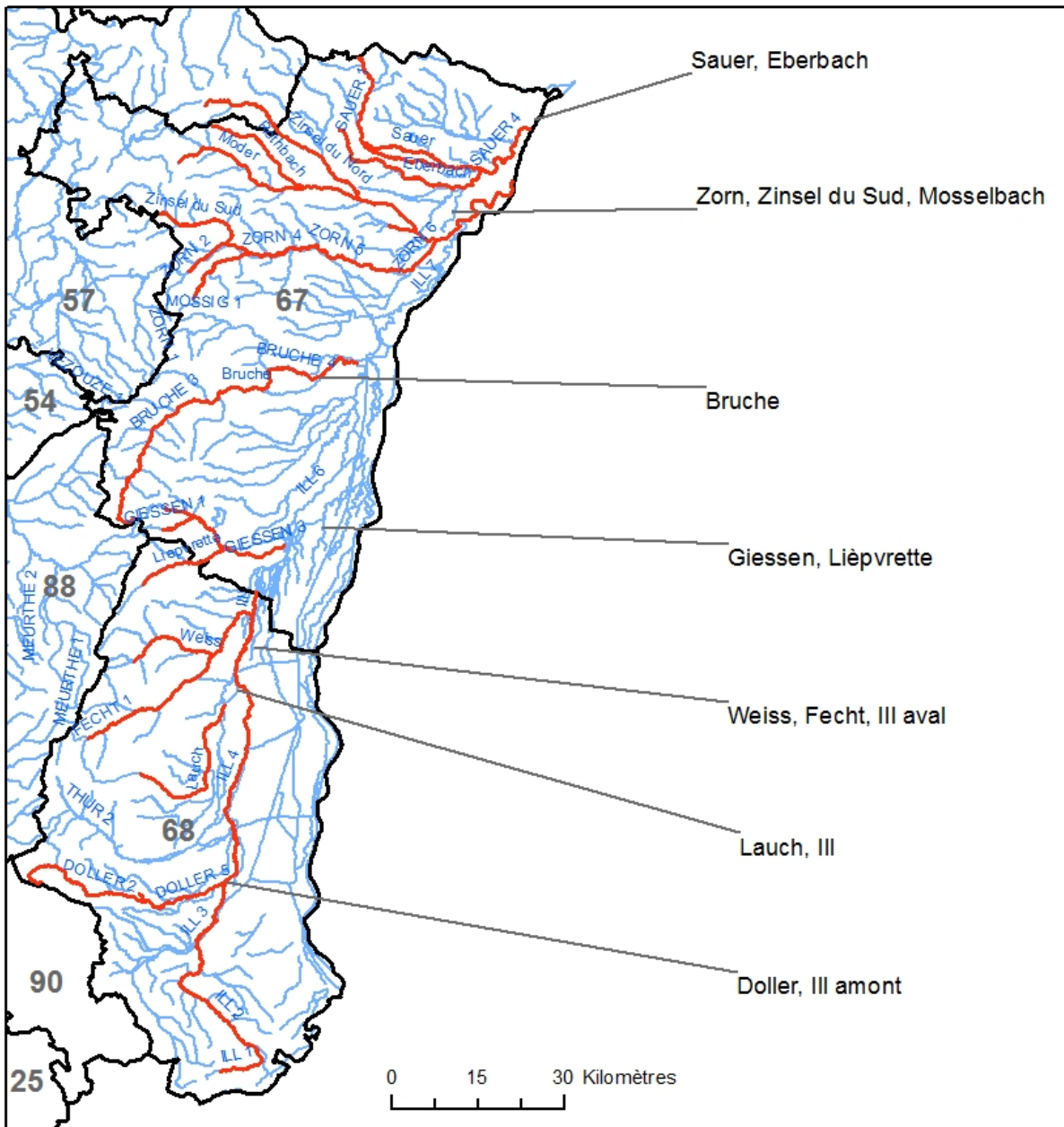


Figure 2 : localisation des fuseaux de mobilité réalisés de 2000 à 2015 - les données concernant le Haut-Rhin étant encore des données provisoires

### 1.3. Contexte général des cours d'eau de l'étude

#### 1.3.1. Contexte géologique

Le bassin Rhin-Meuse s'organise d'Ouest en Est des couches sédimentaires du bassin parisien plus ou moins perméables en fonction de la densité des fissures (Marnes, calcaires, Muschelkalk du Jurassique) vers le socle de roches métamorphiques et magmatiques du massif vosgien (à dominante gréseuse au nord et au centre). A l'Est le fossé Rhénan et son importante couche d'alluvions constitue un compartiment régional à part entière (fig. ci-dessous)

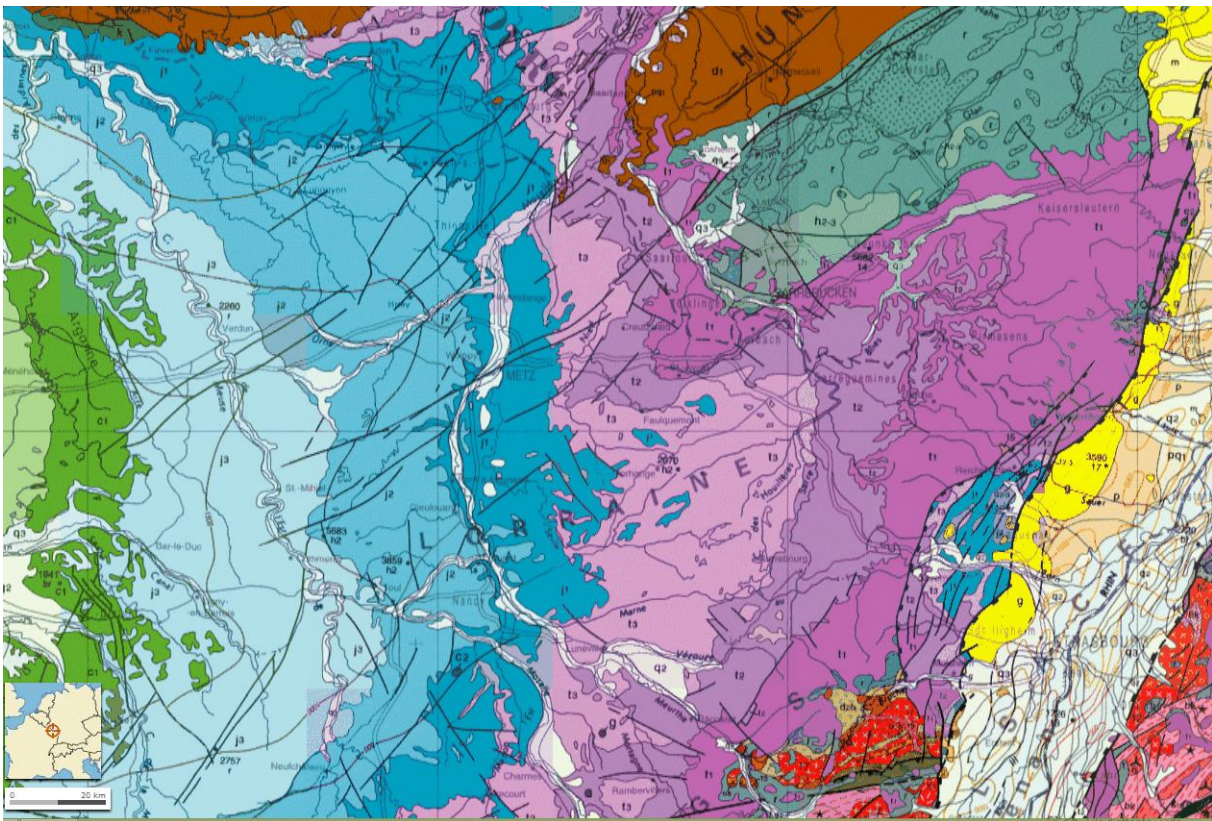


Figure 3 : extrait de la carte géologique de la France sur le bassin Rhin-Meuse ((c) BRGM)

#### 1.3.2. Typologie de cours d'eau

Les grands cours d'eau s'organisent pour l'essentiel en s'écoulant du Sud vers le Nord, en ayant constitué ainsi des vallées plus ou moins larges, propres au dépôt d'alluvions souvent graveleuses à la base (holocène), argilo-limoneuses en surface (modernes).

C'est l'importance de ces alluvions et leur organisation, d'une part, les apports sédimentaires depuis l'amont d'autre part (ici très souvent en provenance des Vosges cristallines ou gréseuses) qui constituent des premiers éléments explicatifs de la mobilité des grands cours d'eau qui font l'objet de la présente mission.



Figure 4 : les alluvions de la Meurthe à Azerailles (cliché Fluvial.IS, 2010)

Cette diversité structurale et topographique explique pour une grande part la diversité des types de cours d'eau sur le bassin Rhin-Meuse (fig. ci-dessous).

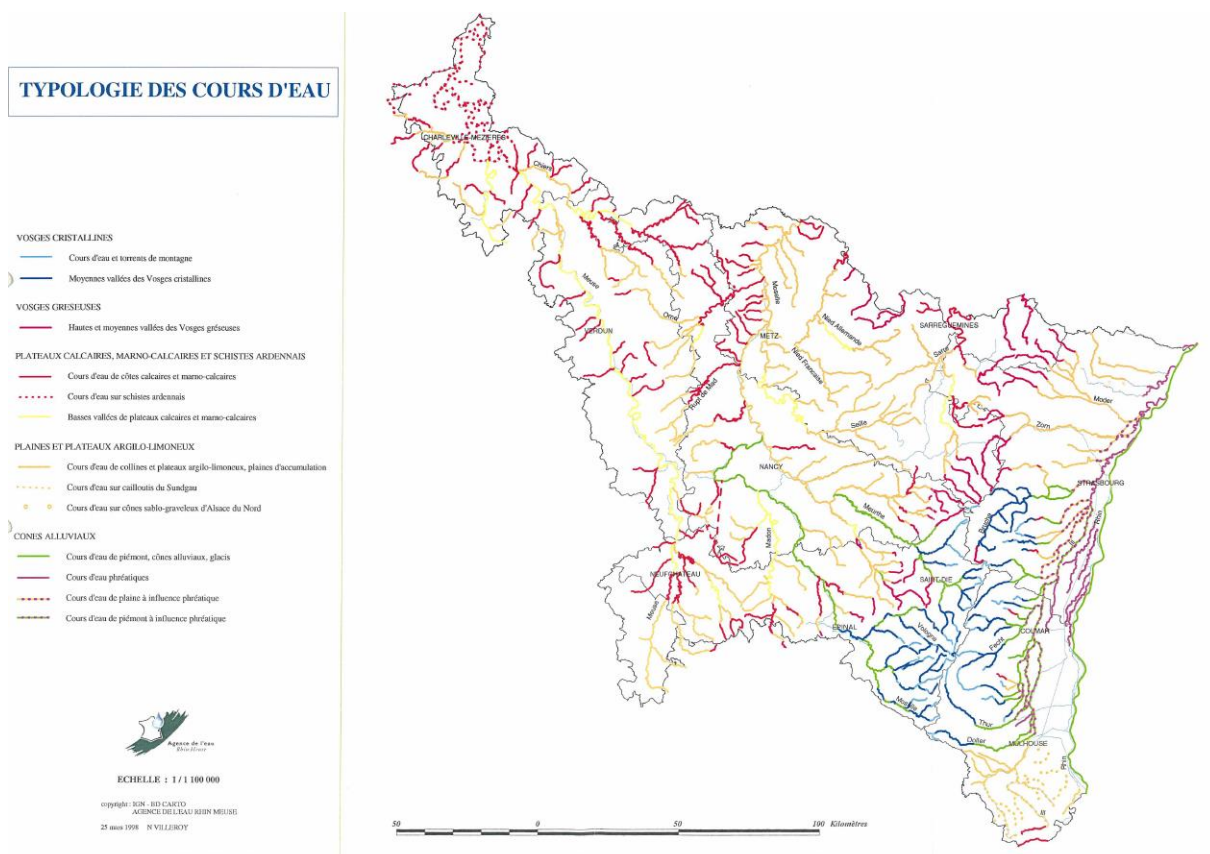


Figure 5 : typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse

De cette typologie il ressort que :

- la Moselle et la Meurthe ainsi que la Vologne sur certains tronçons sont des cours d'eau à dynamique potentiellement active ;
- la Mortagne et la Vezouze sont à dynamique modérée à faible ;
- la Meuse est à dynamique faible.

#### 1.4. Rappel des connaissances sur les facteurs de la mobilité latérale des cours d'eau

Les généralités sur le fonctionnement des cours d'eau ont été désormais largement décrites, tant dans la littérature scientifique ou spécialisée française qu'internationale. Le rapport *Elaboration de méthodes de définition de l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée* (Raccasi et al., AERMC, 2016) en fournit une bonne synthèse. Nous invitons le lecteur à se reporter à ces ouvrages en cas de besoin.

Quoi qu'il en soit, pour le moment au cours de cette première phase, la mobilité est cet aspect du fonctionnement des cours d'eau qui nous intéresse. A notre échelle de travail, il est bien entendu que les seuls cours d'eau qui sont susceptibles d'être concernés sont les cours d'eau alluviaux, ceux qui s'écoulent sur un stock de matériaux de granulométrie variables déposés par la rivière depuis la dernière glaciation.

L'énergie exprimée par les écoulements sur ce fond de vallée façonne un chenal, souvent unique, parfois divisé en plusieurs bras, parfois encore très diffus, dont la géométrie traduit différents « styles fluviaux » (lit sinueux, à méandres, à tresses, anastomosé, etc.).

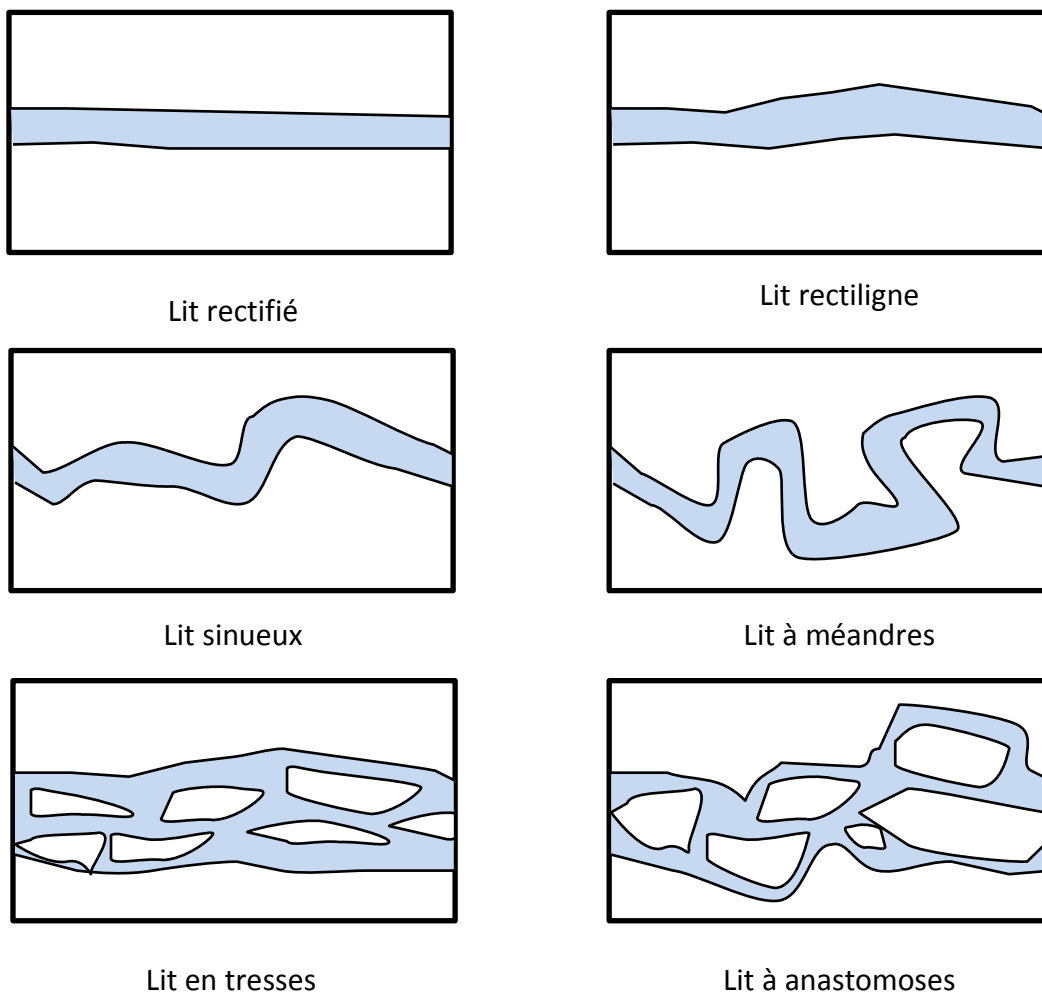


Figure 6 : distinctions générales entre les différents styles fluviaux (d'après Bravard et Petit, 1997)

Ces lits sont plus ou moins mobiles selon que l'énergie (déterminée par les débits liquides et par le niveau de base) et que des freins ou des « accélérateurs » (végétation, stabilité des berges, etc.) se combinent à cette énergie.

L'homme en modifiant ces paramètres (berges renforcées ou fragilisées, entretien de la végétation, recalibrage du lit, etc.) peut également influencer la mobilité naturelle de la rivière.

En se déplaçant, mais également par la capacité de transport des écoulements depuis l'amont de son bassin, les débits liquides s'accompagnent également de débits solides constitués des éléments solides arrachés aux berges et aux fonds.

En fonction des conditions évoluant dans le profil en long, mais également dans le temps et en fonction du cycle hydrologique, ces sédiments sont érodés, transportés ou déposés, modifiant eux-aussi les caractéristiques du lit mineur.

**La prédiction de la mobilité potentielle des rivières est donc un exercice difficile tant les facteurs en jeu peuvent se combiner entre eux.**

Pour rappel, on distingue (cf. AERMC, 2016, p. 7-9) :

- 1) des variables de contrôle :
  - a. pente globale de la rivière ou pente de la vallée, influencée par la structure ;
  - b. la largeur de la vallée, les affleurements du socle géologique peuvent plus ou moins contraindre la mobilité latérale ;
  - c. les débits liquides : par souci de simplification on retient en général que le débit *le plus* morphogène (ou *débit dominant*) est pour les rivières naturelles de nos latitudes celui de la crue annuelle à biennale. En intervenant tous les ans ou tous les deux ans elle est suffisamment fréquente pour imprimer sa marque durablement, aux dépens des autres débits. C'est la raison pour laquelle il s'agit de la crue qui remplit le lit à pleins bords en milieu naturel.
  - d. la structure des berges et des fonds : en fonction de l'héritage géologique, de l'organisation des différentes couches de sédiments, de leur granulométrie, de leur cohésion, les berges et les fonds offriront plus ou moins de résistance à la force du courant.
  - e. la végétation en rive et sur les berges peut augmenter la stabilité des berges ou au contraire les fragiliser (embâcles). En fonction de ses caractéristiques propres (efficacité du racinaire, périodes végétatives, rapidité de développement et de colonisation, taille par rapport au gabarit du cours d'eau, etc.) elle constitue également une variable de contrôle de la mobilité fluviale.
- 2) des variables de réponse. La combinaison des variables précédentes produit des cours d'eau de gabarits et de géométrie différentes que l'on peut essayer de caractériser au moyen de différents descripteurs : sinuosité, largeur du lit, profondeur du lit, encaissement, pente du lit mineur, etc.

### 1.5. Le potentiel de mobilité théorique des cours d'eau

Le « potentiel de mobilité » est un concept développé par Fluvial.IS au cours de plusieurs missions afin de préciser les typologies connues des cours d'eau. En s'appuyant sur un échantillon d'une quarantaine de sites de références, une relation a été recherchée entre la puissance fluviale modulée par le rôle de la végétation riveraine et celui de la structure des berges et la mobilité effectivement constatée.

Pour le moment, nos investigations (cf. étude Saulx Ornain, AESN, 2014) nous ont donc permis d'isoler trois descripteurs qui paraissent assez explicatifs dans la majorité des cas :

- La puissance fluviale spécifique : synthétisant la pente, le débit et le gabarit de la rivière, elle permet la comparaison du potentiel énergétique des cours d'eau entre eux quel que soit le rang de la rivière ;
- La structure des berges : la nature et l'organisation des alluvions du fond de vallée déterminent la capacité de résistance à l'expression de l'énergie du cours d'eau (la puissance fluviale) ;
- La végétation rivulaire : plus ou moins déterminante selon la largeur du lit et la hauteur des berges, la ripisylve peut stabiliser ou au contraire accélérer la dynamique latérale.



Figure 7 : un exemple de racinaire fixant la rive de la Vière efficacement (Fluvial.IS, 2013)

Le rôle de la végétation a été abondamment décrit par les auteurs scientifiques (Piégay, Schumm, Leopold & Maddock, Hey & Thorne).

Par exemple, S. Schumm (The Fluvial System, 1977) a proposé une relation où la densité de la ripisylve vient accélérer le rôle du débit de pleins bords pour l'évaluation de la largeur des rivières graveleuses ( $w = a Q_b^{0,5}$ ) : le facteur  $a$  varie en fonction de l'état de la ripisylve de 4,33 (pas de ripisylve) à 2,34 (ripisylve sur 50% et plus du linéaire considéré).

A la suite de notre coopération avec l'université de Sarrebruck, nous avons également tenté d'approfondir le rôle de la végétation sur la stabilité ou l'instabilité des berges au travers d'un indice. Ce facteur (indice  $I_v$ ) est à pondérer en fonction de la taille de la rivière. Nous l'avons décrit de la façon suivante :

Largeur du lit	Rôle stabilisateur			Rôle nul	Rôle déstabilisateur		
	Très fort	Fort	moyen	moyen	fort	Très fort	
	Ripisylve continue et entretenue	Ripisylve continue mais non entretenue	Berge et talus végétalisés (herbacés)	Berge sans ripisylve et talus sans végétation	Chute ponctuelle de branches	Chutes d'arbres	Forêt alluviale (avec embâcles)
w > 15 m	8	7	6	5	4	3	2
w < 15 m	10	8	7	5	3	2	1

Figure 8 : abaque de détermination de l'indice du rôle stabilisateur de la végétation ( $I_v$ )

La structure des berges est décrite afin d'en estimer la capacité de résistance à la violence du courant et à sa force d'arrachement. Afin de simplifier l'approche, sont pris en compte uniquement la granulométrie et l'organisation des matériaux dans le profil du talus de berge. Un talus constitué d'éléments friables à la base, sera plus instable qu'un talus de même granulométrie mais homogène. La stabilité de la berge en fonction de sa structure est donc évaluée au moyen d'un indice compris entre 10 (très stable) et proche de 0 (très instable). Un abaque doit aider à sa détermination (fig. Figure 19).

D'autres facteurs peuvent être pris en compte en fonction des tronçons tests qui seront inventoriés :

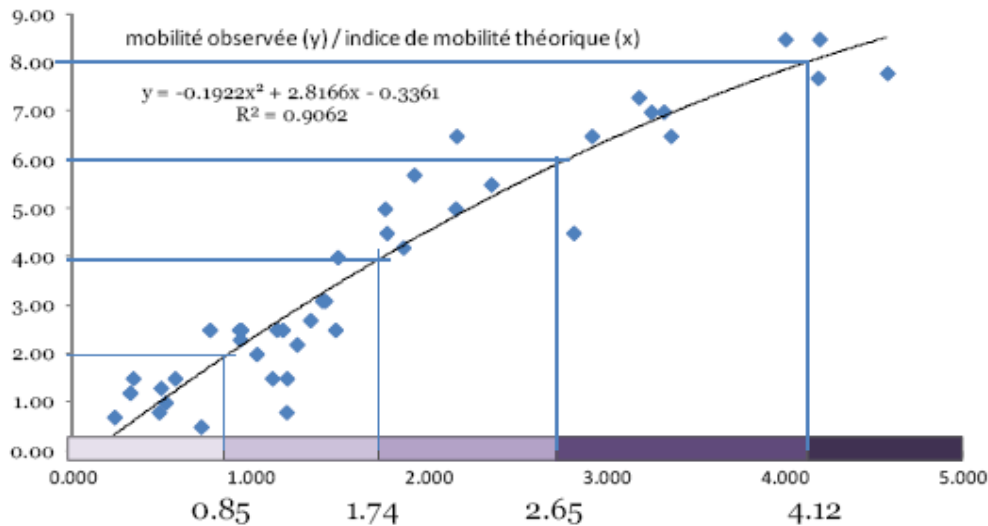
- L'importance de la charge solide en provenance de l'amont (cf. étude pour la modélisation du transport solide de la Saulx et l'Ornain, AESN, 2014) ;
- La présence d'éléments résistants sur les fonds qui peuvent augmenter la divagation latérale (proximité du substratum, seuils artificiels, etc.) ;
- Les perturbations provoquées par les interventions humaines (érosion régressive à la suite de rectifications, érosion progressive à la suite d'artificialisations de berges excessives, etc.).

A partir de la Puissance fluviale spécifique du  $Q_2$  ( $I_w$ ), des indices de cohésion de berge ( $I_b$ ) et du rôle de la végétation de berge ( $I_v$ ) nous avons établi l'indice de mobilité potentielle (théorique).

$$I = I_w / (I_v + I_b)$$



Nous avons pu établir une certaine relation entre la mobilité observée (ou mobilité historique) et notre indice de mobilité théorique. Cela nous a permis de bâtir une typologie sommaire de la mobilité des cours d'eau (ou de leur capacité à mobiliser leur stock alluvial). Sur la base de cette courbe, un « indice de puissance fluviale spécifique » est déterminé (fig. ci-dessous).



Signification des classes de l'indice de mobilité potentielle théorique :

Indice de mobilité potentielle théorique	Disponibilité sédimentaire du stock alluvial
0 – 0.85	L'alimentation du transport solide par la mobilisation du stock alluvial est <b>quasi-nulle</b>
0.86 – 1.74	L'alimentation du transport solide par la mobilisation du stock alluvial est <b>faible</b>
1.75 – 2.65	L'alimentation du transport solide par la mobilisation du stock alluvial est <b>moyenne</b>
2.66 – 4.12	L'alimentation du transport solide par la mobilisation du stock alluvial est <b>forte</b>
> 4.12	L'alimentation du transport solide par la mobilisation du stock alluvial est <b>très forte</b>

Figure 9 : interprétation de l'indice de mobilité

## 2. ACTUALISATION ET PRECISION DES FUSEAUX DE MOBILITE DEFINIS EN 1999

Sur la base du travail précurseur réalisé en 1999 par le groupement Hydratec-Ecolor-Malavoi, il s'agit d'affiner la délimitation des fuseaux en reprenant les cartographies déjà réalisées lors de cette étude.

### 2.1. Collecte analyse et correction des données de 1999

Le choix réalisé en 1999 a été celui d'un « concept de gestion, le fuseau de mobilité devant être compris comme un **espace de mobilité fonctionnel** ayant pour finalité de **garantir sur le long terme les capacités d'ajustement morphodynamique du cours d'eau** (...) ».

#### 2.1.1. Caractérisation des cours d'eau cartographiés en 1999

A partir des données disponibles, il est possible de caractériser globalement les cours d'eau. Chacun de ces cours d'eau a été divisé en tronçons homogènes pour les aspects naturels (hydrologie, sinuosité, forme de la vallée). Dans une certaine mesure, le facteur anthropique a été partiellement intégré (zones rurales/zones urbaines, ...), toutefois sans prendre en compte des équipements de détails qui auraient pour le moment alourdi inutilement la description (ouvrages transversaux, ponts, ...).

Néanmoins, à cette échelle de travail, même si des inspections sur le terrain ont été réalisées et malgré la sectorisation des informations rapportée à l'échelle de tronçons, une certaine généralisation est inévitable : rôle de la végétation considéré comme identique sur l'ensemble du linéaire, non prise en compte des apports de sédiments depuis l'amont, pas de considération du rôle des ouvrages transversaux sur la dynamique locale, cohésion des berges généralisée, etc.

#### Morpho-dynamique générale de la Moselle

Limite amont	Dognéville	Limite aval	Flavigny/M
Longueur totale étudiée (2014)	91 163 m	Surface de BV drainée	3070 km <sup>2</sup>
Pente moyenne	1,7 ‰	Largeur moyenne du lit	62 m
Sinuosité moyenne	1,2	Sinuosité maximale	2,2
Puissance fluviale spécifique moyenne	77 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	191 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge <sup>1</sup>	1,5	Indice de mobilité moyen	4,82

<sup>1</sup> Cohésion de berge : voir § 2.3.4

La Moselle sur ce secteur présente un potentiel de mobilité théorique (naturel) très fort sur 75 % de ses tronçons et fort sur 25 % des tronçons. Cette prédisposition pour la mobilité naturelle, la Moselle la doit en particulier à une puissance fluviale forte, soutenue par la pente de la vallée supérieure en moyenne à 2 ‰. La forte proportion de graviers et de cailloux dans les berges, souvent sur toute la surface du talus et toujours en pied de berge, favorise un affouillement aisé.

C'est la raison pour laquelle le stock alluvial a été largement exploité pour la production de granulats et qu'aujourd'hui les rives de la Moselle sont dans les faits très souvent artificialisées et bloquées.



**photo 2 : la Moselle conjugue une puissance fluviale assez forte avec des berges très souvent friables ce qui explique facilement sa grande mobilité**

### **Morpho-dynamique générale de la Meurthe**

Limite amont	Fraize	Limite aval	Lunéville
Longueur totale étudiée (2014)	91 204 m	Surface de BV drainée	1 105 km <sup>2</sup>
Pente moyenne	4,1 ‰	Largeur moyenne du lit	25 m
Sinuosité moyenne	1,4	Sinuosité maximale	2,7
Puissance fluviale spécifique moyenne	91 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	178 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge	1,8	Indice de mobilité moyen	4,27

A l'amont de Baccarat, la Meurthe est une rivière puissante grâce à une pente soutenue. Bien que le fond de vallée soit relativement étroit, elle déploie souvent une sinuosité prononcée. Les berges sont souvent friables et instables, constituées de matériaux graveleux, largement exploités. Le potentiel de mobilité théorique de ce cours d'eau est logiquement très fort (amont de Baccarat) à fort (Baccarat – Lunéville).



photo 3 : La Meurthe conserve quelques secteurs où la puissance fluviale assez forte et des berges peu cohésives peuvent produire des formes diversifiées proches d'un état naturel

### *Morpho-dynamique de la Vologne*

Limite amont	Granges/V	Limite aval	Confluence
Longueur totale étudiée (2014)	30 529 m	Surface de BV drainée	368 km <sup>2</sup>
Pente moyenne	5 ‰	Largeur moyenne du lit	18 m
Sinuosité moyenne	1,15	Sinuosité maximale	1,32
Puissance fluviale spécifique moyenne	85 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	180 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge	7	Indice de mobilité moyen	1,96

La Vologne est un cours d'eau puissant sur un fond de vallée qui parfois peut approcher un kilomètre de large. La rivière peut donc développer des méandres sur une couverture alluviale importante. Néanmoins, les berges sont plus cohésives que sur la Meurthe ou la Moselle et la Vologne ne montre pas une mobilité aussi forte que ces deux cours d'eau. La sinuosité assez modérée ne tempère pas beaucoup la pente qui reste assez forte. Par contre, la végétation en rive, compte tenu de la taille de la rivière, pourrait jouer un rôle plus important. Son potentiel de mobilité théorique est moyen.



photo 4 : la Vologne reste une rivière de moyenne montagne assez puissante dont les berges sont pourtant assez cohésives. Sa mobilité est modérée à moyenne.

### **Morpho-dynamique de la Vezouze**

Limite amont	Fréménil	Limite aval	confluence
Longueur totale étudiée (2014)	36 379 m	Surface de BV drainée	559 km <sup>2</sup>
Pente moyenne	0,8 ‰	Largeur moyenne du lit	17 m
Sinuosité moyenne	1,5	Sinuosité maximale	2,2
Puissance fluviale spécifique moyenne	35 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	149 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge	8	Indice de mobilité moyen	1,23

La Vezouze est une rivière moyennement puissante (37 W/m<sup>2</sup>) grâce à des débits qui sont assez soutenus. La pente est en effet adoucie grâce à une sinuosité relativement forte. Mais la cohésion des berges argilo-limoneuses en majorité avec peu de teneur en granulats ne permet pas une mobilité vraiment active, à part sur les 5 premiers tronçons à l'amont de Thiébauménil et quelques sinuosités à proximité de Marainviller. Pourtant, même à l'aval la puissance fluviale au premier abord se situe nettement au-dessus du seuil communément admis pour désigner les rivières mobiles (15-20 W/m<sup>2</sup>).



photo 5 : la Vezouze reste une rivière de faible mobilité en raison de berges cohésives malgré une puissance fluviale qui peut être relativement forte

**Morpho-dynamique de la Mortagne**

Limite amont	St-Pierremont	Limite aval	Mont/Meurthe
Longueur totale étudiée (2014)	31 425m	Surface de BV drainée	620 km <sup>2</sup>
Pente moyenne	1,4 ‰	Largeur moyenne du lit	18 m
Sinuosité moyenne	1,4	Sinuosité maximale	2,9
Puissance fluviale spécifique moyenne	37 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	62 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge	7	Indice de mobilité moyen	1,53

La Mortagne affiche des caractéristiques d'une rivière qui pourrait être assez mobile puisque sa puissance est souvent proche de 50 W/m<sup>2</sup> pour les crues annuelles à biennales et que la sinuosité peut être très forte sur certains tronçons. Mais c'est surtout sur la partie amont (amont de Vallois) que se concentrent les secteurs les plus mobiles. Depuis 1999, la rivière semble montrer quelques traces de dynamique. Toutefois, dans l'ensemble, la cohésion de ses berges, tempère l'efficacité hydraulique surtout vers l'aval.



photo 6 la Mortagne à Gerbéviller : une rivière en règle générale peu mobile

**Morpho-dynamique de la Meuse**

Limite amont	Brixey-aux-Chanoines	Limite aval	Pouilly/M
Longueur totale étudiée (2014)	231 893m	Surface de BV drainée	4 022km <sup>2</sup>
Pente moyenne	0,5 ‰	Largeur moyenne du lit	40 m
Sinuosité moyenne	1,4	Sinuosité maximale	4,8
Puissance fluviale spécifique moyenne	24 W/m <sup>2</sup>	Puissance fluviale spécifique maxi.	121 W/m <sup>2</sup>
Cohésion des talus de berge	5,2	Indice de mobilité moyen	1,58

La Meuse est une rivière complexe et la moins puissante, relativement à sa taille, des rivières étudiées. Sa puissance fluviale spécifique est assez modérée, principalement du fait d'une pente en générale assez faible, souvent de moins d'un mètre par kilomètre. La sinuosité du lit est significative, mais s'inscrit dans des alluvions assez cohésives comparativement à la Moselle ou à la Meurthe. De nombreux tronçons canalisés sont à signaler (31,5 km en plus

de la traversée de Verdun) et sont probablement une cause supplémentaire à la faiblesse du transport solide qui semble la caractériser.



photo 7 : la Meuse sur le tronçon 31 (Bannoncourt) : une rivière parfois avec un certain potentiel de mobilité mais souvent de dynamique modérée à faible

### 2.1.2. Les bases de travail

Les auteurs de l'étude se sont préalablement appuyés sur un certain nombre d'études qui avaient été réalisées alors (SOC 54 – 1991, SOC 88 – 1994, Etude des contraintes hydrauliques à l'extraction de graves dans le lit de la Meuse, 1994). Les Schémas d'Orientation des Carrières s'appuient davantage sur le concept d'aléa que sur la définition à proprement parler de fuseau fonctionnel, adapté à « l'intensité de la dynamique fluviale ».

La dynamique latérale des différents cours d'eau a donc été étudiée, notamment au moyen de taux d'érosion, de l'estimation de la durée d'un cycle complet de développement de méandre ainsi qu'en fonction de leur type de développement :

	Taux d'érosion latérale maximum	Durée de développement de méandre	Type de recoupement
Moselle (aval d'Epinal)	3-5 m/ an	20-30 ans	Déversement
Meurthe (aval de Raon l'Etape)	5-8 m/an	100 ans et +	Déversement ou tangence
Meuse	0,6 – 1,25 m/an	> 100 ans	tangence
Vezouze	1,2 – 1,4 m/an	150 – 200 ans	tangence
Mortagne (amont de Gerbéviller)	0,6 m/an	> 150 – 200 ans	tangence
Vologne	0,4 à 0,6 m/an	?	-

Tableau 1 : Caractéristiques de la dynamique latérales des cours d'eau étudiés dans l'étude de 1999.

Compte tenu des valeurs parfois très faibles des taux d'érosion (Meuse, Vologne, Mortagne), les auteurs estimaient que la dynamique fluviale ne justifie qu'on y dédie un espace conséquent que sur la Meurthe et la Moselle (déplacement envisageables dans la limite de quelques décennies), alors que pour les autres cours d'eau le fuseau de mobilité fonctionnel correspondrait davantage à des « espaces tampon, à vocation écologique, paysagère, ou

simplement patrimoniale » (p.33-34). Il s'agissait également d'appliquer un principe de précaution afin d'éviter la création de situations de déséquilibre irrémédiable.

### 2.1.3. Rappel de la méthodologie appliquée en 1999

Trois enveloppes sont délimitées en préparation à la définition de l'espace de mobilité théorique (sans prise en compte des facteurs anthropiques) :

#### **L'espace maximal mobilisable :**

Il s'agit de « l'espace de liberté idéal », celui englobant toute la couverture alluviale des fonds de vallée. Les auteurs se sont simplement basés sur les couches Fz, Fyz et Fy des cartes géologiques (1/50000 et 1/80000) du BRGM.

#### **L'amplitude historique :**

Il s'agit de la partie de cette couverture alluviale qui a été balayée par la rivière depuis 1,5 à 2 siècles, sur la foi des cartes d'archives (XIX<sup>ème</sup> siècle et début du XX<sup>ème</sup> siècle, photographies aériennes XX<sup>ème</sup> siècle).

#### **L'amplitude d'équilibre théorique :**

Sur la base à la fois des travaux de chercheurs au cours de la seconde moitié du siècle dernier et de mesures sur le bassin Rhin-Meuse, les auteurs de l'étude ont retenu une relation *moyenne* entre l'amplitude des méandres et la largeur du lit à pleins bords égale à un facteur 10. Toutefois, déjà en 1999, on avertit que « peu d'auteurs se sont réellement intéressés à l'amplitude des sinuosités naturelles et que ceux qui s'y sont intéressés trouvent des valeurs assez éloignées les unes des autres » (1999, p. 40).

Le rapport d'étude mentionne par ailleurs que « si des contraintes humaines ou naturelles limitent la dynamique fluviale sur l'une ou l'autre des berges (route, voie SNCF, coteau,...) la différence d'amplitude est reportée sur l'autre berge (1999, p.53).

Le fuseau fonctionnel est ensuite délimité par la fusion de ces deux enveloppes, diminué des restrictions liées aux usages (« contraintes humaines et économiques majeures ») :

- zones bâties : zones urbaines, villages, hameaux, fermes,
- voies de communication et leurs ouvrages (routes, voies communales, voies ferrées, canaux),
- captages (puits et champs captants),
- gravières et plans d'eau de plus d'un hectare,
- pylônes EDF situés à des changements de direction de ligne,
- canalisations.

Les barrages et protections de berges n'ont pas été retenus comme restrictifs.

C'est ce fuseau fonctionnel qui est la référence réglementaire pour les projets d'aménagement en zone alluviale (interdictions juridiques opposables selon l'arrêté du 22/09/1994 et SDAGE, schéma des carrières).



## 2.2. Observations sur les résultats de la cartographie de 1999

### 2.2.1. Observations sur la méthode de cartographie utilisée en 1999

A ce stade de l'étude, plusieurs types d'observations complémentaires peuvent être faites.

#### **Echelle de représentation**

Si le 1/25000 semble adapté pour les cours d'eau de grand gabarit (largeur > 25 m), pour les cours d'eau de plus petite taille comme la Vezouze ou la Vologne, la lecture des cartes gagnerait à une représentation plus précise (échelle 1/15 000 par exemple).

De plus l'unité de base utilisée en 1999 était celle de 22 longs secteurs sur lesquels l'information de la largeur du lit était moyennée (1999, p. 41) et déduite de mesures sur les cartes au 1/25000 (1mm= 25m). Nous avons choisi de numériser le lit de 162 tronçons sur les orthophotos afin de calculer plus précisément cet élément et de pouvoir adapter les largeurs du fuseau au contexte local.

#### **Estimation de la largeur du lit à pleins bords**

Nous avons présenté plus haut le biais que peut représenter l'interprétation de la carte Scan 25 pour estimer la largeur à pleins bords. Néanmoins, la même méthode ayant été utilisée pour tous les cours d'eau traités, on peut considérer que ce biais est minimisé pour l'étude.

Toutefois, il ressort de la numérisation des lits des cours d'eau à partir des orthophotos de 2012-14 parfois des écarts importants avec la réalité. Par ailleurs, nous n'avons pas retrouvé d'information sur les valeurs retenues pour les largeurs moyennes des tronçons de rivière traités ni sur la délimitation de ces tronçons.

Ainsi, à titre d'exemple, nous avons pu constater des écarts importants avec les résultats que nous obtenons en 2016 :

- la Vezouze à Fréménil : largeur de l'amplitude d'équilibre en 1999: 320 m soit une largeur de cours d'eau de 30 mètres. Nous obtenons pour notre part une largeur de lit de 12,3 m soit une largeur d'amplitude d'équilibre de 136 m.
- la Moselle à Bainville-aux-Miroirs : le travail de 1999 a retenu une largeur entre 50 et 60 m alors qu'en réalité la largeur de la rivière est plus proche de 80-100 m en moyenne ce qui fait une différence de 200 à 400 m pour l'amplitude d'équilibre.



Figure 10 : la Vezouze à Fréménil : le fuseau de mobilité atteint une largeur de 320 m indépendamment des lits historiques, ce qui supposerait une largeur de plus 30 m pour le lit mineur. La largeur moyenne du lit de la Vezouze ne dépasse pas 13 m alors qu'elle avait été estimée en moyenne à 26 m en 1999. En pointillés verts nous avons figuré sur les cartes l'amplitude d'équilibre théorique calculée à partir de la numérisation des orthophotos de 2012-14

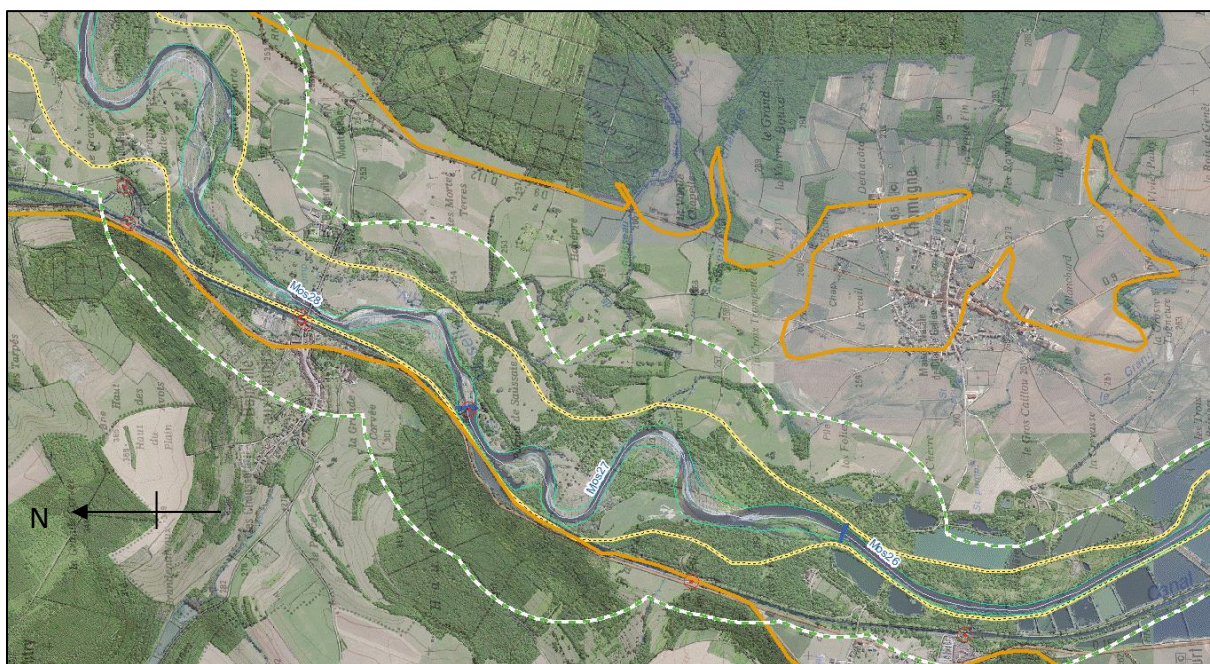


Figure 11 : la Moselle entre Chamagne et Bainville-aux-Miroirs : la largeur du lit évolue entre 60 et 100 m environ : l'amplitude d'équilibre serait alors de 600 à 1000 m (pointillés blancs) alors que la largeur retenue en 1999 était comprise entre 520 et 650 m (pointillés jaune).

### 2.2.2. Tentative d'exploitation des fichiers informatiques anciens et calage des fonds images de 1999

Notre travail a donc consisté dans un premier temps à essayer de recaler les données SIG produites en 1999.

S'agissant d'un format de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur), il a été possible de les recaler assez aisément dans un SIG (Système d'Information Géographique). Le logiciel utilisé a été ARC GIS dans sa version 10.3.

Les fichiers fournis par le maître d'ouvrage pour l'actualisation l'ont été sous deux formats :

- un format de DAO .dwg : avec les tables attributaires qui auraient pu être exploitées. Malheureusement ces données n'étaient pas complètes ; il nous manquait l'ensemble des 16 planches de la Meuse, 1 planche sur la Moselle. De plus ces données présentaient souvent des problèmes de calage (cf. fig. ci-dessous). Dans un souci d'homogénéité nous avons choisi de ne pas travailler sur cette base.

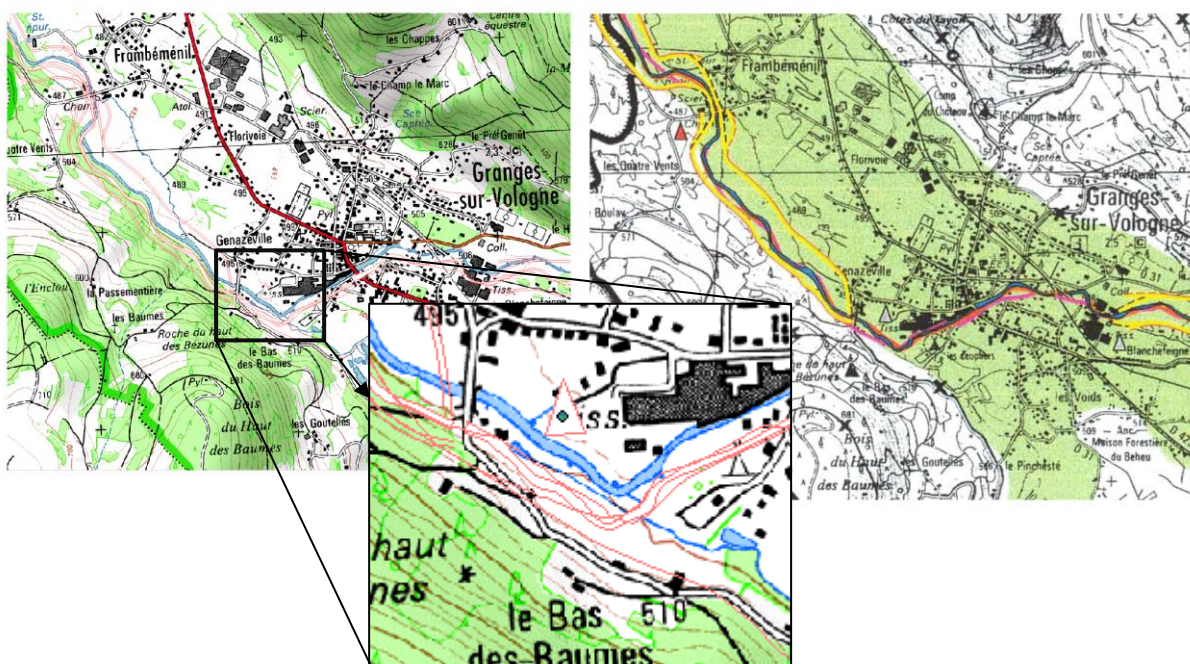


Figure 12 : en rouge dans le zoom : les différentes couches datant de 1999 : un problème de calage ainsi qu'une multiplicité des éléments graphiques ont interdit une reprise facile des données de DAO de l'époque

- un format géodatabase (.ldb et .mdb). Malheureusement cette couche présentait également des imperfections : les attributs des éléments graphiques n'étaient pas joints ce qui n'a pas permis leur identification.

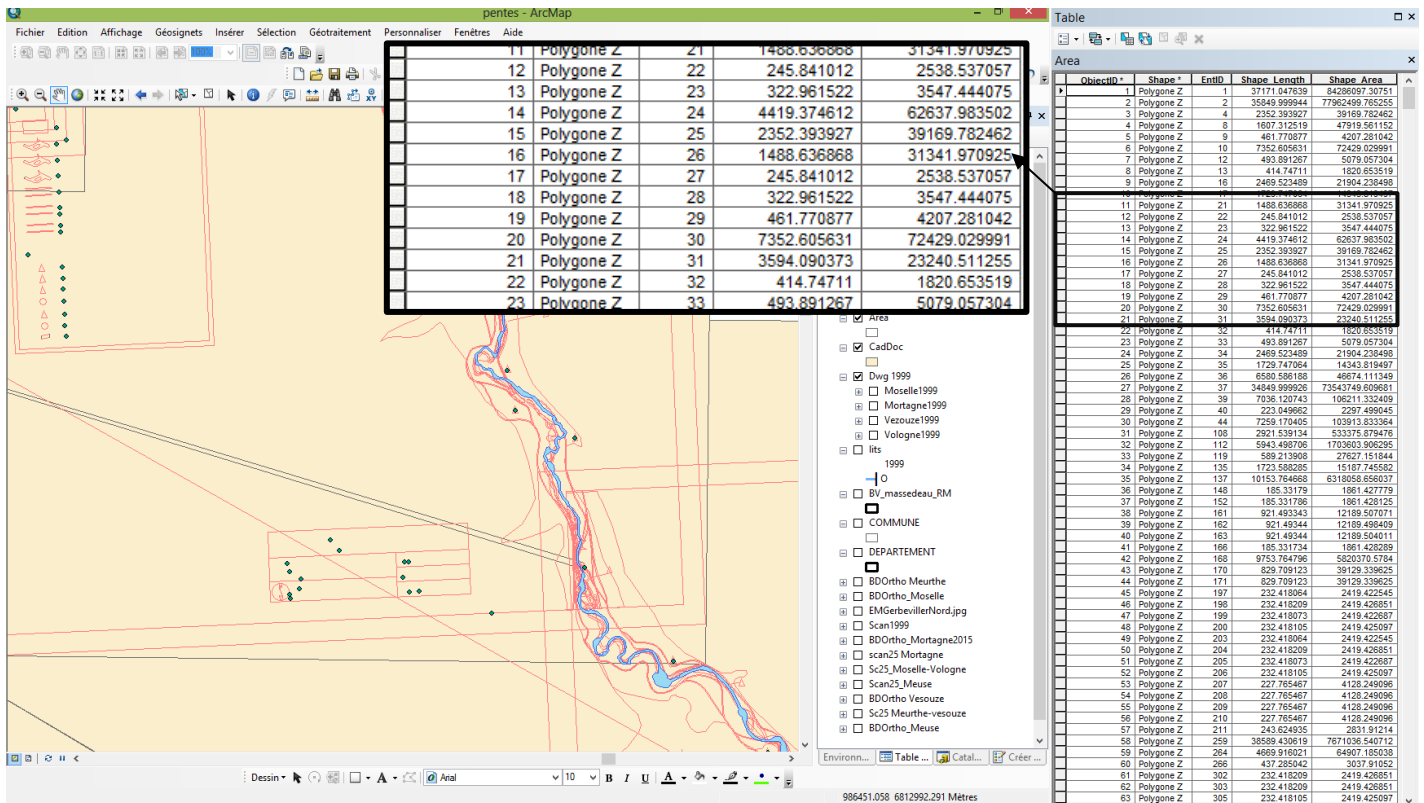


Figure 13 : extrait de la table attributaire liée aux données de DAO de 1999 : les attributs ne permettent pas d'identifier la nature des différents éléments graphiques (segments de petite taille pour la plupart)

Par ailleurs, ces fichiers présentent l'inconvénient d'une très forte segmentation des éléments ce qui ne permet pas une reprise facilitée des données pour les restituer dans une nouvelle cartographie.

Enfin, une partie de ces éléments présentait des défauts de calage.

En outre :

- Ces fichiers vecteurs ont été livrés sans les fonds rasters ce qui ne permettait pas de les remettre en situation.
- De plus, nous avons pu constater qu'à la jonction de certaines planches, des différences de tracé des fuseaux pouvaient intervenir.

Nous avons donc entrepris de géoréférencer les cartes d'origine à partir des fichiers .pdf en fichiers images sous SIG.

En utilisant les deux séries de données précédentes et les cartes géoréférencées nous avons donc numérisé une partie des données créées en 1999. Comme il ne nous était pas possible d'entreprendre la numérisation de toutes les couches créées en 1999, nous n'avons retenu que les deux principales à savoir :

- 1) Le *fuseau de mobilité fonctionnel* (soumis à contraintes anthropiques) (système RGF93 Lambert 93). L'échelle de numérisation est environ le 1/10 000 pour cette phase du travail.
- 2) Les *Alluvions* qui permettent de fixer le cadre de travail, le stock alluvial déposé depuis l'Holocène, susceptible théoriquement d'être remis en mouvement par les cours d'eau mobiles.

A partir des fichiers images des cartes de 1999, nous avons donc procédé à une nouvelle saisie des limites des alluvions telles que représentées à l'époque ainsi que du fuseau de mobilité fonctionnel (soumis à contraintes anthropiques).

Nous pouvons ainsi visualiser ces couches de 1999 pour comparaison sur le fond scan25 (2013) et sur les orthophotos (2012-2015) les plus récents (figure ci-dessous).

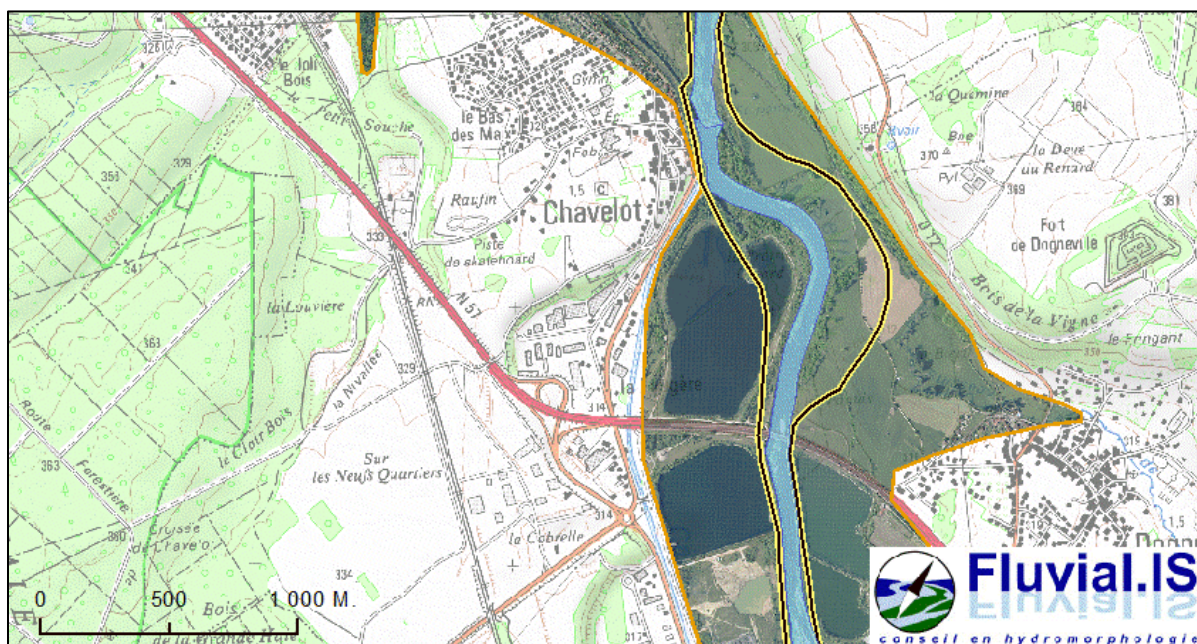


Figure 14 : exemple de cartographie au 1/25000 sur fond de scan25© IGN récent (ici la vallée de la Moselle à l'aval de Dogneville) : en jaune et noir, le fuseau fonctionnel avec contraintes anthropiques tel que défini en 1999. En orange (fond orthophotos© IGN 2012-2014), l'emprise des alluvions telle que définie en 1999. Le lit apparaissant en bleu est le lit mineur actuel.

### 2.2.3. Imprécisions mises en évidence lors du travail des anciennes données avec les nouveaux moyens techniques

A cette phase de l'étude, il est possible de faire plusieurs observations :

- 1) un certain nombre d'erreurs ont été relevées :
  - corrections du fond de vallée (fond de vallée uniquement dessiné à partir des fonds de carte BRGM (éch. 1/50000, le plus souvent 1/80000) : à de nombreuses reprises, le fond de vallée alluvial représenté au 1/25000 ne correspond pas à la couverture vraisemblable des alluvions qui peut être déduite de la topographie : les zones planes du fond de vallée caractérisent (sauf modification anthropique évidente : carrière, déblai, etc.) les alluvions holocènes et l'espace théorique potentiellement mobilisable par les cours d'eau mobiles. Si dans la majorité des cas, ces erreurs de délimitation des alluvions sont sans conséquence sur la définition du fuseau fonctionnel, il arrive que ce type d'erreur ait conduit les auteurs à repousser ou diminuer l'emprise du fuseau fonctionnel.



Figure 15 : un exemple de la limite des alluvions dessinées en 1999 (lignes orangées en gras) qui recourent les lignes de niveau qui symbolisent les versants : l'emprise du fuseau n'est pas vraisemblable (la Moselle à l'amont d'Eloyes)

- fuseau hors des alluvions : lorsque l'emprise des alluvions est trop étroite par rapport à la topographie réelle, le fuseau fonctionnel a alors pu être étendu trop largement sur les versants des vallées ;

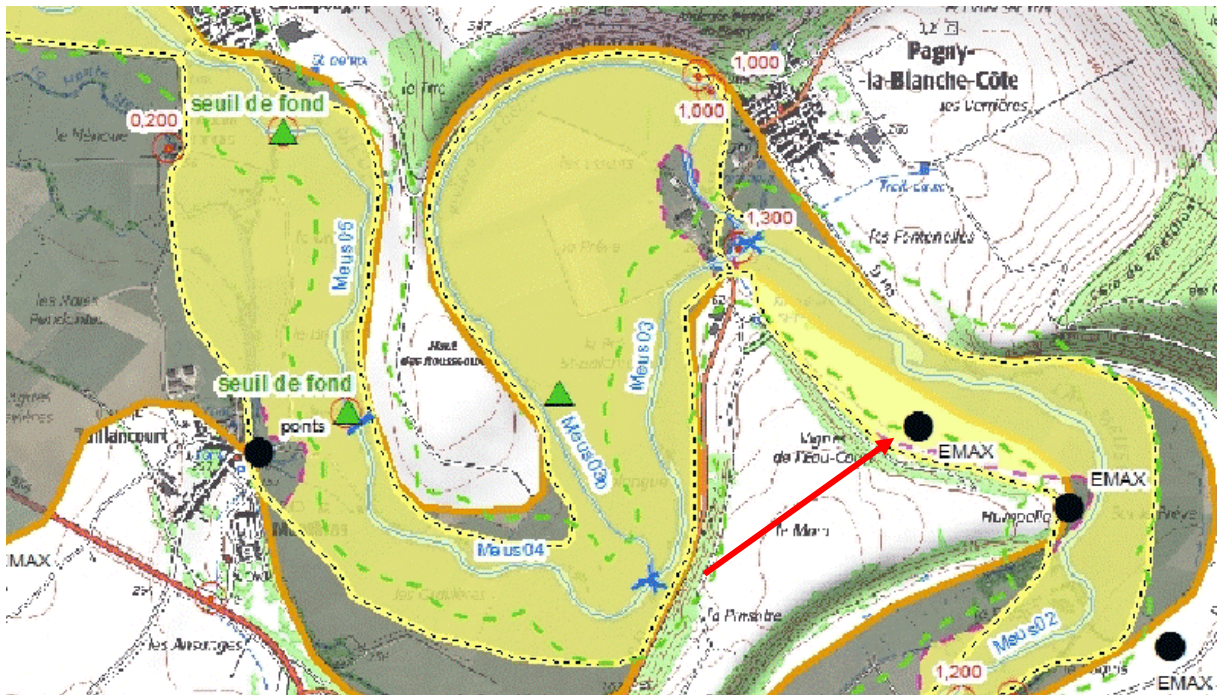


Figure 16 : un exemple de limite des alluvions trop étroite (flèche rouge) due à une mauvaise interprétation des cartes géologiques d'échelle moins précise que les cartes topographiques (La Meuse à Pagny, 55)

- correction de prise en compte d'infrastructures (canal de la Meuse, ponts, etc.) (erreur notée « canal », « pont », etc, 1999) ;
- non prise en compte de tracés historiques.

## 2.3. La préparation des données de base actualisées

### 2.3.1. Numérisation des lits mineurs les plus récents

Afin de vérifier la validité du fuseau de mobilité fonctionnel une quinzaine d'années plus tard, nous avons numérisé le lit mineur des cours d'eau concernés sur la base des orthophotos disponibles (de 2012 à 2014).

Rivière	Linéaire digitalisé	Date des orthophotos
Meurthe	Ensemble du linéaire concerné par l'étude	2012
Moselle	De Remiremont à Charmes	2014
	De Charmes à Flavigny	2012
Meuse	Ensemble du linéaire concerné par l'étude	2011
Mortagne	Ensemble du linéaire concerné par l'étude concerné par l'étude	2012
Vezouze	Ensemble du linéaire concerné par l'étude	2012
Vologne	Ensemble du linéaire concerné par l'étude	2014

La numérisation des lits mineurs a été réalisée à des échelles différentes selon la taille des cours d'eau :

- les petits cours d'eau (Vologne, Vezouze, Mortagne) ont été numérisés à une échelle variant entre le 1/800 et le 1/1000 ;
- les grands cours d'eau ont été numérisés à une échelle variant entre 1/1000 et 1/3000 maximum.



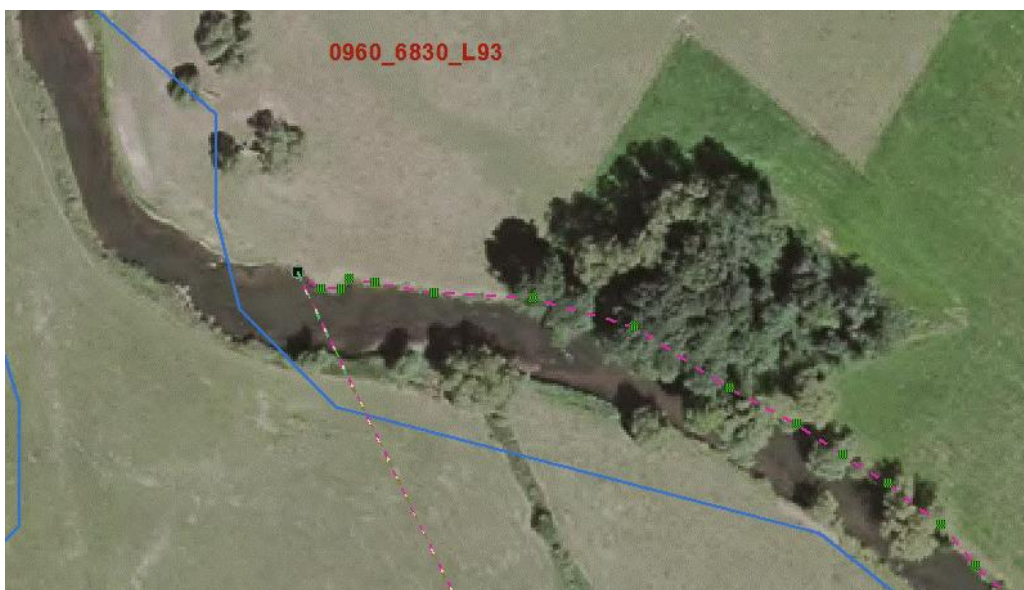


Figure 17 : exemple des choix de numérisation du lit mineur (ici la Mortagne à Magnière) : la rive droite de la Mortagne est ici en train d'être numérisée en suivant le haut de berge et en extrapolant sous le couvert de la ripisylve.

### 2.3.2. Découpage des lits de cours d'eau en tronçons

L'étape suivante a consisté à créer des tronçons « homogènes » du pont de vue du fonctionnement morpho-dynamique en se basant sur :

- les confluences,
- la sinuosité apparente du lit,
- l'occupation du sol en rives.

Ainsi ce sont 163 tronçons qui ont été définis, répartis de la façon suivante :

Cours d'eau	Nombre de tronçons	Longueur moyenne (m)
Vologne	14	2180
Mortagne	14	2244
Vezouze	16	2273
Moselle	33	2762
Meurthe	32	2850
Meuse	54	4294

Ces tronçons constituent la base de travail, puisqu'ils permettent de calculer de façon automatique (par tronçon) des indicateurs qui permettront de caractériser la dynamique potentielle de chacun, et donc d'adapter la méthode de définition du fuseau de mobilité à cette dynamique propre.

Ainsi, nous disposons d'une base de travail beaucoup plus précise que celle utilisée en 1999 :

- elle s'appuie sur des orthophotos récentes, de 2012 à 2014 avec une résolution de 0,5 m plutôt que sur une cartographie au 1/25000 ;
- les unités de travail (tronçons homogènes) sont de l'ordre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres (moyenne de 3km) au lieu de plusieurs dizaines de kilomètres ;
- cette échelle de travail permet de prendre en compte les variations de contexte morphodynamique (variations des débits morphogènes, des valeurs de pente, etc.) qui n'avaient pas pu l'être en 1999.

### 2.3.3. Détermination de la puissance fluviale spécifique

#### *La largeur à pleins bords*

La largeur à pleins bords est une variable déterminante pour cette mission pour deux raisons :

- la largeur à pleins bords est utilisée pour estimer la puissance fluviale spécifique<sup>2</sup> ;
- la largeur à pleins bords est utilisée depuis 1998 pour estimer l'amplitude d'équilibre théorique des fuseaux de mobilité (Guide Technique nr 2, détermination de l'espace de liberté des cours d'eau, AERMC, 1998).

Elle doit donc être déterminée le plus précisément possible.

Après avoir numérisé la surface du lit mineur de chaque tronçon homogène et mesuré la longueur de chaque tronçon, il est aisé de calculer de manière automatique la surface du lit mineur (par tronçon).

Grâce à un procédé de numérisation automatique (module ETgeowizards), la ligne centrale du polygone de chaque tronçon est générée de façon automatique. Cela permet d'obtenir la longueur de chaque tronçon et donc, à partir de la surface en lit mineur de chaque tronçon, d'en déduire la largeur moyenne du tronçon (voir tableau en annexe).

Pour rappel, en 1999, le choix avait été fait de sélectionner des cours d'eau potentiellement mobiles sur le versant lorrain du bassin Rhin-Meuse. Ceci qualifiait de fait le reste du réseau hydrographique principal comme étant composé de cours d'eau peu mobiles.

Une méthode unique de détermination des amplitudes d'équilibre a été alors mise au point quelle que soit la dynamique relative des lits parmi ces cours d'eau réputés potentiellement mobiles : l'amplitude d'équilibre est estimée selon un principe de précaution de 10 fois la largeur à pleins bords à partir de l'axe du lit (Hydratec, 1999, p.45).

Ceci appelle deux remarques :

<sup>2</sup> la puissance fluviale spécifique ( $\omega$ ) est estimée par la formule  $\omega = Q_d g \rho_w s / w$  avec  $Q_d$  le débit dominant,  $g$  l'accélération due à la gravité,  $\rho_w$  la masse volumique de l'eau,  $s$  la pente et  $w$  la largeur du lit pour  $Q_d$ .

- l'amplitude des méandres – comme l'ont d'ailleurs fait remarquer les auteurs de l'étude de 1999 – n'est pas proportionnelle à la vigueur du déplacement latéral (c'est souvent dans les alluvions les plus cohésives qu'on trouve les méandres aux amplitudes les plus fortes) ;
- bien souvent la largeur du lit mesurée sur carte ne correspond pas à la largeur du lit à pleins bords, en particulier dans les méandres. En général, les cartographes dessinent à partir des photographies aériennes le lit non végétalisé de la rivière (photo et figure ci-dessous).

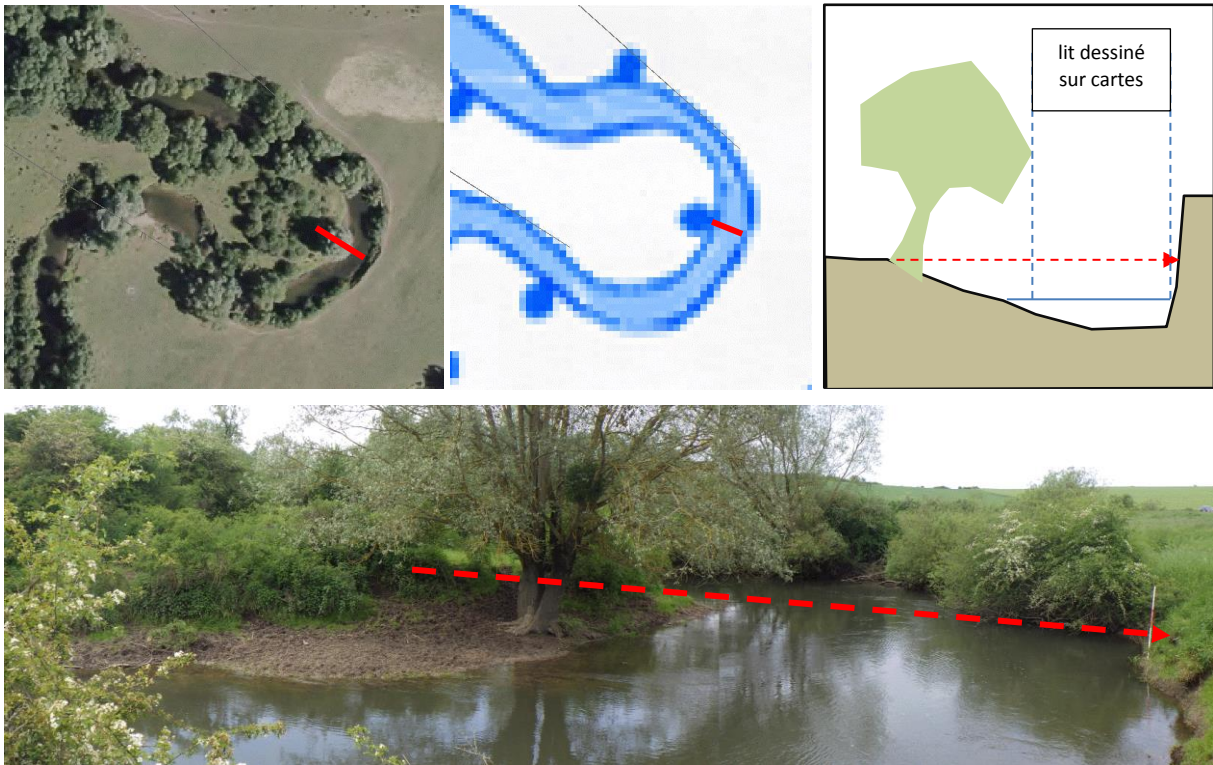


photo 8 : exemple de différence de largeur entre le lit à pleins bords sur site et le lit mineur dessiné sur carte (ici un méandre de la Vezouze à Croismare) (BDOrtho et SCan25 IGN) : la largeur du lit mesurée sur la carte est de 13 m, alors que celle du lit à pleins bords observée sur le terrain (horizontale mesurée à partir du sommet de la berge la plus basse) est de 19 m (+ 50 %).

### **La variable topographique**

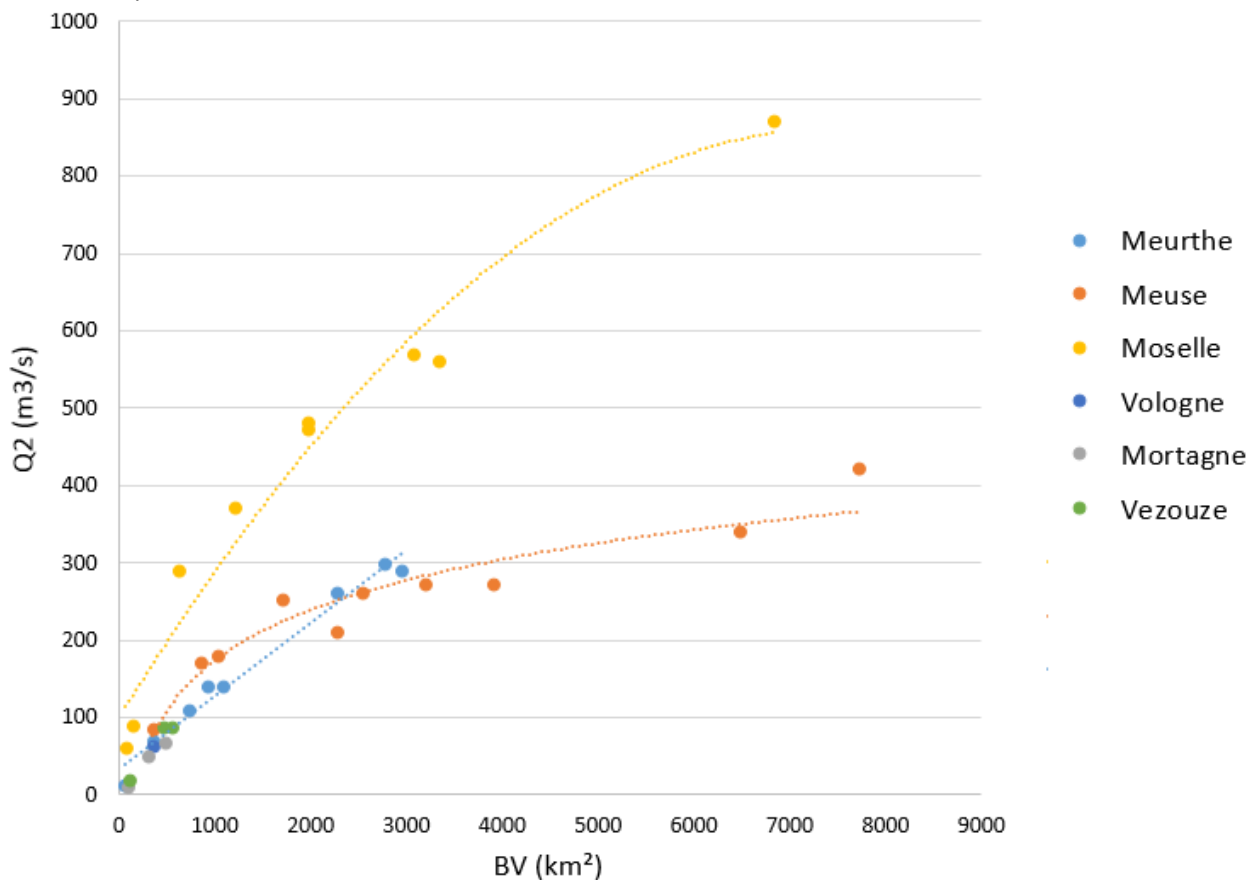
Les valeurs de pente ont été estimées à partir des courbes de niveau des Scan25. Elles ont été calculées au plus juste pour chacun des tronçons. Elles sont exprimées en m/m et sont ainsi disponibles pour calculer des indicateurs comme la puissance fluviale et la puissance fluviale spécifique.

### **Les débits les plus morphogènes (débits dominant)**

Les débits les plus morphogènes ou débits dominants ont été estimés grâce à la banque de donnée Hydro du ministère de l'Environnement. Pour chacun des tronçons la surface de bassin versant drainée à l'entrée a été digitalisée puis calculée.

Le débit biennal ( $Q_2$ ) du tronçon a ensuite été estimé relativement à la surface de bassin et au débit biennal des deux stations les plus proches.

Le débit le plus morphogène (théoriquement à l'état naturel proche du débit de pleins bords) a été estimé à  $0,75Q_2$



**Figure 18 : répartition des débits biennaux aux stations disponibles de la Banque Hydro sur les cours d'eau lorrains étudiés**

Les débits biennaux sur les cours de la Vologne, de la Mortagne et de la Vezouze ont dû être estimés à partir d'un nombre réduit de stations.

### 2.3.4. La cohésion des berges

La structure des berges est décrite afin d'en estimer la capacité de résistance à la violence du courant et à sa force d'arrachement. Afin de simplifier l'approche, sont pris en compte uniquement la granulométrie et l'organisation des matériaux dans le profil du talus de berge. Un talus constitué d'éléments friables à la base, sera plus instable qu'un talus de même granulométrie mais homogène. La stabilité de la berge en fonction de sa structure est donc évaluée au moyen d'un indice compris entre 10 (très stable) et proche de 0 (très instable). Un abaque doit aider à sa détermination (fig. ci-dessous).

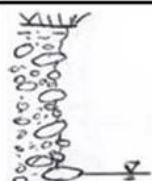

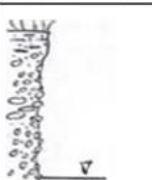
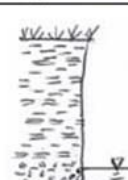
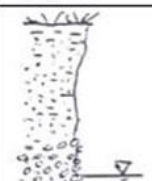

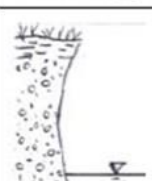

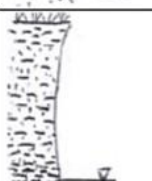

	0.1 à 0.9	Texture graveleuse (graviers et galets) à matrice sableuse		5 à 5.9	Texture sablo-argileuse à limono-argileuse (avec passé graveleux); ou sablo-argileuse à limono-argileuse
	1 à 1.9	Texture graveleuse (graviers) à matrice sableuse; horizon sablo-limoneux en haut de berge (1/3)		6 à 6.9	Texture argilo-limoneuse à argileuse (avec passée graveleuse)
	2 à 2.9	Texture graveleuse (majoritairement graviers) à matrice sableuse en pied de berges (surmontée 1/3 sablo-limoneux)		7 à 7.9	Texture argilo-limoneuse avec éléments grossiers non jointifs
	3 à 3.9	Texture sableuse à sablo-graveleuse		8 à 8.9	Berges argilo-limoneuse à argileuse (éléments grossiers non jointifs)
	4 à 4.9	Texture sablo-limoneuse		9 à 10	Texture argileuse ou rocheuse

Figure 19 : abaque d'aide à la définition de l'indice de structure de berge ( $I_b$ )

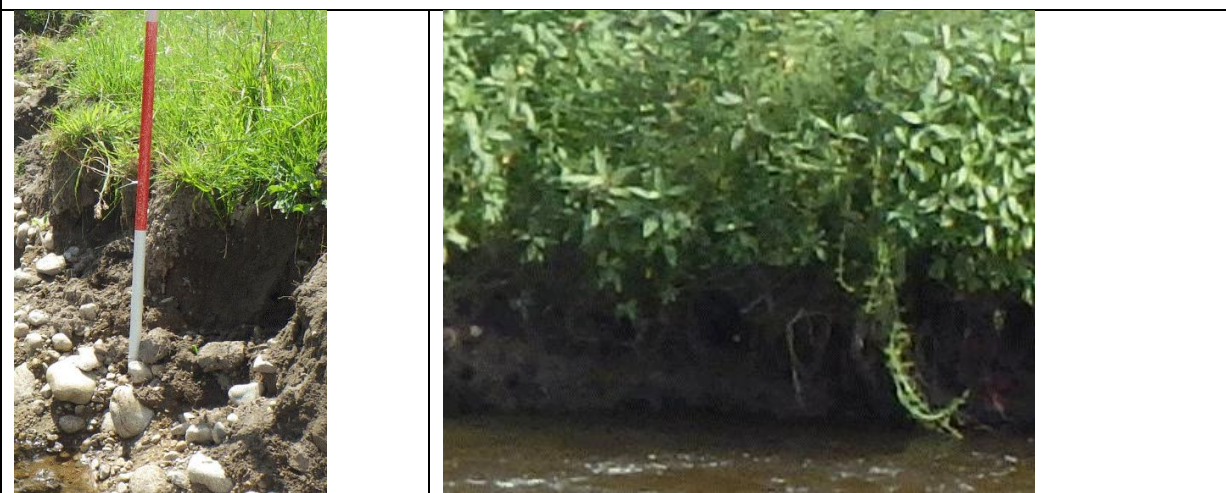
Les valeurs de cohésion suivantes ont été données :

Vologne	7
Mortagne	7
Vezouze	8
Moselle	1,5
Meurthe	1,8
Meuse	5,2

Il s'agit de caractéristiques moyennes estimées à l'échelle des secteurs d'étude. Le choix a été fait d'attribuer des valeurs globales sans distinguer ce paramètre à l'échelle du tronçon.



Talus de berge de la Vezouze à Chanteheux et Fréménil : matériaux argilo-limoneux cohésifs avec seulement de rares éléments plus grossiers. Indice de cohésion moyenne : 8



Les berges de la Vologne sont basses et diversement cohésives. Néanmoins, elles restent en général assez stables du fait de la faible profondeur du lit. De plus, les protections de berges sont très présentes sur les zones mobiles. Indice de cohésion moyen : 7



Les berges de la Mortagne sont en général caractérisées par une forte dominante argilo-limoneuse qui renforce leur stabilité, même si cela n'exclue pas la possibilité de lentilles graveleuses plus propices à l'érosion. Indice de cohésion moyen : 7



La Meuse sur le secteur d'étude présente des valeurs de cohésion assez diversifiées. On peut trouver des talus avec plusieurs horizons plus ou moins cohésifs (notamment des graviers et cailloutis qui peuvent favoriser une érosion plus aisée). Néanmoins, en règle générale les berges sont plutôt assez stables. Indice de cohésion moyen 5,2.



Les talus de berge de la Meurthe sont diversement constitués de l'amont du secteur d'étude à l'aval : des matériaux grossiers très libres, des horizons graveleux dans une matrice plus cohésive ou bien, plus rarement, des talus de berges sablo-limoneux avec des éléments grossiers non jointifs. Indice de cohésion moyen : 1,8



La Moselle sur le linéaire d'étude présente des talus de berge dans l'ensemble peu cohésifs. Les éléments grossiers sont très fréquents et la matrice est elle-même souvent instable. indice de cohésion moyen : 1,5

## **2.4. La délimitation des enveloppes de mobilité**

La mobilité des cours d'eau à étudier n'étant manifestement pas égale, des méthodes différentes ont été adoptées pour déterminer l'espace concerné par ce principe de précaution.

### **2.4.1. Détermination de l'amplitude d'équilibre théorique en fonction de la mobilité potentielle par tronçons homogènes**

#### ***Le potentiel de mobilité théorique par tronçons homogènes***

A partir du « potentiel de mobilité théorique » (cf. § 1.5), nous avons décidé de distinguer trois grands groupes de cours d'eau mobiles en fonction de leurs caractéristiques morphodynamiques, calées sur l'échelle mise au point sur un échantillon d'une quarantaine de cours d'eau alluviaux (principalement du Grand Est de la France).

A chaque indice de mobilité théorique correspond une classe de caractéristiques sédimentaires et dynamiques décrites dans le tableau ci-après et observés sur notre échantillon de base (tableau ci et figure -après).



note de mobilité observée	observations historiques	indice de mobilité calculé
0-0.5	Quasiment aucune mobilité significative de peut être identifiée depuis 150 ans	0.3
0.5 - 2	Il est peu probable d'observer sur 150 ans de recouplements de sinuosité. Il est possible d'observer une légère translation des sinuosités	0.9
2-3	Faible translation des trains de sinuosité vers l'aval. Sur 150 ans il est possible d'observer des coupures de méandres sans toutefois constater de développement complet de méandre.	1.3
3-4	L'étude historique sur 150 ans laisse observer un déplacement vers l'aval des trains de sinuosités. Des recouplements sont possibles par tangence	<b>1.7</b>
4-5	Le rythme de développement complet des sinuosités est proche de 150 ans. La mobilité de la rivière est avérée, les taux d'érosion restent en général < 1 m/an	2.2
5-6	Ces rivières développent des méandres en 150 ans voire moins, qui sont recoupés par tangence. Les taux d'érosion approchent des 1,5 m/an	2.7
6-7	Il s'agit de rivières le plus souvent méandriformes de mobilité historique avérée. Les recouplements e méandres peuvent intervenir en un siècle par tangence	3.3
7-8	Il s'agit de rivières très sinueuses à méandriformes, de mobilité reconnue. Les traces de recouplements, (mortes noues, etc.) sont nombreuses. Les recouplements de méandres peuvent intervenir en moins d'un siècle par tangence.	<b>4</b>
8-9	Les recouplements de méandres interviennent entre 50 et 100 ans par déversement le plus souvent. Il s'agit fréquemment de rivières sinueuses à méandriformes, parfois de rivières tendant vers le syle à tresses.	5
>9	Il s'agit le plus souvent de rivières méandriformes, à chenaux multiples et à tresses. Les recouplements interviennent en moins de 50 ans par déversement le plus souvent	

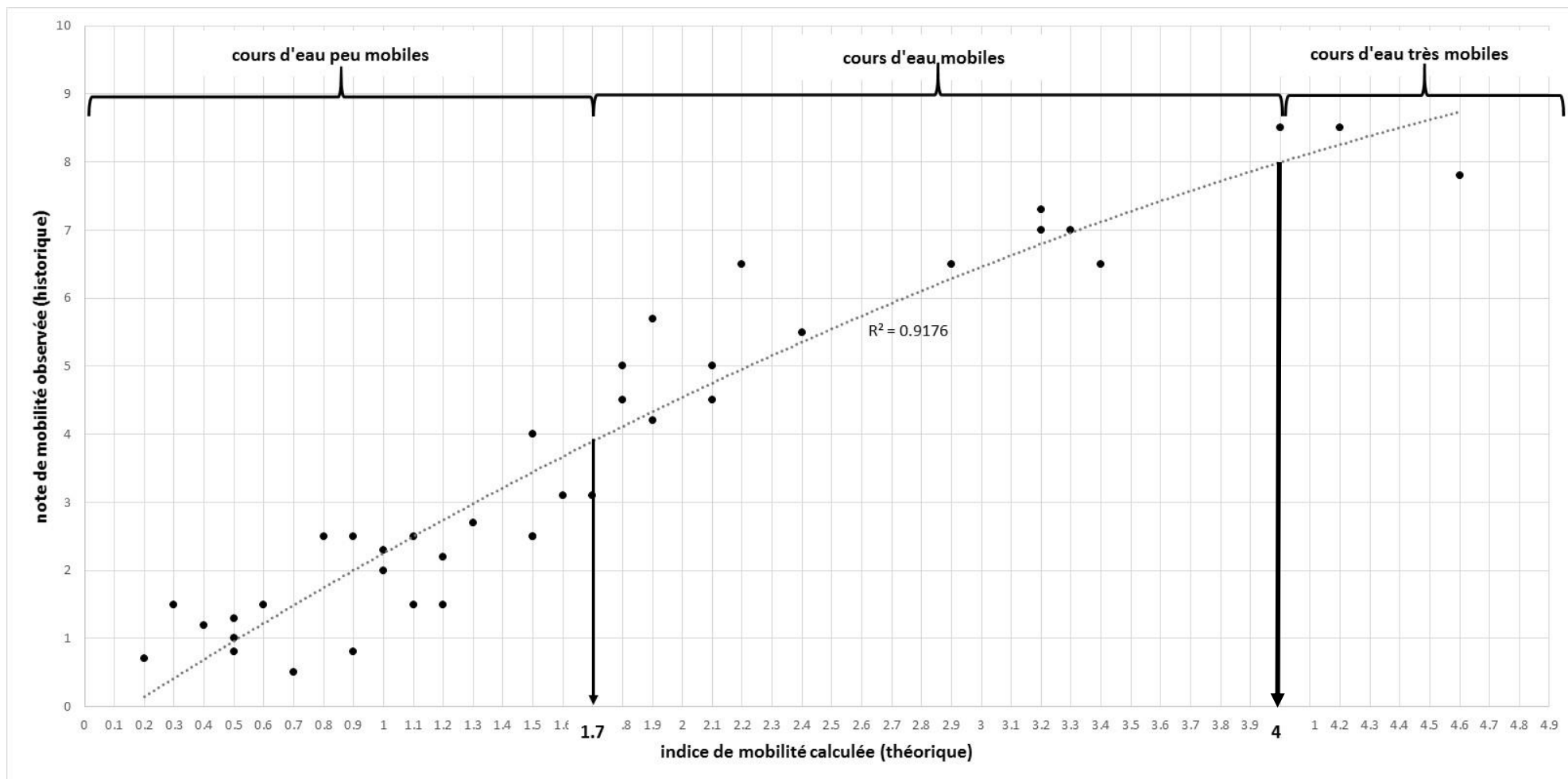


Figure 20 : interprétation de l'indice de mobilité : sur un échantillon de cours d'eau préservés, trois grandes classes de mobilité observée se dégagent. Les valeurs seuils de l'indice de mobilité théorique calculé correspondantes sont 1,7 et 4.

### Le classement des 163 tronçons en grands secteurs de mobilité potentielle

Cet indice de mobilité théorique a été calculé pour chacun des tronçons définis sur la zone d'étude (fig. suivante).

En fonction des caractéristiques de dynamique fluviale et historiques, trois grandes classes de type de mobilité peuvent être définies :

- indice théorique de 0 à 1,7 : il s'agit de rivières dont la mobilité ne permet pas d'observer des développements complets de méandre sur 150 ans. La translation est en général lente, ce qui n'interdit pas la présence d'annexes hydrauliques au sein du lit majeur, parfois très éloignées du lit mineur, témoignant de ces lentes évolutions (cf Meuse).
- indice théorique de 1,7 à 4 : les développements complets de méandres peuvent se faire en moins de 150 ans, très progressivement, par tangence.
- indice théorique supérieur à 4 : il s'agit de rivières puissantes, souvent à forte charge solide, dont les recoupements se font plutôt par déversement, sans que la sinuosité ait le temps de se développer totalement.

Ainsi, ces trois classes de cours d'eau peuvent être dégagées sur les tronçons lorrains de cours d'eau étudiés (fig. suivante). Néanmoins, dans un souci de cohérence, les tronçons de classe différente de celle des tronçons proche et de valeur proche de la valeur seuil (1,7 ou 4) sont rattachés au contexte du cours d'eau. On observe ainsi :

- des cours d'eau très mobiles (Moselle et une partie de la Meurthe) ;
- des cours d'eau mobiles (la Vologne et une partie de la Meurthe et de la Meuse) ;
- des cours d'eau peu mobiles (une partie de la Meuse, de la Mortagne et la Vezouze).

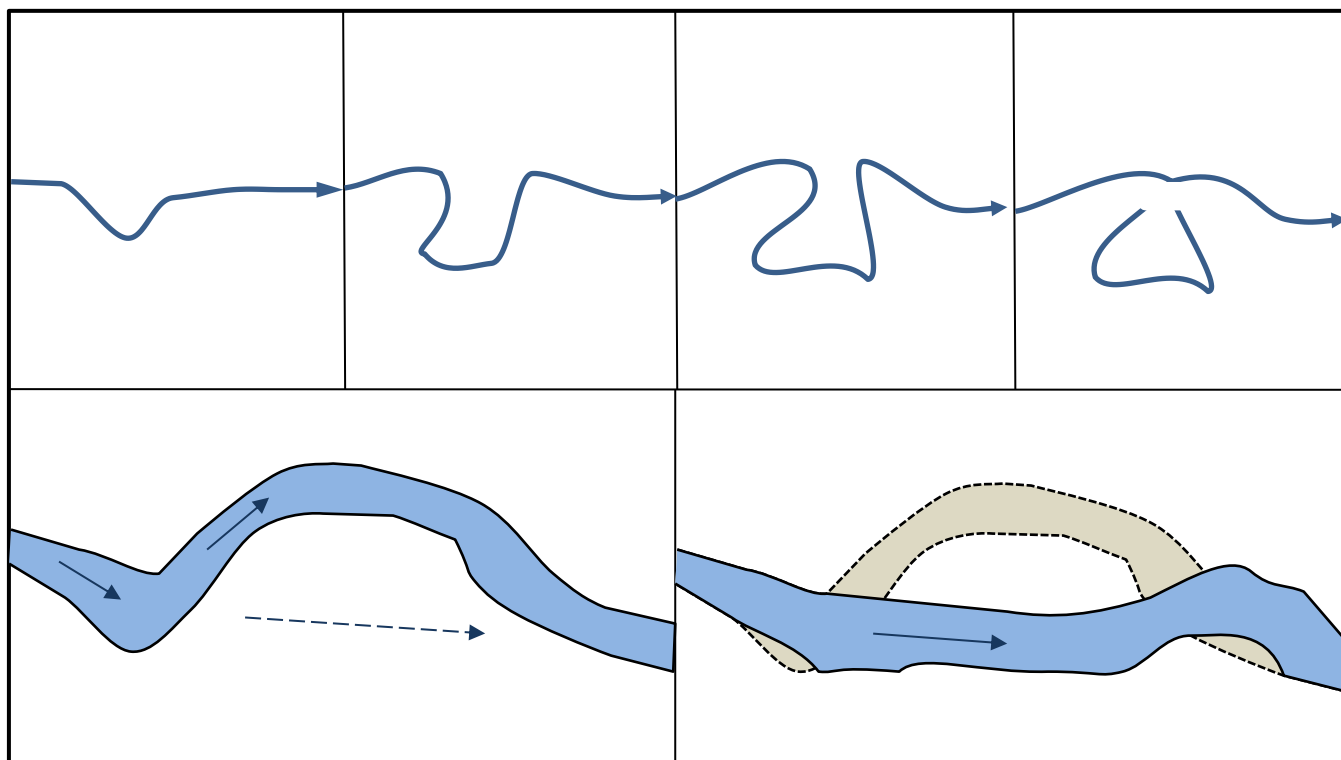


Figure 21 : la coupure de tangence (en haut) se réalise beaucoup plus lentement que la coupure par déversement (en bas). Le méandre traverse différentes étapes au cours de lesquelles son amplitude croît. Lors de la coupure par déversement, la puissance des débordements en crue est telle qu'elle permet à la rivière de réaliser la coupure souvent en quelques événements hydrologiques, sans que la sinuosité puisse se développer beaucoup latéralement.

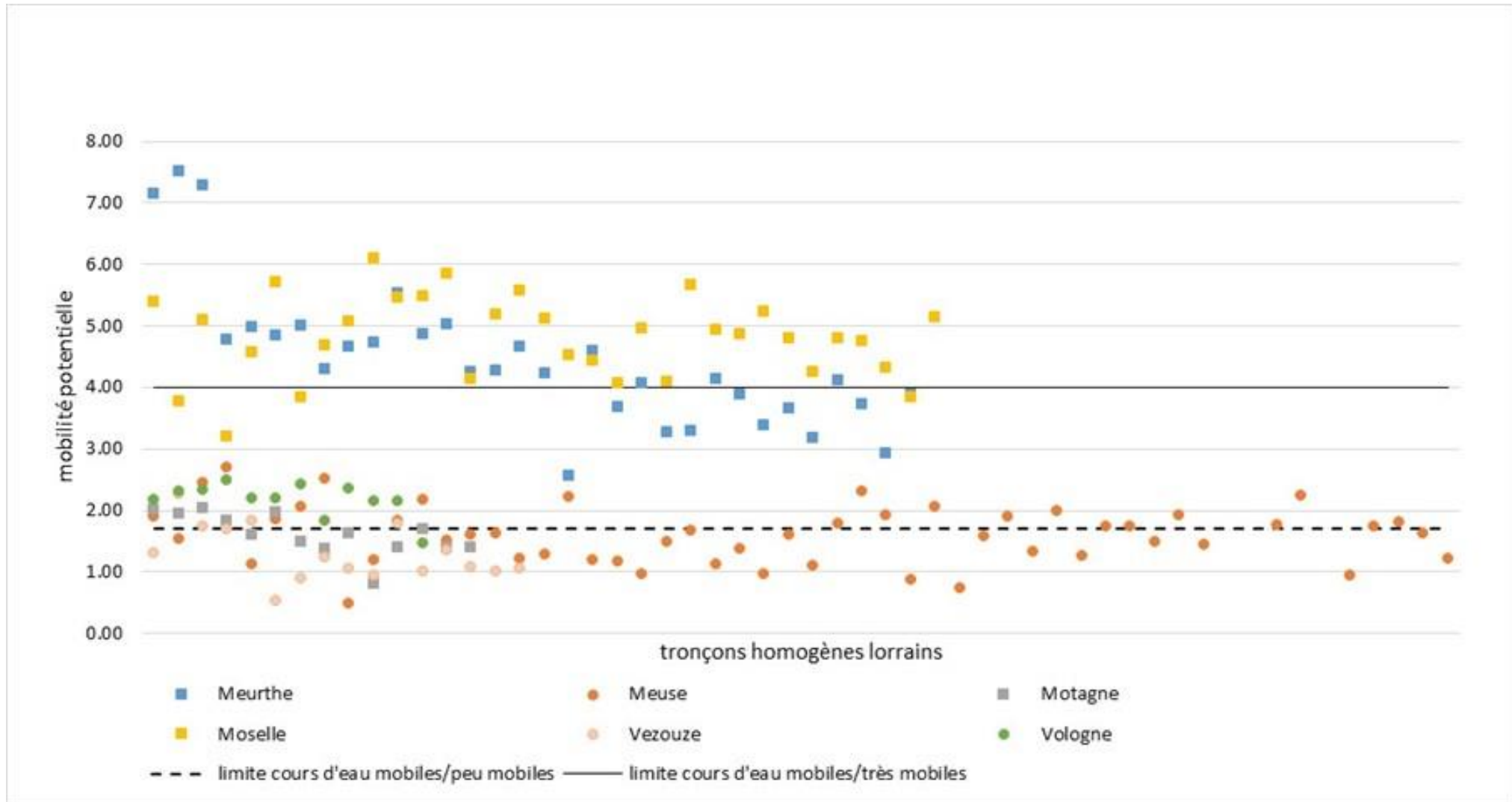


Figure 22 : répartition des tronçons de cours d'eau lorrain cartographiés en fonction de leur indice de mobilité potentielle

### ***Adaptation de la définition de l'amplitude d'équilibre théorique en fonction de la mobilité potentielle***

Considérant que la mobilité des cours d'eau n'est pas homogène en fonction principalement de la puissance du cours d'eau (combinaison des facteurs de pente, de débit et de gabarit) et de la cohésion des berges (nature et organisation des matériaux du talus de berge), nous proposons d'appliquer des largeurs différentes en fonction de l'intensité de la mobilité potentielle.

Au préalable, nous avons donc réalisé des vérifications sur 20 tronçons choisis sur les 6 rivières à étudier pour leurs qualités de mobilité relativement préservée et représentative des situations de dynamique latérale rencontrées. Plusieurs opérations ont ensuite été exécutées :

- traçage de l'enveloppe de mobilité historique à partir des tracés historiques disponibles : cet espace est censé représenter le fuseau fonctionnel de mobilité tel qu'il aurait été idéalement défini il y a 150 ans ;
- mesure de la largeur maximale de cet espace : cette distance représente donc le principe de précaution qu'il aurait fallu prendre dans la logique de « fuseaux de mobilité » ;
- comparaison de ce principe de précaution avec le principe de 10 X la largeur à pleins bords ( $10L_{pb}$  amplitude d'équilibre théorique telle que définie en 1999).
- traçage des « flèches d'érosion maximale » : distance entre la berge 1850 et la berge 2016 sur les sinuosités les plus mobiles du tronçon. Cela permet de comparer le déplacement latéral avec la largeur à pleins bords actuel et le principe de  $10 L_{pb}$ .

On constate (tableau page suivante) :

- 1) Amplitude d'Equilibre < 10 Lpb : pour les 20 tronçons tests le rapport entre la longueur de divagation latérale la plus forte et la largeur à pleins bords est généralement en dessous de 10, sauf pour les cours d'eau très peu à moyennement mobiles (< 2,7). Ces cours d'eau sont en général des cours d'eau à méandres qui lorsqu'ils se recoupent le font par tangence. Bien qu'évoluant très lentement, l'amplitude des sinuosités peut dépasser 10 fois la largeur à pleins bords. Par contre, pour les cours d'eau très mobiles, la largeur de la bande active est finalement assez modérée : cela s'explique par le phénomène de la coupure par déversement qui interdit au méandre de développer une grande amplitude.
- 2) Flèches d'érosion < 10 Lpb : On constate que les longueurs des flèches d'érosion maximum (colonne K) sont finalement toujours (sur ce petit échantillon) inférieures à 10 fois la largeur à pleins bords et presque toujours inférieures à la largeur moyenne de la bande active (colonne L).
- 3) Flèches d'érosion < 5 Lpb pour les cours d'eau à mobilité faible (iPotMob<2) Pour les cours d'eau les moins mobiles, en règle générale, le lit se déplace de moins de 5 fois la largeur à pleins bords en 150 ans.

signification de i Potentiel de mobilité : 0,54-1,7 = mobilité faible / 1,7 - 4,0 : cours d'eau mobiles / >4 = cours d'eau très mobiles

Tronçon	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Lpb	surface de la bande de mobilité	longueur de la bande de mobilité	Largeur moyenne de la bande de mobilité	largeur maxi de la bande de mobilité	bande de mobilité/Lpb	facteur maxi larg.maxi/Lpbmoy	type AERM	i Pot mob	déplacement latéral historique maxi	tx érosion/Lpb	L_erosion/IBM	
			B/C		D/A	E/A				J/A	J/D	
Meurt01	11	210002	1929	108.9	159	9.9	14.5	T3	<b>7.15</b>	91	8.3	0.8
Meurt02	13	108190	1062	101.9	165	7.8	12.7	T3	<b>7.51</b>	94	7.2	0.9
Meurt14	30	1177824	6700	175.8	335	6	11.2	T3	<b>4.25</b>	227	7.6	1.3
Meurt19	29	308189	2000	154.1	274	5.3	9.4	T3	<b>4.58</b>	122	4.2	0.8
Meus01	32	1835530	5785	317.3	490	9.9	15.3	T5	<b>1.91</b>	114	3.6	0.4
Meus06c	29	755817	4050	186.6	275	6.4	9.5	T5	<b>2.06</b>	63	2.2	0.3
Meus13	26	643617	1030	624.9	776	24.0	29.8	T5	<b>1.60</b>	138	5.3	0.2
Meus33	43	2150082	5450	394.5	556	9.2	12.9	T5	<b>2.05</b>	186	4.3	0.5
Meus41	40	4018282	10800	372.1	808	9.3	20.2	T5	<b>1.75</b>	159	4.0	0.4
Meus51	45	3734948	7520	496.7	737	11.0	16.4	T5	<b>1.74</b>	139	3.1	0.3
Mort09	17	549372	4500	122.1	190	7.2	11.2	T5	<b>1.63</b>	73	4.3	0.6
Mort11	19	1214758	4650	261.2	485	13.7	25.5	T6	<b>1.39</b>	90	4.7	0.3
Mort12	25	315008	1036	304.1	390	12.2	15.6	T6	<b>1.70</b>	115	4.6	0.4
Mos27	100	1950370	2065	944.5	1215	9.4	12.2	T3	<b>4.79</b>	505	5.1	0.5
Mos28	89	3441604	5100	674.8	850	7.6	9.6	T3	<b>4.25</b>	647	7.3	1.0
VeZ01	12	444273	2100	211.6	360	17.6	30.0	T6	<b>1.30</b>	64	5.3	0.3
VeZ04	13	446289	1963	227.4	311	17.5	23.9	T6	<b>1.69</b>	53	4.1	0.2
VeZ06	13	279104	1570	177.8	253	13.7	19.5	T6	<b>0.54</b>	72	5.5	0.4
Vol04	14	556361	4190	132.8	278	9.5	19.9	T2/T3	<b>2.50</b>	117	8.4	0.9
Vol07	13	1255346	2600	482.8	395	37.1	30.4	T3	<b>2.43</b>	116	8.9	0.2

Nous proposons donc une méthode variable de définition de l'amplitude d'équilibre en fonction du type de mobilité théorique :

- 1) **tronçons de cours d'eau peu mobiles (PM)** (indice de mobilité théorique  $< 1,7$ ) le fuseau de mobilité sera défini dans l'axe du lit à partir du haut de berge, mais de façon variable :
  - a. linéaires rectilignes : 5 fois la largeur à pleins bords (cf. Carte de la Meuse à Sorcy-st-Martin, T13) ;
  - b. courbures : 10 fois la largeur à pleins bords sur la rive concave. Le point d'inflexion des sinuosités servant de transition entre les deux largeurs de fuseau.
  - c. report en rive opposée de la surface perdue en rive du fait des limites des alluvions dans la limite de 5 fois la largeur (pas de report en rive opposée de l'amplitude 10 fois la largeur perdue) (court d'eau peu mobiles)
  - d. cas des méandres matures : lorsque la coupure est presque atteinte, ou bien que le méandre a atteint un stade de maturité (cas c figure ci-dessous à gauche) le report de l'enveloppe X10 n'est pas réalisé.

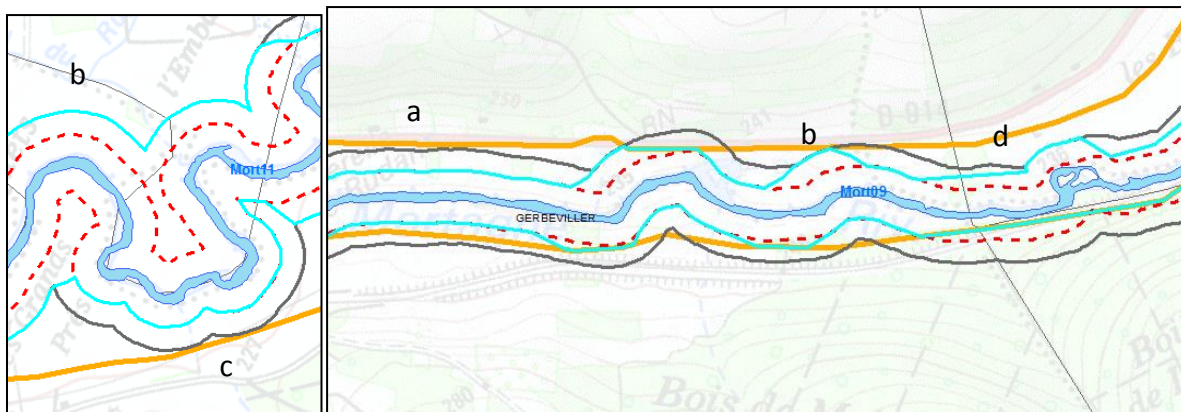


Figure 23: principe de traçage de l'amplitude d'équilibre (en turquoise) pour les cours d'eau peu mobiles (indice de mobilité inférieur à 1,7) : 5 fois la largeur à pleins bords (pointillés rouges) (a) sauf en rive extérieure des sinuosités (b) où le risque d'érosion est le plus fort (10 fois :trait continu noir) (exemples sur la Mortagne). Lorsque le méandre semble mature (c), le facteur 5 est préféré au facteur 10. Lorsque la largeur de 5Lpb est réduite par la limite de la vallée, elle est reportée sur la rive opposée pour conserver une largeur minimale de 10 Lpb (d).

- e. enfin, pour les cours d'eau peu mobiles, la prise en compte de la bande de mobilité historique n'est pas opportune (exagération de la mobilité potentielle, risque d'erreur de calage) ; on se borne donc à intégrer dans le fuseau fonctionnel les anciens bras et dépressions à proximité de la bande de mobilité comme susceptibles de pouvoir accélérer le déplacement latéral de la rivière (cf. point 2.4.2).
- 2) **tronçons de cours d'eau mobiles (M)** (indice de mobilité théorique entre 1,7 et 4) : le facteur de 10 fois la largeur à pleins bords dans l'axe du cours d'eau à partir du haut de berge sera conservé. Il s'agit de la méthode recommandée à la fois par le guide technique de l'AERM (1998) et par l'étude fuseau de mobilité de l'AERM (1999).

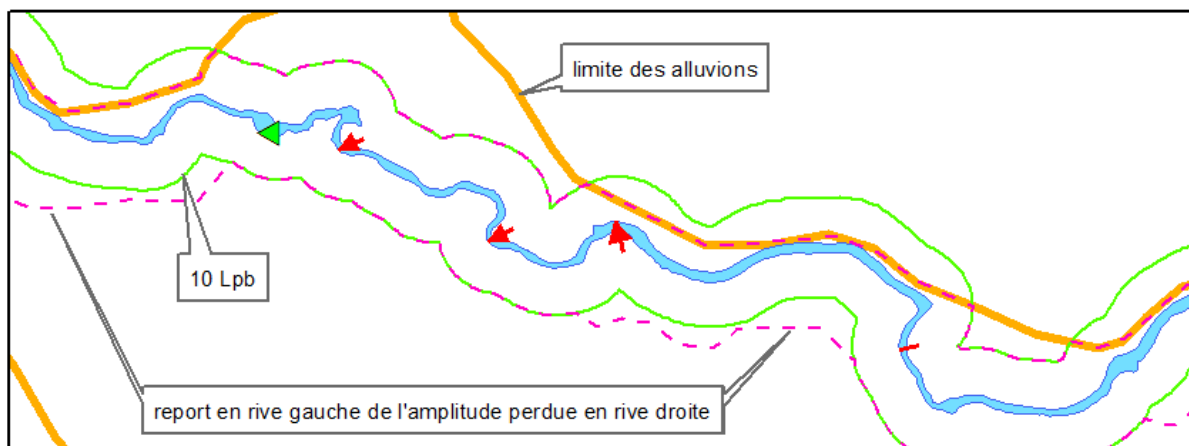


Figure 24 : principe de traçage de l'amplitude d'équilibre théorique pour les cours d'eau mobiles (indice de mobilité entre 1,7 et 4). Lorsque cette enveloppe sort de la limite des alluvions, la surface perdue est reportée sur la rive opposée (exemple de la Meuse à Sauvigny, Brixey-aux-Chanoines, indice de mobilité de 1,9)

- 3) **tronçons de cours d'eau très mobiles (TM)** (indice de mobilité théorique  $> 4$ ) : le fuseau de mobilité sera de 10 fois la largeur à pleins bords mais dans de l'axe des sinuosités. L'axe des sinuosités est défini à partir des points d'inflexion des méandres sur la rive concave (extérieure). (cf carte jointe de la Moselle à Bainville). Il s'agit de la méthode qui est finalement appliquée sur les cours d'eau très puissants qui font l'objet de fuseaux de mobilité sur le bassin Rhône-Méditerranée. C'est aussi la méthode qui a été adoptée par Dynamique Hydro pour la définition du fuseau de l'III Domaniale (Région Alsace, 2012).

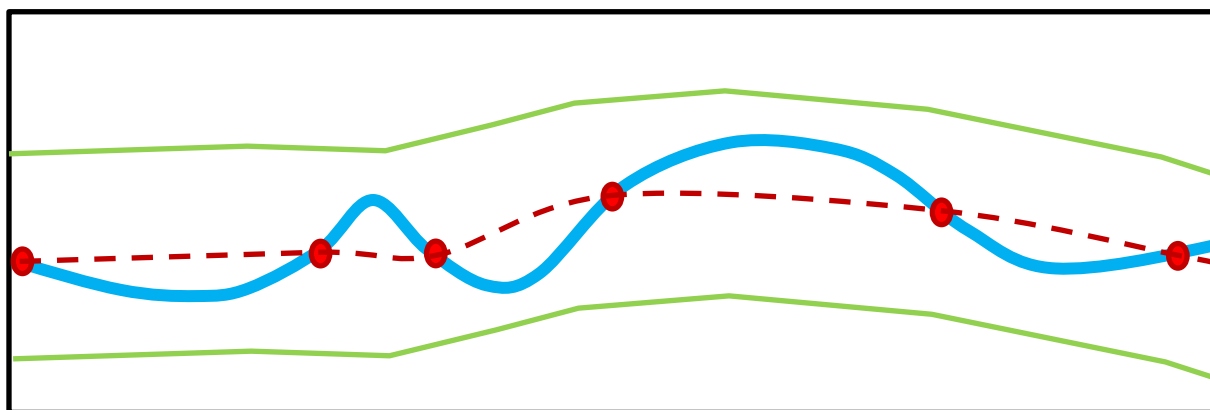


Figure 25 : principe de traçage de l'amplitude d'équilibre théorique pour les cours d'eau très mobiles (type TM, indice de mobilité supérieur à 4). Après avoir repéré les points d'inflexion des sinuosités, l'axe des sinuosités les reliant est utilisé pour reporter 5 fois la largeur à pleins bords sur chacune des deux rives (largeur de l'amplitude d'équilibre : 10 fois celle du lit mineur)



La répartition de ces 3 classes de mobilité potentielle sur les 6 rivières étudiées est la suivante :

Classe	Indice de mobilité	Type de mobilité	Secteurs concernés
PM	< 1,7	<b>Cours d'eau peu mobiles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la Vologne à Jarménil (dernier tronçon, Volo12)</li> <li>- la Mortagne de l'amont de Valois à la confluence (Mort07-Mort14)</li> <li>- La Vezouze à Domèvre/V. (Vez01) et de Thiébauménil à la confluence (Vez06-16)</li> <li>- la Meuse de Troussey à St.-Mihiel (Meuse12-28) et de Verdun à Mouzon (Meus39-54)</li> </ul>
M	1,7 - 4	<b>Cours d'eau mobiles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la Vologne de Granges/V. à l'amont de Jarménil (Volo01-11)</li> <li>- la Mortagne du moulin de Deinvillers à l'aval de Magnières (Mort01-06)</li> <li>- la Vezouze de Fremenil et Thiébauménil (Vez02-05)</li> <li>- la Meurthe de Baccarat à Lunéville (Meurt22-32)</li> <li>- la Meuse de Maxey-sur-Meuse à Troussey (Meus01-11), puis de St-Mihiel à Verdun (Meus29-38)</li> </ul>
TM	> 4	<b>Cours d'eau très mobiles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la Moselle de Remiremont à Ludres (Mos01-33)</li> <li>- la Meurthe de Fraize à Baccarat (Meurt01-21)</li> </ul>

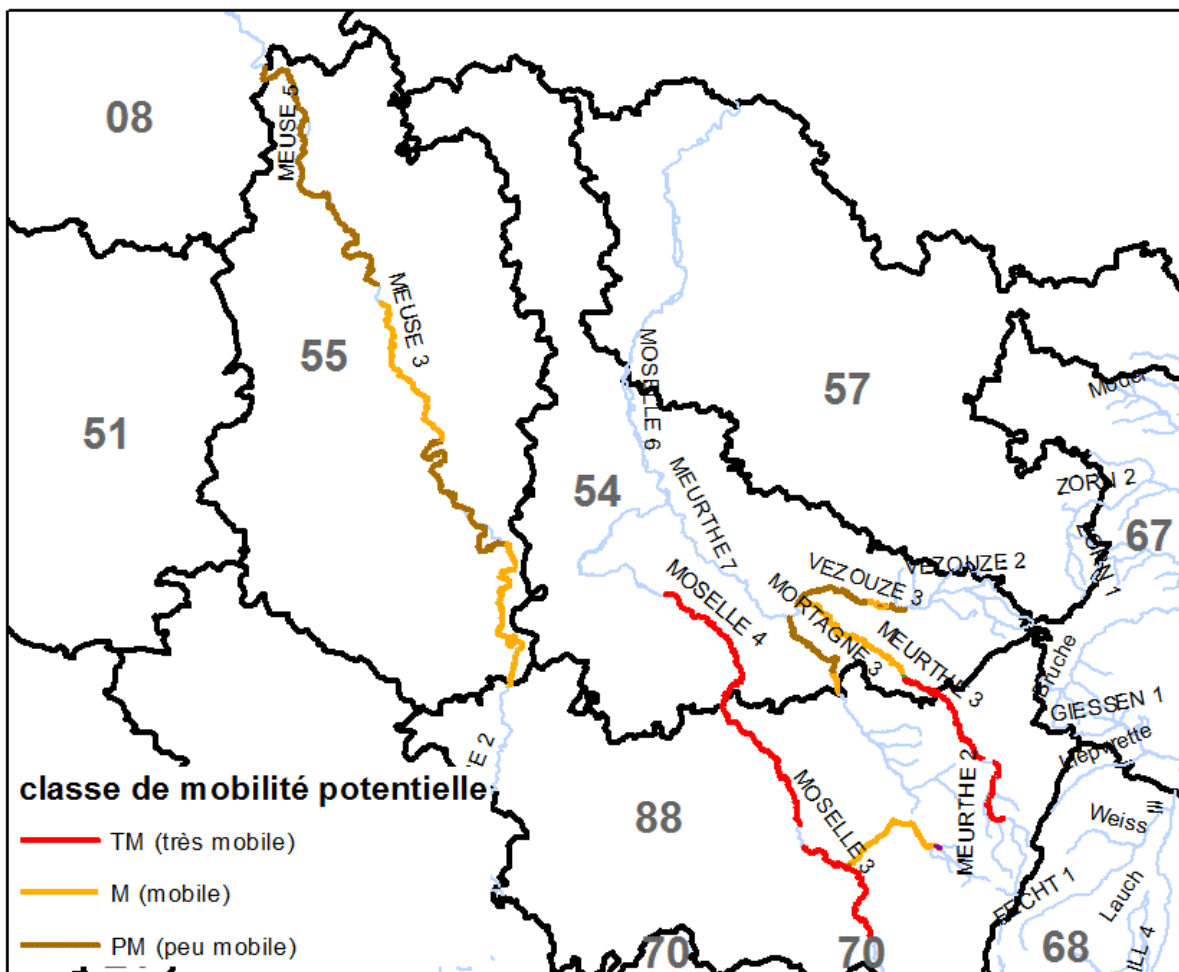


Figure 26 : classes de mobilité potentielle retenues pour les fuseaux des cours d'eau lorrains à actualiser : PM : cours d'eau peu mobiles, M : cours d'eau mobiles, TM : cours d'eau très mobiles

Cours d'eau	Changement classe de mobilité	Facteur explicatif
Vologne	Mobile (Vol01-11)/ Peu mobile (Vol12)	Forte diminution de la pente
Mortagne	Mobile (01-06) / peu mobile (07-14)	Diminution de la pente et élargissement du lit
Vezouze	Peu mobile (01) / Mobile (02-05)	augmentation de la pente
	Mobile (02-05) / Peu mobile (06-16)	Diminution de la pente
Meuse	Mobile (01-11) / Peu mobile (12-28)	Diminution de la pente
	Peu mobile (12-28) / mobile (29-38)	Augmentation rapport $Q_d$ /largeur du lit

## 2.4.2. Délimitation du fuseau de mobilité fonctionnel

### **Le fuseau fonctionnel théorique :**

Il est issu du croisement de la bande de mobilité historique (depuis 1830 environ) et de l'amplitude d'équilibre théorique (selon les trois classes de cours d'eau mobiles).

#### ✓ *L'amplitude historique ou bande de mobilité active*

Avant la prise en compte des contraintes anthropiques, la combinaison avec le fuseau historique et l'amplitude d'équilibre théorique permet d'obtenir une enveloppe de travail.

Les lits historiques pris en compte sont ceux inventoriés en 1999, plus les traces d'autres lits historiques identifiées, c'est-à-dire :

- le lit en 1835 selon les cartes de l'Etat-Major,
- le lit en 1950 sur les cartes topographiques d'archives,
- le lit en 1999 lors de la réalisation de la première étude de définition,
- le lit actuel selon les orthophotos de 2011-2014 selon les cours d'eau.

### Particularité pour les cours d'eau peu mobiles (PM) :

Sur les cours d'eau peu mobiles (Vol12, Mort7-14, Vez01 et Vez06-16, Meu12-28 et Meu39-54), les coupures de méandres naturelles sont inexistantes. De plus, pour la Mortagne et la Vezouze, ainsi que pour la Meuse amont, la précision des cartes anciennes et le gabarit du cours d'eau ne permettent raisonnablement pas de tracer une bande de mobilité active fiable.

La progression des érosions latérales (pointillés sur la fig. suivante, ex. à de la Mortagne à Handonville montre clairement que les coupures ne pourront pas se faire dans toute la largeur de la bande de mobilité historique. Avant que le cours d'eau n'atteigne les « étranglements » du fuseau de mobilité, des recoupements à l'amont et à l'aval auront probablement eu lieu (ombilic des méandres plus étroits).

Surtout, du fait de la faiblesse de la mobilité naturelle et du gabarit de ces cours d'eau, la précision des tracés anciens n'est pas suffisante pour obtenir autre chose qu'une valeur indicative, difficile à justifier pour la réalisation d'un espace qui a vocation à être juridiquement opposable.

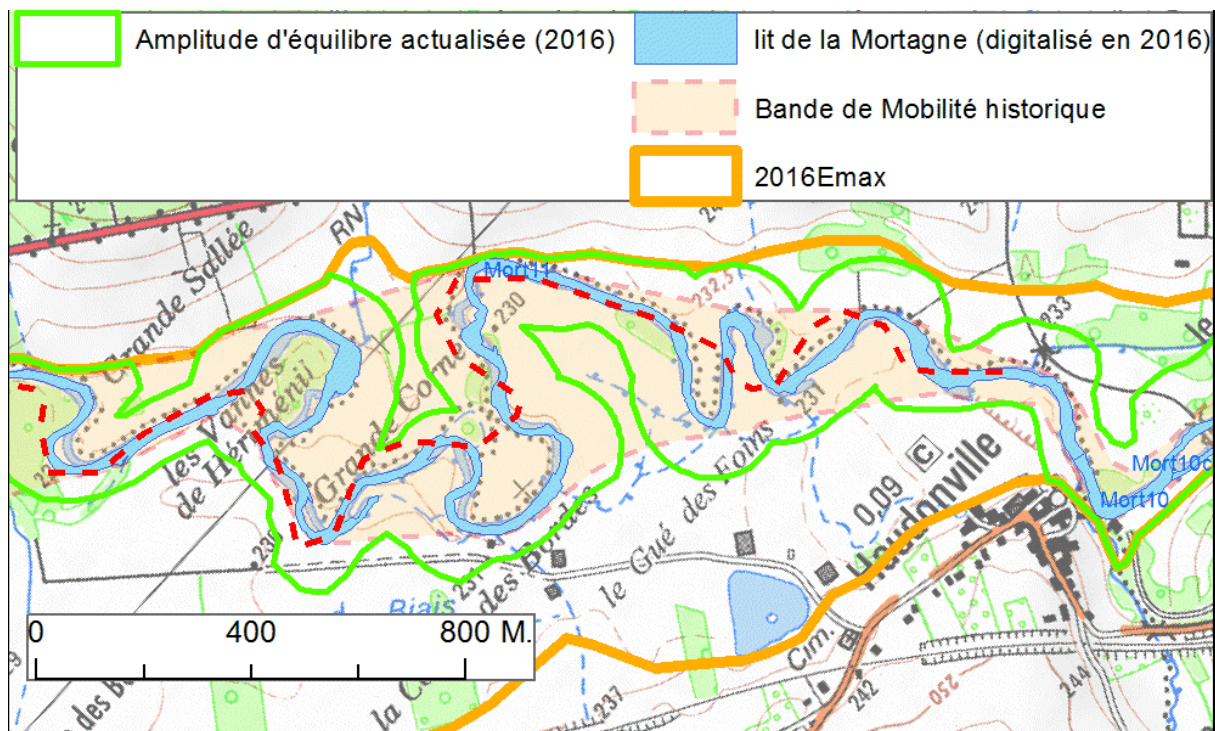


Figure 27 : pointillés rouge : tracé probable de la Mortagne à long terme. Les coupures des "petites sinuosités" interdisent de rendre fonctionnelle toute la bande historique

Il a donc été décidé de ne pas tenir compte de cette bande de mobilité historique pour la définition du fuseau fonctionnel théorique sur les cours d'eau peu mobiles.

#### **Le fuseau fonctionnel actuel :**

Les contraintes qui ont été exclues du fuseau fonctionnel théorique pour définir le fuseau fonctionnel actuel sont les suivantes :

- routes carrossables et bitumées et leurs ouvrages de franchissement ;
- zones habitées y compris habitat isolé ;
- bâtiments d'exploitation agricole, bâtiments artisanaux et industriels,
- canaux de voies navigables ;
- zones de prélèvement d'eau identifiées ;
- stations d'épurations ;
- étangs et plans d'eau de plus d'un hectare ;
- autres activités économiques (campings, etc.)
- autres équipements publics (terrains de sport, etc.)

Les contraintes qui n'ont pas donné lieu à des restrictions sont les suivantes :

- réseaux enfouis ou aériens ;
- ouvrages transversaux (anciens seuils de moulins, seuils de fond, etc.) ;
- chemins agricoles non carrossables sans matériel spécialisé ;
- canaux d'anciens moulins ou annexes hydrauliques au cours d'eau autres que les voies navigables ;
- plans d'eau de moins d'un hectare ;
- protections de berges.

### 2.4.3. Choix graphiques

Pour des questions de lisibilité des documents, les échelles de représentation sont les suivantes :

1/25000	Cours d'eau de plus de 30 m de largeur
	La Meuse sur tout son linéaire d'étude
	La Moselle sur tout son linéaire d'étude
	La Meurthe de Bertrichamps à Lunéville (Meurt20-Meurt32)
1/15000	Cours d'eau de 5-30 m de largeur
	La Vologne sur tout son linéaire d'étude
	La Mortagne sur tout son linéaire d'étude
	La Vezouze sur tout son linéaire d'étude
	La Meurthe de Sondreville à Bertrichamps (Meurt01-Meurt19)

Afin de faciliter les comparaisons entre les deux versions 1999 et 2016 des fuseaux sur les cours d'eau lorrains, deux encarts de carte par planche sont affichées :

- une carte d'étape : sur le fond des cartes de 1999 sont affichés les enveloppes intermédiaires (amplitude d'équilibre théorique et résiduelle, bande de mobilité historique lorsqu'elle est pertinente, etc.)
- une carte finale : sur fond orthophotos et scan25 en transparence, sont représentés les éléments finaux : fuseau fonctionnel 2016, fuseau fonctionnel 1999, amplitude d'équilibre actualisée, éléments de dynamique latérale, ...

Les cartographies réalisées selon la méthode détaillée en partie 2 sont présentées dans l'atlas cartographique qui constitue un document complémentaire au présent rapport.

Le résultat cartographique est présenté dans un atlas de cartes A3 avec sur chaque planche :

- une carte d'étape : les enveloppes préparatoires à la délimitation du fuseau fonctionnel actualisé sont représentées ;
- une carte finale : le fuseau fonctionnel actualisé et l'ancien fuseau de 1999 pour comparaison, dans le contexte actuel.

### 3. COLLECTE ET ANALYSE DES AUTRES FUSEAUX DE MOBILITE DELIMITES DANS LE BASSIN RHIN-MEUSE (MISSION 1B)

La totalité des autres fuseaux cartographiés sur le bassin Rhin-Meuse l'a été dans les départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin, sous maîtrise d'ouvrage des deux Conseils Départementaux ou de la Région Alsace sur la période (2007-2016). Certains fuseaux ne sont pas encore définis dans leur version finale dans le Haut-Rhin.

#### 3.1. Introduction : considérations techniques

L'ensemble des données présentées ici a pu être rassemblé en format *shape* (ESRI) auprès des maîtres d'ouvrages (Conseils Départementaux du Haut-Rhin, du Bas-Rhin, Conseil Régional d'Alsace).

Les systèmes de projections utilisées étaient variés. Les données synthétisées ont été projetées en *RGF 1993 Lambert93* (Lambert conforme conique).

Afin de faciliter les manipulations, de nouveaux fichiers informatiques ont été créés, afin de rassembler les éléments disparates. Néanmoins, une distinction a été réalisée selon que l'élément se trouve dans le département du Bas-Rhin ou du Haut-Rhin en raison des différences de méthodologies.

- pour le Bas-Rhin :

Désignation	Nom de la couche	Type	Remarque
Enveloppe maximale de mobilité (extension des alluvions)	2016_EMAX67	polygone	Il s'agit dans le Bas-Rhin, soit de la couche des alluvions reportée à partir de la carte du BRGM, soit de celle-ci mais corrigée sur le terrain
Tracé du cours d'eau au XIXème siècle	2016litXIX67	Ligne	
Tracé du cours d'eau au XVIIIème siècle	2016litXVIII67	Ligne	1760 pour la Zorn, Zinsel du Sud et Mosselbach
Tracé du cours d'eau reporté lors de la réalisation de l'étude	2016litriv67	ligne	La date du tracé du cours d'eau dépend le plus souvent non pas de la date de réalisation de l'étude mais de celle des rasters qui ont servi de base à l'étude
Amplitude d'équilibre théorique	2016AET67	Polygone	Il s'agit de l'enveloppe de mobilité calculée selon le facteur de 10 fois la largeur à pleins bords dans l'axe du lit.
Fuseau intermédiaire	2016fus_fonct67	polygone	Une des étapes intermédiaires choisies par l'auteur de l'étude (fuseau historique, espace de mobilité théorique, etc.)
Fuseau fonctionnel final	2016fuseau_fin67	Polygone	Fuseau fonctionnel retenu comme espace de mobilité avant les espaces de projet

- pour le Haut-Rhin :

Désignation	Nom de la couche	Type	Remarque
Lit mineur et bande active	2016riv_area68	Polygone	
Fuseau historique	2016Hist68	Polygone	Enveloppe de mobilité historique englobant les lits historiques recensés Tracé du lit concerné
Amplitude d'équilibre théorique	2016AET68	Polygone	10 fois la largeur du lit mineur dans l'axe du lit.
Fuseau intermédiaire	2016fus_fonct68	polygone	Mobilité fonctionnelle pour la Weiss, la Doller,...
Fuseau fonctionnel final	2016fuseau_fin68	Polygone	Fuseau fonctionnel retenu comme espace de mobilité avant les espaces de projet

Table

Espace de mobilité actuel (EMIN final, 2012)

FID	Shape *	TypeFu	riviere	area	nom	date
26	Polygone	0	Moder, Zinsel du Nord	12929525	EMIN final	2012
27	Polygone	0	Bruche	7769130	EDPro2	2012
29	Polygone	0	Giessen Lièpvrette	2349736	fuseau de mobilité fonctionn	2010
28	Polygone	0	Moder	12972492		0
10	Polygone	2	mosselbach	246966	fuseau final	2007
11	Polygone	2	mosselbach	233478	fuseau final	2007
12	Polygone	2	mosselbach	78855	fuseau final	2007
13	Polygone	2	mosselbach	145724	fuseau final	2007
14	Polygone	2	mosselbach	79047	fuseau final	2007
15	Polygone	2	mosselbach	155089	fuseau final	2007
25	Polygone	0	Sauer	10846582	EMIN final	2012
5	Polygone	3	Zinsel du Sud	80907	fuseau final	2007
6	Polygone	2	Zinsel du Sud	37568	fuseau final	2007
7	Polygone	2	Zinsel du Sud	172271	fuseau final	2007
8	Polygone	2	Zinsel du Sud	335166	fuseau final	2007
9	Polygone	2	Zinsel du Sud	238872	fuseau final	2007
20	Polygone	1	Zinsel du Sud	77591	fuseau final	2007
22	Polygone	3	Zinsel du Sud	11852	fuseau final	2007
23	Polygone	3	Zinsel du Sud	67006	fuseau final	2007
24	Polygone	1	Zinsel du Sud	150765	fuseau final	2007
0	Polygone	2	Zorn	279766	fuseau final	2007
1	Polygone	2	Zorn	345760	fuseau final	2007
2	Polygone	3	Zorn	183208	fuseau final	2007
3	Polygone	3	Zorn	1264862	fuseau final	2007
4	Polygone	3	Zorn	326990	fuseau final	2007
16	Polygone	1	Zorn	217715	fuseau final	2007
17	Polygone	1	Zorn	1313661	fuseau final	2007
18	Polygone	1	Zorn	1174474	fuseau final	2007
19	Polygone	3	Zorn	288270	fuseau final	2007
21	Polygone	2	Zorn	397358	fuseau final	2007

Figure 28 : extrait de la table attributaire des espaces de mobilité du Bas-Rhin synthétisé dans un fichier de forme (polygones)

Des éléments complémentaires originaux ont pu être ajoutés aux cartographies afin de ne pas perdre d'information :

- risque d'érosion à 50 ans (Bruche, Giessen Lièpvrette, Bras d'Altorf)
- espace de projet (Bruche, Giessen Lièpvrette, Bras d'Altorf)
- ouvrages hydrauliques (ROE 2014) avec les hauteurs de chute à l'étiage lorsqu'elles sont renseignées
- ...

Le fuseau fonctionnel de l'Ill aval réalisé sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional d'Alsace a fait l'objet de couches distinctes.



### 3.2. Les fuseaux définis dans le Bas-Rhin

#### 3.2.1. Zorn, Mosselbach et Zinzel du Sud :

Les résultats sont issus d'un rapport de stage de M. Stéphane Nicola (ENGEES, 2007). Le système de projection adopté pour ces fuseaux était le *NTF Paris Lambert Nord France*.

Éléments fournis	Type	Éléments restitués	Types
Géologie	Ligne	2016_EMAX67	Polygone
Tracé1850_entier	Ligne	2016litXIX67	polyligne
Tracé1760_entier	Ligne	2016litXVIII67	polyligne
Zorn_actu	Ligne	2016lit2007-67	Polyligne
Enveloppe historique	Ligne		
Enveloppe_fonctionnelle1	Ligne	2016fus_fonct67	polygone
Fuseau_final	Polygone	2016fuseau_fin67	polygone

En tête de bassin, les trois cours d'eau se caractérisent par une morphologie de « Hautes et moyennes vallées des Vosges Gréseuses », puis à partir d'un axe Newiller – Saverne, de « cours d'eau collines et plateaux argilo-limoneux, plaine d'accumulation » à pente plus douce.

#### ***Les enveloppes préalables au fuseau fonctionnel***

La délimitation de la limite maximale du fond de vallée mobilisable s'est basée exclusivement sur le report des limites de la carte géologique au 1/50000 (enveloppe externe des alluvions modernes (Fx, Fyz et Fy). Cela pose des problèmes de cohérence lors des étapes suivantes car à plusieurs reprises le fuseau de mobilité fonctionnel final sort de la limite théorique des alluvions, voire déborde sur les versants de vallée (fig. ci-dessous).

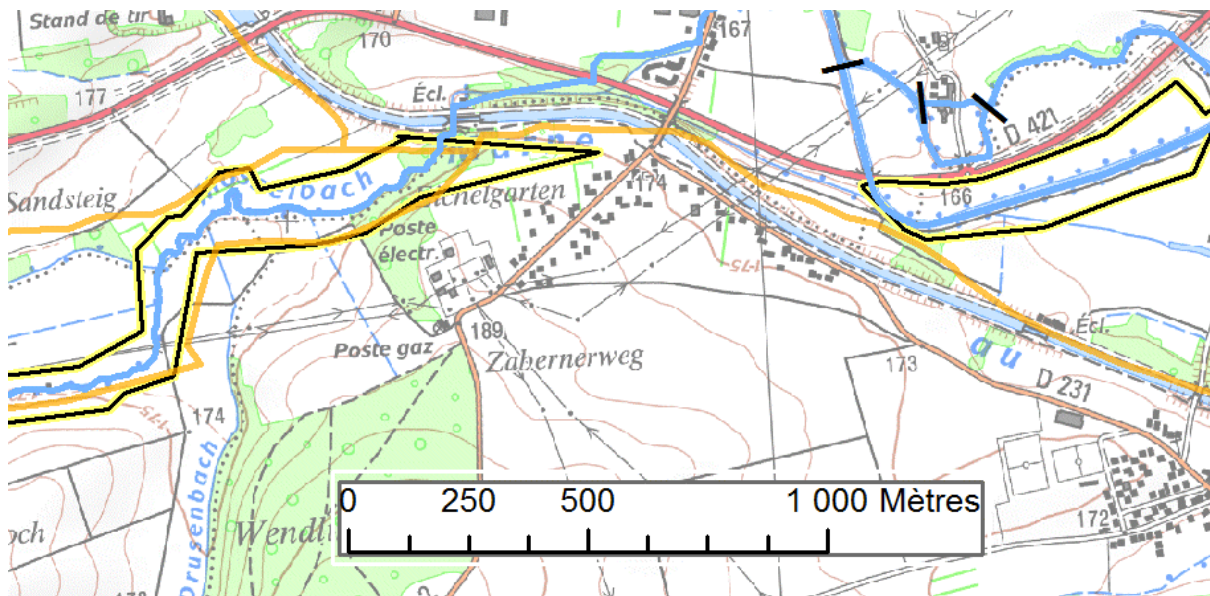


Figure 29 : la confluence du Mosselbach avec la Zorn : l'enveloppe des alluvions ne suit pas le pied des versants et le fuseau fonctionnel sort de cette enveloppe tout en empiétant sur les talus des versants : des erreurs d'interprétation du fait de l'imprécision de la source utilisée sans vérification critique

L'approche historique a permis de mettre en évidence la simplification de la sinuosité naturelle de la Zorn qui a perdu plus de 12 km de linéaire entre 1850 et 2007, soit 18% de son linéaire total.

L'amplitude d'équilibre théorique a été basée sur une étude des méandres existants et il a été choisi de ne pas reprendre le principe de précaution préconisé par l'étude Hydratech 1999 avec  $AEq = 10w$ . Les résultats de ce test ont validé l'approche avec :

- Zinsel : amplitude d'équilibre de 9 fois la largeur à pleins bords ( $4 \times 9 = 36$  m)
- Zorn : amplitude d'équilibre de 10 fois la largeur à pleins bords (variable selon 4 secteurs en fonction des variations des largeurs à pleins bords moyennes : 44 m, 62 m, 71 m et 100 m)
- Mosselbach : pour le Mosselbach l'amplitude retenue est de 23 m sans que soit précisé dans le rapport le facteur par rapport à la largeur du lit mineur estimée.

La combinaison des fuseaux historiques et de l'amplitude d'équilibre retenue a permis de produire une enveloppe de préparation du fuseau fonctionnel.

#### **La prise en compte des contraintes anthropiques (le fuseau fonctionnel final) :**

Des espaces ont été exclus du fuseau fonctionnel issu du croisement de l'enveloppe de mobilité historique et de l'amplitude d'équilibre avec le respect d'une distance de sécurité de 25 m :

- les espaces bâtis : zones urbaines, villages, hameaux, fermes ;
- les voies de communication majeures et leurs franchissements (ponts, ...)
- les autres contraintes : voies communales, barrages, captages, gravières, pylônes électriques, canalisation, ... ;
- les périmètres de protection immédiate des captages d'eau potable (PPI).

## Annexe 5 :

### Communes concernées par les fuseaux de liberté

(largeur de l'enveloppe à partir de l'amplitude des méandres)

	Commune	Code INSEE	
<b>Zinsel du Sud</b>	Eschbourg	67133	<b>36 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Neuwiller les Saverne	67322	
	Dossenheim	67103	
	Ernolsheim les Saverne	67129	
	St Jean les Saverne	67425	
	Hattmatt	67425	
	Steinbourg	67478	
<b>Mosselbach</b>	Gottenhouse	67161	<b>23 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Otterswiller	67369	
	Waldolwisheim	67515	
	Lupstein	67275	
<b>4 tronçons distincts</b>			
<b>Zorn</b>	Saverne	67437	<b>44 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Monswiller	67302	
	Steinbourg	67478	<b>62 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Dettwiller	67089	
	Lupstein	67275	
	Wilwisheim	67 534	
	Melsheim	67 287	<b>71 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Hochfelden	67208	
	Ingenheim	67 220	
	Schaffouse sur Zorn	67 439	
	Mutzenhouse	67 312	
	Waltenheim sur Zorn	67 516	<b>100 m de part et d'autre du cours d'eau</b>
	Schwindratzheim	67 460	
	Mommenheim	67 301	
	Wingersheim	67 539	
	Krautwiller	67 249	
	Donnenheim	67 100	
	Brumath	67 067	
	Geudertheim	67 156	
	Hoerd	67 205	
Bietlenheim	67 038		
Weyersheim	67 529		
Herrlisheim	67194		
Gamsheim	67 151		
Rohrwiller	67407		

Figure 30 : largeur de l'amplitude d'équilibre retenue sur les cours d'eau étudiés par S. Nicola (CD67, 2007)

### 3.2.2. Sauer, Eberbach, Halbmuehlbach

Les résultats sont issus d'un rapport de stage de Nolwenn Labourot (ENGEES, 2012). Le système de projection adopté pour ces fuseaux était le *NTF Paris Lambert Nord France*.

Ces rivières sont des « cours d'eau de collines et de plateaux argilo-limoneux, plaines d'accumulation », type 6.

La démarche adoptée s'appuie sur la méthodologie proposée par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (1998), sur l'utilisation des ressources de levés LIDAR et sur des croisements avec des levés de terrain (fig. ci-dessous).

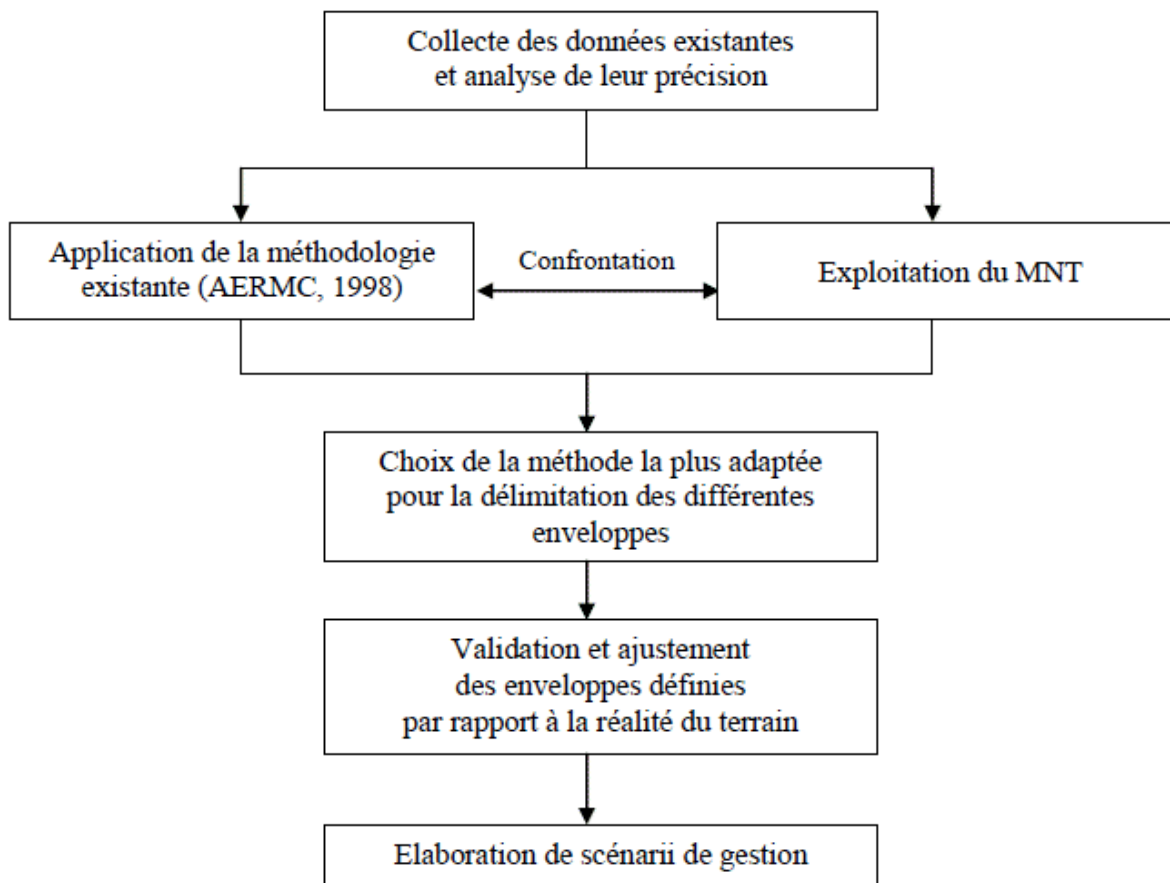


Figure 31 : démarche adoptée par N. Labourot (ENGEES, CD67, 2012)

#### *Enveloppes préliminaires*

##### ✓ *L'espace de mobilité maximal :*

N. Labourot s'est appuyée sur les limites des alluvions des cartes géologiques (Fz, Fy) corrigées par l'exploitation des données topographiques disponibles (MNT, scan 25). De plus, au niveau des confluences, le fuseau a pu être « rabattu » pour tenir compte des différences topographiques induites (fig. ci-dessous).

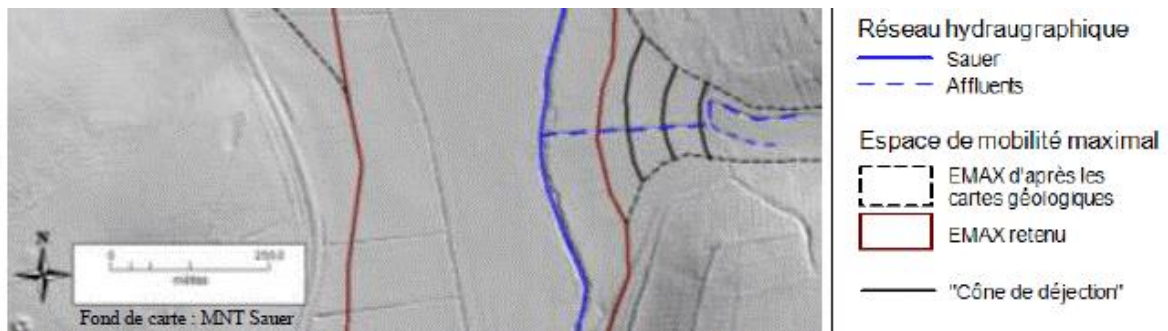


Figure 32 : prise en compte de l'influence des affluents pour délimiter l'espace maximal (EMAX, extrait de N. Labourot, 2012)

Enfin « dans la plaine rhénane (...) il n'existe pas d'espace de mobilité maximal (...) puisque les cours d'eau empruntent ici les anciens chenaux du Rhin. L'espace de mobilité maximal a été délimité à partir des limites du fossé rhénan » grâce au MNT.

Les terrasses de l'Halbmuehlbach ont également été prises en compte.

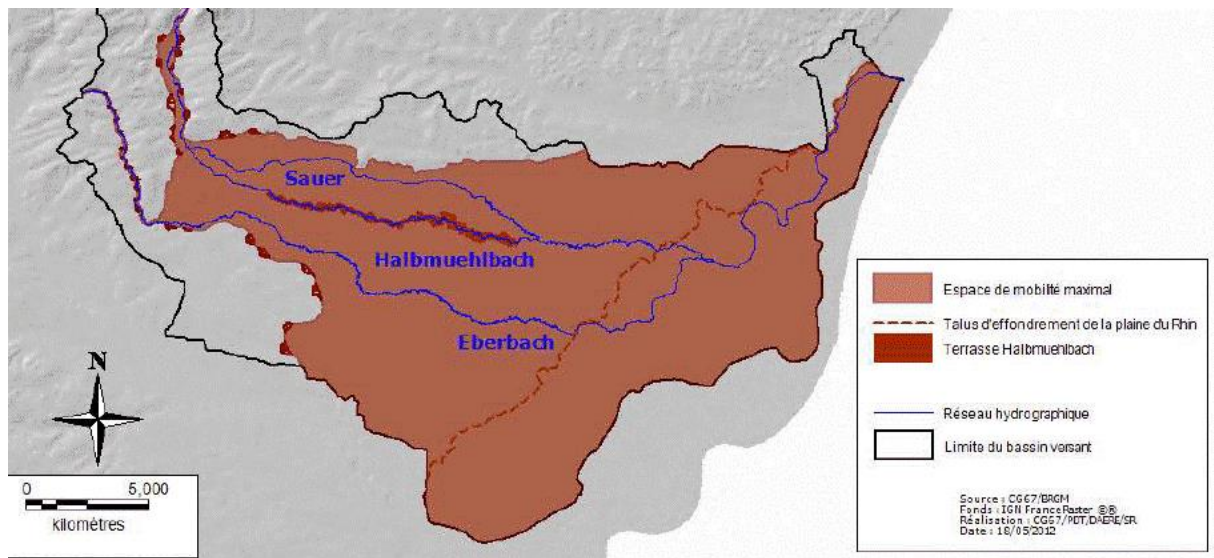


Figure 33 : délimitation aval de l'EMAX de la Sauer et de l'Eberbach (extrait, N. Labourot, 2012)

#### ✓ La mobilité historique

- tracés historiques (1760, 1880 et 1951) utilisés pour corriger si besoin « l'enveloppe d'amplitude théorique » ;
- les limites topographiques (MNT) : les altitudes relatives par rapport au cours d'eau ont été cartographiées afin de repérer des traces de mobilité en complément des données d'archives (fig. ci-dessous) ;

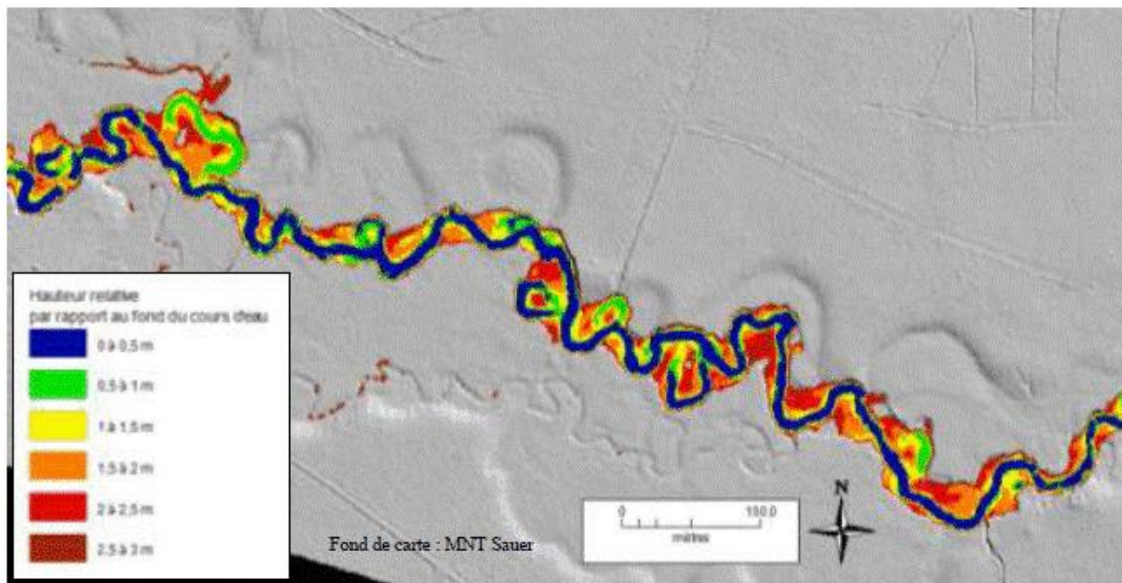


Figure 34 : exemple de représentation des hauteurs relatives au droit du cours d'eau dans le lit majeur de la Sauer (N. Labourot, 2012)

A la suite de son analyse historique l'auteur a mis en évidence les modifications importantes de tracé des cours d'eau. Ainsi l'Eberbach a perdu entre 27 et 34 % de son linéaire selon les secteurs entre 1880 et 2012.

✓ *L'amplitude d'équilibre et l'espace de mobilité théorique*

Après avoir évoqué la possibilité de tracer une amplitude d'équilibre autour de l'axe des sinuosités (reliant les points d'inflexion des méandres), l'auteur retient finalement 10 fois la largeur du lit à pleins bords autour de l'axe du tracé actuel.

L'espace de mobilité théorique est finalement issu du croisement de cette amplitude d'équilibre et de l'espace de divagation historique (fig. ci-dessous).

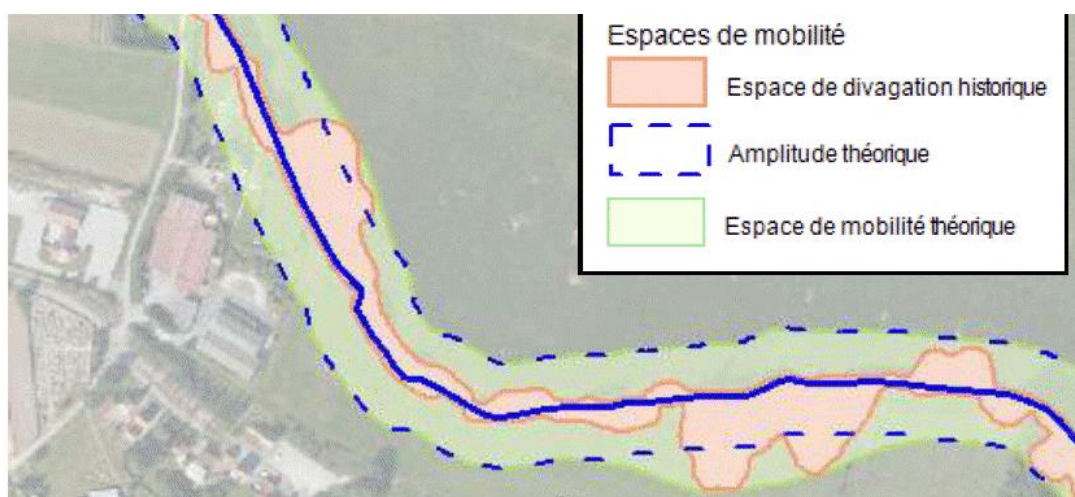


Figure 35 : espace de mobilité théorique : issu du croisement de l'amplitude d'équilibre ( $A=10w$ ) et de l'espace de divagation historique (extrait, N. Labourot, 2012)

Des compléments ont été réalisés pour prendre en compte des cas particuliers (Delta de la Sauer : inclusion des différents bras de la Sauer, secteurs de modification très importantes du tracé sur l'Eberbach dans la région de Walbourg et à l'aval de Soufflenheim, etc.).

### **Le fuseau fonctionnel et minimal**

Les contraintes ont été cartographiées à l'aide des orthophotos de 2007 et d'autres données bibliographiques (SIG de collectivités, étude ISL, levés de terrain, etc.)

Les contraintes ont été répertoriées en deux catégories (principales et secondaires) et ont fait l'objet d'un choix logique pour être exclues ou non du fuseau : les contraintes anthropiques principales (bâti, voies de communication majeures) réduisent l'enveloppe sans déport sur la rive opposée de l'espace ôté à celle-ci (cf. p. 33). Les contraintes secondaires sont soumises à discussion (chemins d'exploitation, campings, digues, etc.) (fig. ci-dessous). L'« espace de mobilité minimal » correspond à l'espace dont dispose le cours d'eau en 2012 (environ 11 km<sup>2</sup>) et « l'espace de mobilité fonctionnel (EFONC final) correspond à un espace de mobilité minimal selon un scénario de gestion. Il représente une superficie de près de 12 km<sup>2</sup>.

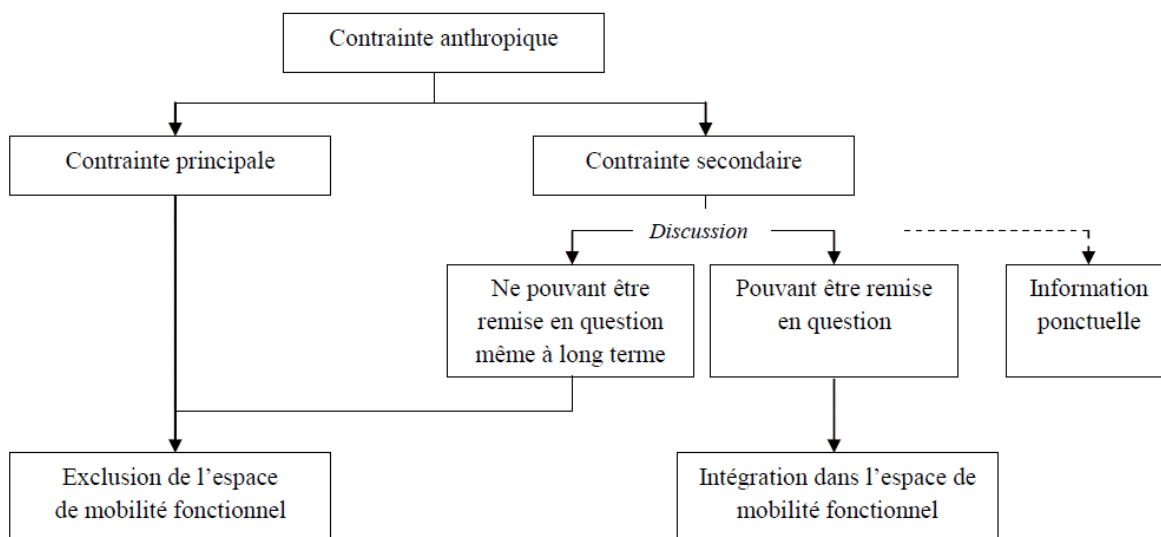


Figure 23 : Schéma de principe pour le traitement des contraintes anthropiques

Figure 36 : arbre décisionnel de traitement différentiel des contraintes anthropiques secondaires (N. Labourot, 2012)

### 3.2.3. Moder, Rothbach, Zinsel du Nord

Les résultats sont issus d'un rapport de stage de Marie Chabrand (ENGEES, 2013). Le système de projection adopté pour ces fuseaux était le Lambert 2 Carto (NTF\_France\_II\_degrees).

Les cours d'eau cartographiés (148 km au total) se répartissent entre des rivières de « hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses » T2bis (à l'Est d'un axe Gumbrechtshoffen / Ingwiller) et des « cours d'eau de collines et plateaux argilo-limoneux, plaines d'accumulation » T6 (typologie Rhin-Meuse, 1998).

La méthodologie choisie est celle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (1998) notamment dans un souci de cohérence avec d'autres travaux régionaux (fuseaux du bassin de la Sauer) et afin de pouvoir profiter des étapes concernant les enveloppes de projet de gestion.

Elle a été complétée par l'utilisation des relevés LIDAR (à l'aide d'un MNT) et des levés de terrain pour vérification.

#### **Enveloppes préalables**

##### ✓ *Espace de Mobilité Maximal (EMAX) :*

Il a été cartographié selon les limites des alluvions anciennes (Fz et Fy de la carte géologique) mais corrigées manuellement lorsque le tracé du cours d'eau n'était pas compris dans la limite des alluvions identifiées (tête de bassin), en fonction de la topographie des versants, et en fonction des cônes de rabattement au niveau des affluents des rivières secondaires. De plus, sur le cours inférieur (plaine du Rhin) les limites de l'EMAX ont été définies en tenant compte à la fois des limites topographiques du bassin versant et de la limite du talus d'effondrement du fossé rhénan.

##### ✓ *Espace de mobilité théorique*

Il a été défini en deux étapes :

- enveloppe de divagation historique des cours d'eau depuis 150 ans (cartes de 1880, orthophotos de 1950, SIG de 2000) ;
- amplitude d'équilibre : le principe retenu a été celui de 10 X la largeur du lit à pleins bords dans l'axe de la rivière.

La combinaison de ces deux enveloppes permet d'obtenir l'emprise de l'espace de mobilité théorique (superficie totale de 20 km<sup>2</sup> environ).

#### **Fuseau fonctionnel et minimal**

##### ✓ *Espace de mobilité fonctionnel*

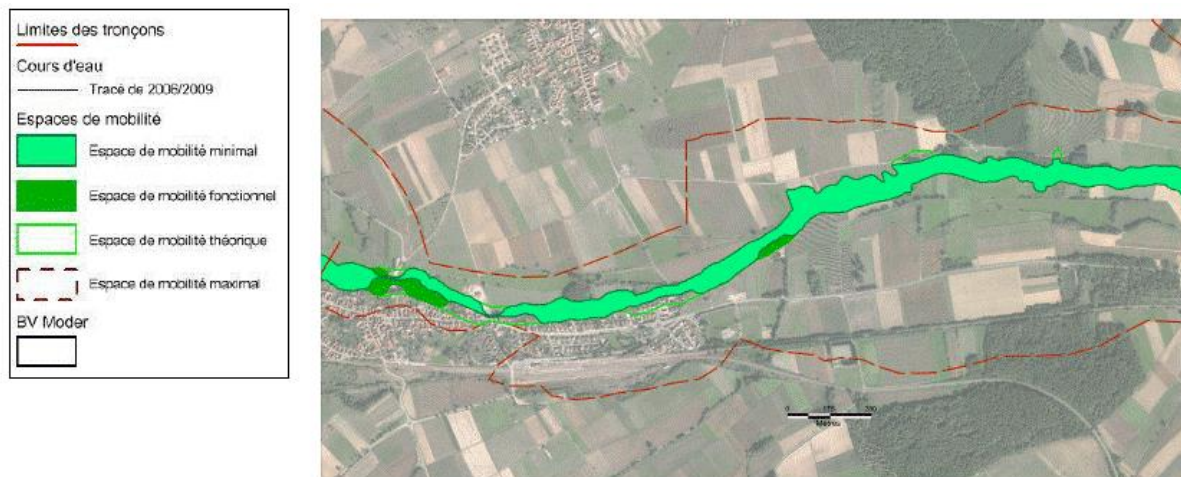
Il est obtenu par déduction des espaces occupés par les contraintes anthropiques principales (zones urbanisées, voies de communication principales et leurs ponts).

##### ✓ *Espace de mobilité minimal :*



Il est obtenu en déduisant de l'espace de mobilité fonctionnel toutes les contraintes secondaires : zones urbanisées isolées, cimetières, zones de loisirs, routes communales, chemins agricoles ou forestiers, passerelles, stations d'épuration, digues, etc.

Néanmoins, bien que les réseaux enfouis et aériens, soient cités ils n'ont pas été soustraits de l'espace minimal dans la cartographie (difficulté de recensement). De même que les ouvrages transversaux qui sont inclus dans le fuseau fonctionnel minimal et ne viennent pas le restreindre.



### 3.2.4. Bruche (CD67, 2012)

La méthodologie suivie a été celle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse (1998).

Après la délimitation des alluvions déposées depuis la dernière glaciation (EMAX, base : cartes géologiques précisées par des relevés terrains et une analyse topographique), différentes enveloppes ont été définies :

- AEq1 : Amplitude d'équilibre théorique : elle s'appuie sur la largeur du cours d'eau de chaque tronçon homogène et englobe un espace de 10 fois la largeur à pleins bords (5 fois à partir de chaque rive dans l'axe du lit, avec déport en rive opposée lorsqu'un obstacle naturel ou anthropique majeur est présent) ;
- AEq2 : Amplitude d'équilibre résiduelle : il s'agit de l'enveloppe précédente amoindrie des espaces situés au-delà des protections de berges, digues, ou voies de communications ;
- fuseau de mobilité historique (Aval de Heiligenberg uniquement) : il englobe l'espace parcouru par les différents tracés historiques identifiés (depuis le milieu du XIXème siècle ainsi que les traces de lits anciens toujours identifiables) ;
- enveloppe de divagation de projet (avant et après enquête) : elle prend en compte les projets d'aménagements identifiés lors de l'enquête (auprès des communes riveraines, et réseaux au moyen du service INERIS) ;
- tendances à l'érosion latérale à 50 ans ;

- espace de restauration de projet : il s'agit d'un espace proposant de compenser les espaces retirés à la divagation possible du lit par des zones de l'EMAX qui peuvent être en dehors des fuseaux précédents mais qui permettraient de réserver des zones d'intérêt général pour le cours d'eau. Cet espace n'a été cartographié qu'à l'aval de Heiligenberg ;
- autres informations complémentaires : encoches d'érosion en 2007, réseaux enterrés et aériens, etc. sont également rajoutés à la cartographie qui présentait 4 jeux de carte par secteur (fig. ci-dessous).

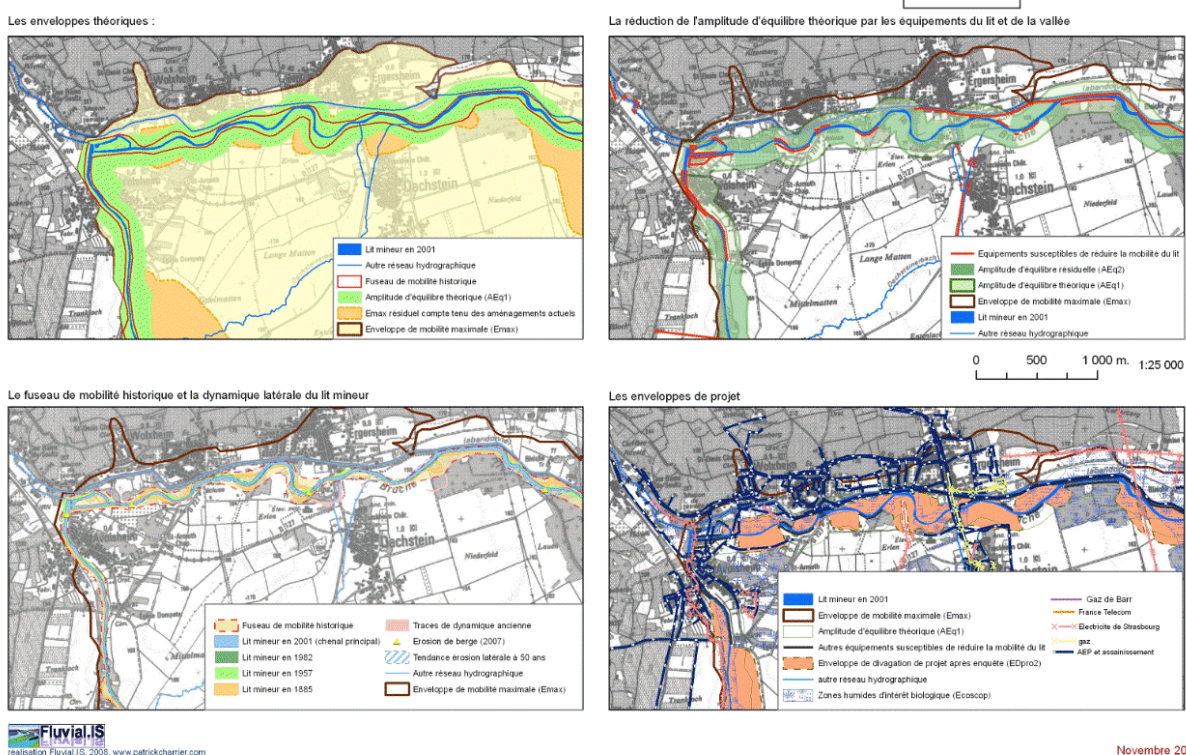


Figure 37 : extrait de l'atlas du fuseau de mobilité de la Bruche (2012, CD67)

### 3.2.5. Giessen, Lièpvrette (2010)

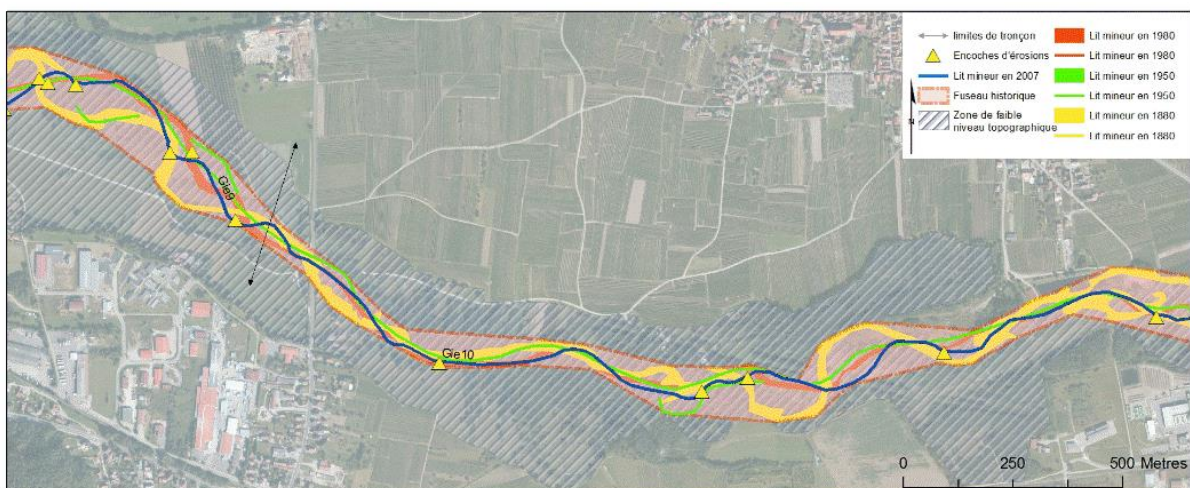
La méthodologie suivie a été celle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse (1998).

La délimitation des alluvions déposées depuis la dernière glaciation (EMAX) a donné lieu à deux couches polygones : l'une EMAX\_geol est celle réalisée à partir des cartes du BRGM, puis elle a été ajustée à partir de l'analyse de la topographie (notamment de levés LIDAR de 2007) et de relevés terrain (EMAX\_HGM). C'est cette dernière que nous représentons dans notre cartographie de synthèse.

Les enveloppes définies à l'intérieur de cette « zone de faible niveau topographique » ont été les suivantes :

- le fuseau de mobilité théorique (FmTh) : il s'agit de l'amplitude théorique d'équilibre prescrite à 5 fois la largeur à pleins bords à partir de chacune des deux rives, soit 10 fois dans l'axe du lit. Elle est variable d'un tronçon homogène à l'autre ;

- le fuseau historique : il s'agit de l'enveloppe dessinée par les différents lits historiques inventoriés (de 1880 à 2007) ;
- le fuseau de mobilité fonctionnel : il s'agit de l'enveloppe théorique augmentée des limites atteintes par le fuseau historique, mais réduit au-delà des protections de berges, digues, voies de communications et réseaux enterrés ou aériens.
- d'autres informations complémentaires : zones d'érosion à 50 ans, réseaux et équipements riverains divers, encoches d'érosion, etc. ;
- un espace de projet ambitieux de reconquête du fuseau de mobilité avait été proposé dans le cadre de l'élaboration d'un plan de gestion.



La réduction du fuseau de mobilité théorique par les équipements du lit et de la vallée

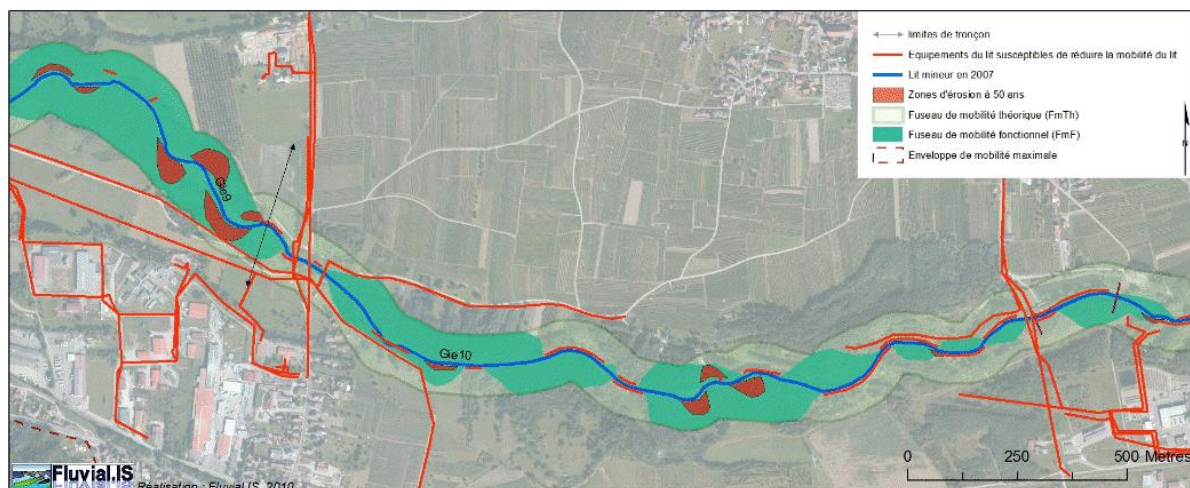


Figure 38 : extrait de l'atlas des fuseaux définis sur le Giessen et la Lièpvrette (CD67-68, 2010)

### 3.3. Les cours d'eau du Haut-Rhin (Fecht, Weiss, Lauch, Doller, Ill)

#### 3.3.1. Préalable

Les rapports de présentation des cartographies de la Thur et de l'Ill ne sont pas encore disponibles (décembre 2016). Les cartographies sont également provisoires dans la mesure où elles n'ont pas pu être validées à ce jour par les comités de suivi des études.

#### 3.3.2. Principes généraux à l'échelle du département du Haut-Rhin

La méthodologie est homogène à l'échelle de tous les cours d'eau cartographiés dans le Haut-Rhin. L'ensemble des éléments SIG sont regroupés dans des couches informatiques (format *shape* d'Esri) par thèmes et non par cours d'eau ce qui facilite la synthèse à l'échelle du département.

La méthodologie a été décrite dans un rapport unique distinct des rapports de description des différents cours d'eau (Conseil Général du Haut-Rhin, mai 2011, programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin, Note méthodologique de l'état des lieux)

Les auteurs annoncent que la méthode suivie pour la détermination des fuseaux de mobilité est « celle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, enrichie des méthodes hydrogéomorphologique et topographique ». Néanmoins, sur certains secteurs très peu mobiles des adaptations ont été réalisées.

#### **Sectorisation des cours d'eau**

Les rivières à traiter sont tout d'abord analysées en « tronçons homogènes » selon les critères de :

- masse d'eau et tronçons de masse d'eau,
- style fluvial (typologie de L. Schmitt, 1999)
- hydromorphologie,
- hydrographie
- pression irréversible (zone urbaine par exemple).

#### **Méthode fuseau de mobilité**

Les enveloppes suivantes ont donc été définies :

##### ✓ *Enveloppe de mobilité maximale :*

Il s'agit d'une couche issue des « données géologiques et correspond sensiblement au corps sédimentaire à matériel grossier mis en place à la fin de la glaciation du Würm (-12000 ans) » à partir de la carte géologique au 1/50000<sup>ème</sup> (limite des couches Fz et Fy). Cette couche n'a pas fait l'objet d'une numérisation, elle est simplement le résultat de l'interprétation des images raster issues du traitement des levés LIDAR.

##### ✓ *Enveloppe de mobilité théorique*

Elle est égale à 10 fois la largeur à pleins bords, réduite lorsque des contraintes latérales naturelles l'imposent.

#### ✓ *Enveloppe de mobilité historique*

Elle est déterminée par les tracés historiques présent dans le Haut-Rhin que sont les cartes de 1760, 1880 et les orthophotos de 2003 et 2007 ainsi que les relevés laser de 2002 à 2007.

Parmi les lits dessinés sont également présents les tracés du cadastre napoléonien.

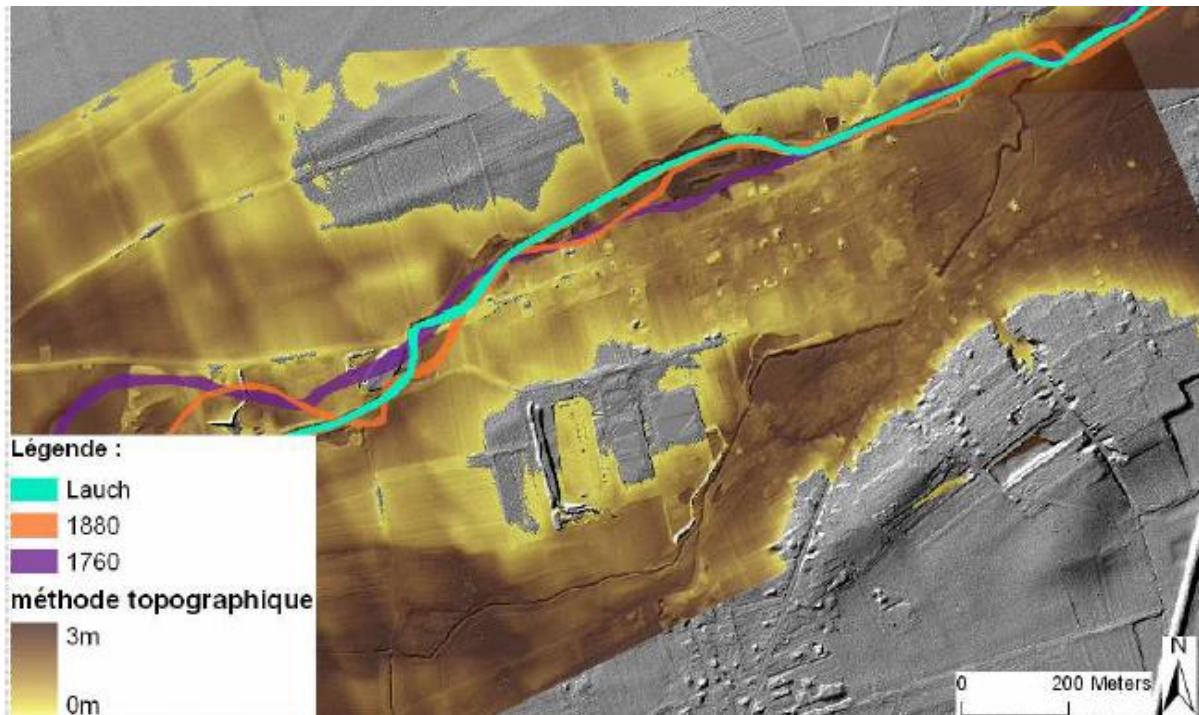


Figure 39 : l'enveloppe de mobilité maximale : la zone d'altitude relative au cours d'eau de 0-3 m (exemple de la Lauch) issu du traitement des levés LIDAR (CD 68, 2013)

#### ✓ *Enveloppe de mobilité fonctionnelle*

Elle est issue du croisement de l'enveloppe de mobilité théorique et de l'enveloppe de mobilité historique. Elle intègre également les zones urbanisées, routes, ponts, etc.

#### ✓ *Enveloppe de mobilité minimale*

Cette enveloppe fonctionnelle finale considère un certain nombre de contraintes qui viennent de fait réduire l'espace disponible pour l'expression de la mobilité des cours d'eau : voies de communications, bâti, ponts, stations de pompage, pylônes électriques, etc.

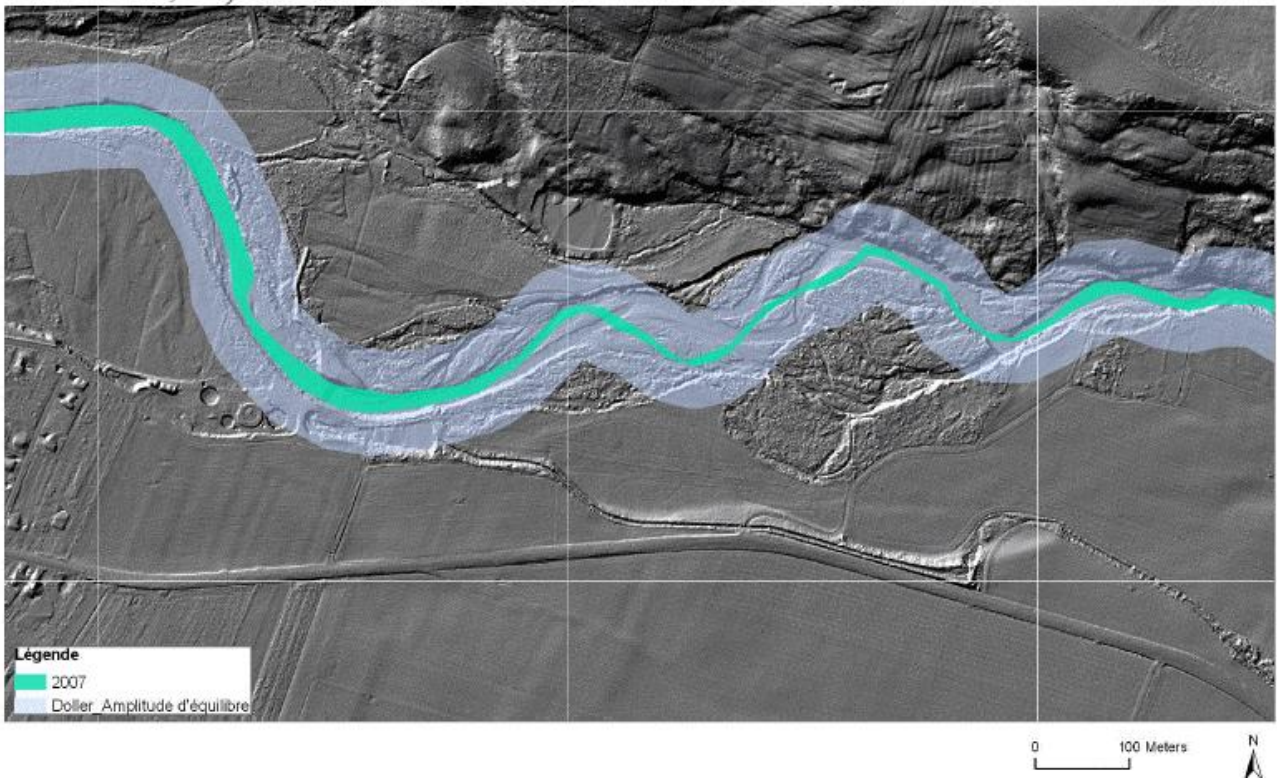
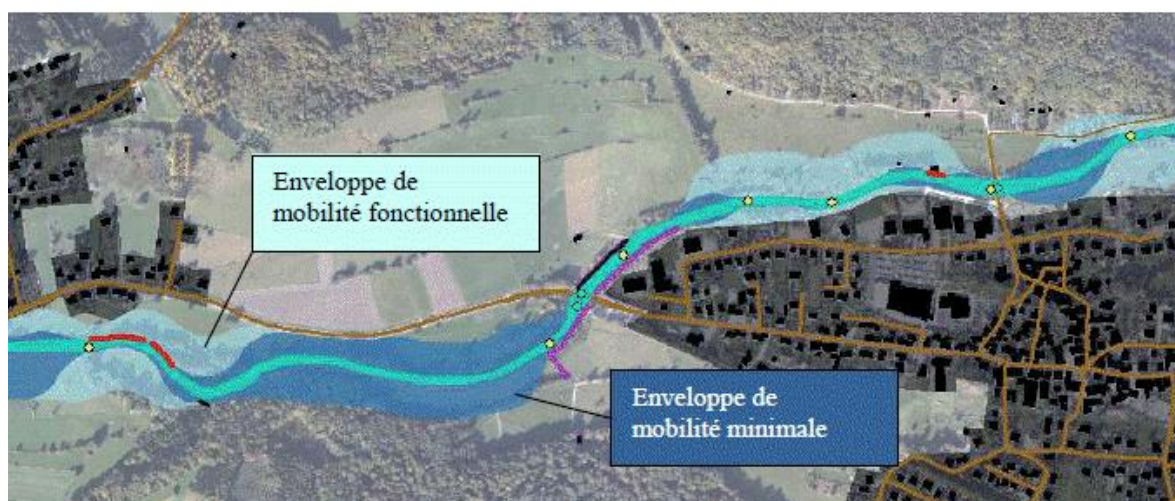


Figure 40 : exemple de tracé de l'enveloppe de mobilité théorique (guide méthodologique, p.11, CG68, mai 2011)



*Enveloppe fonctionnelle (réunion de l'enveloppe historique et de l'amplitude d'équilibre)*



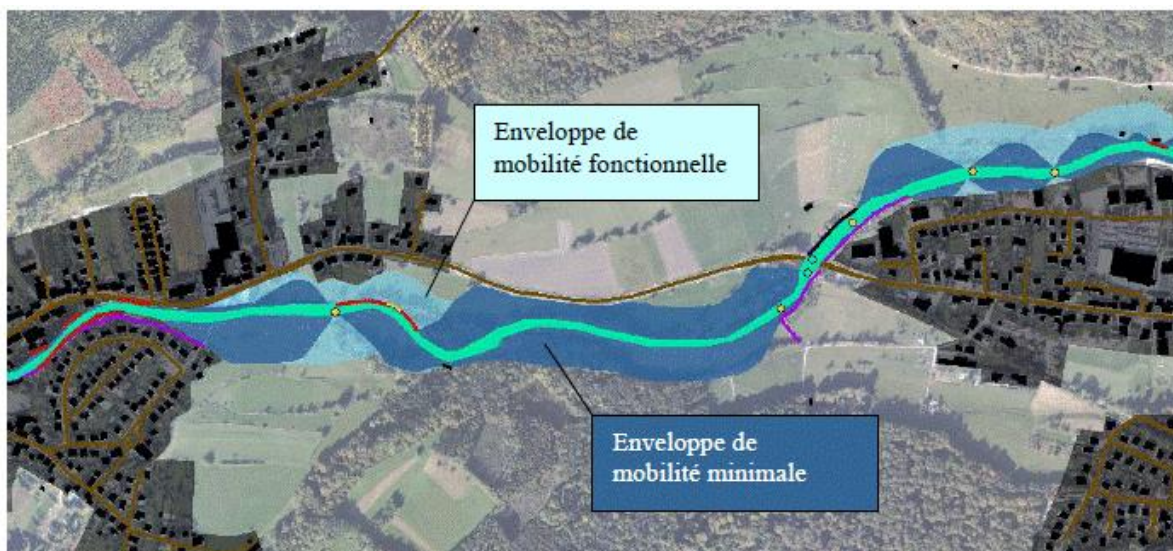
*Enveloppe fonctionnelle et enveloppe minimale, réduites au niveaux de divers enjeux*

**Figure 41 : enveloppes fonctionnelle et minimale issues de la prise en compte et de l'amplitude théorique, des tracés historiques et de la prise en compte des contraintes socio-économiques (guide méthodologique, p.13, CG68, mai 2011)**

L'état des données disponibles et des cartographies établi à ce jour est le suivant :

	Ill	Thur	Weiss (provisoire)	Fecht (provisoire)	Lauch	Doller
Rapport explicatif	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Date des lits actuels	2016	2016	2013-07	2013-07	2013-07	2007
Limite amont fuseau	Ligsdorf	Wildenstein	Orbey	Mittlach	Lautenbach	Lauw
Limite aval	Horbourg-Wihr	confluence	confluence	confluence	confluence	Confluence
Fuseau fonctionnel	"enveloppe minimale"					
Fuseau fonctionnel théorique	Enveloppe de mobilité fonctionnelle (avant prise en compte des contraintes anthropiques)					
Lit 1760	X	X	X	X	X	X
Lit 1840	X	X		X		
Lit 1880	X	X	X	X	X	X
Enveloppe historique	Enveloppe de mobilité historique					

Ill : voir § plus loin

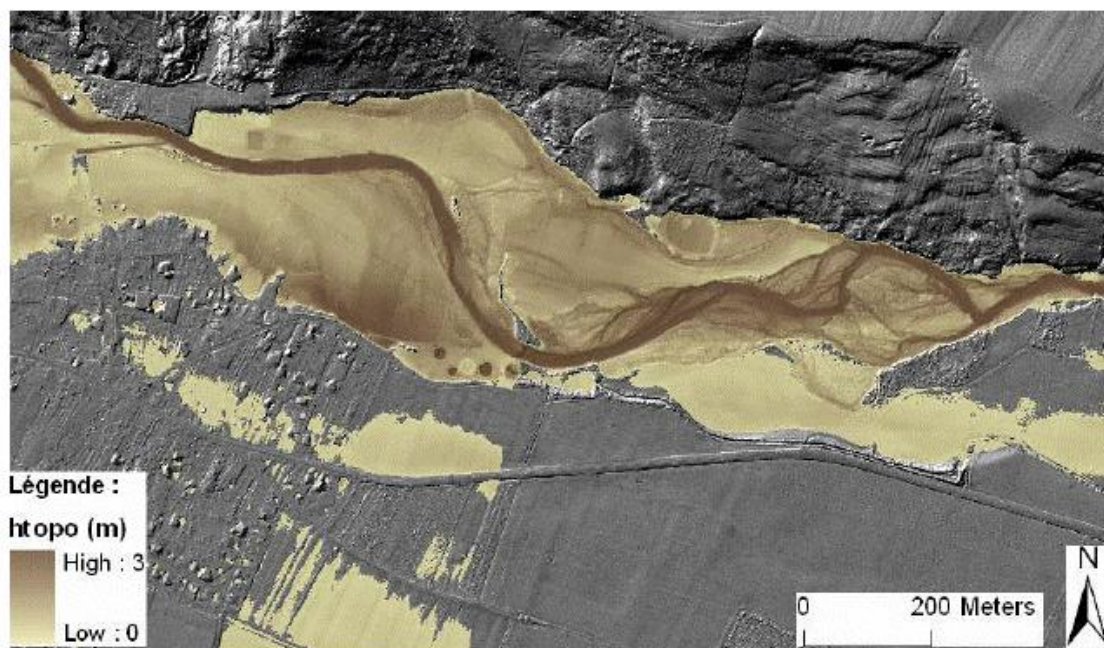


Exemple de fuseau de mobilité sur la Doller (DOLLEREN)



### 3.3.3. Prise en compte de la topographie

Elle a été réalisée en à partir de Modèles Numériques de Terrain à haute résolution (4 points/m<sup>2</sup>). Elle permet de représenter les hauteurs relatives de chaque point perpendiculairement à la rivière. La fourchette 0-3 m a été sélectionnée pour les représentations cartographiques. Cette « enveloppe de mobilité historique » a été utilisée pour « réduire l'enveloppe de mobilité fonctionnelle dans les zones non mobiles ou à fort relief » (guide méthodologique, p.13, CG68, mai 2011).



*Hauteurs d'eau à l'aval de Guewenheim*

Figure 42 : prise en compte de la topographie du lit majeur pour la détermination de l'enveloppe de mobilité fonctionnelle (guide méthodologique, p.15, CG68, mai 2011)

### 3.3.4. L'III et Bornen aval (CD68 et Région Alsace)

L'III a été étudié sous deux maîtrises d'ouvrage différentes :

- à l'aval : maîtrise d'ouvrage Région Alsace : de Colmar à Illhaeusern ;
- à l'amont : maîtrise d'ouvrage Conseil Départemental du Haut-Rhin : de Ligsdorf à Horbourg-Wihr.

#### *III aval, première version (Hydratec, 2005)*

L'III a fait l'objet d'une première cartographie de ses enveloppes de mobilité par Hydratec en 2005 sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace. Le linéaire d'étude concerné était l'III Domaniale, soit entre les communes de Colmar et d'Erstein.

Lors de cette première étude, la méthode utilisée est celle de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (1998), avec :

- la délimitation de l'amplitude d'équilibre théorique (10 fois la largeur à pleins bords, 5 fois de part et d'autre de chaque berge) ;
- la réduction de cette enveloppe par la prise en compte de contraintes anthropiques (zones bâties, voies de communications majeures (routes représentées par 2 traits

pleins ou un trait plein et un trait pointillé) et leurs ponts, certains barrages (notamment celui de Maison Rouge), les digues de hautes eaux de Colmar (entre le pont de RD4 et le lieu-dit Rœesslinshutte). En revanche, les étangs présents, les lignes électriques aériennes ne sont pas considérées comme des points durs ;

- fuseau de mobilité : de Colmar (Ladhof) à Junghurst (maison forestière à 2 km à l'aval d'Illhausern). Pour le Bornen : tronçon méandreux entre la confluence avec le Friesengraben et celle de l'III.

L'application de la méthode de 1998 est donc incomplète puisque les fuseaux historiques notamment n'ont pas été pris en compte. Le fuseau fonctionnel de mobilité n'a finalement été appliqué que sur une vingtaine de km.

### **Version 2012 (Région Alsace, Dynamique Hydro, 2012)**

L'étude de 2012 réalisée par Dynamique Hydro amende cette première étude réalisée par Hydratec entre le pont de Ladhof à Colmar et la maison forestière de Junghurst à Hillhausern.

Après la détermination du fond de vallée alluviale (« espace balayé par le cours d'eau au cours des derniers milliers d'années » correspondant aux couches Fz des cartes géologiques du BRGM au 1/50000), un travail assez minutieux de reprise des lits historiques a été effectué par le Bureau d'Etude.

Les sources historiques sélectionnées finalement ont été :

- la carte d'Etat-Major (1825-1838),
- la carte topographique de 1957,
- différentes séries de photographies aériennes (1951, 1976, 2002, et 2007).

Les enveloppes dessinées ont donc été :

- l'enveloppe de divagation historique ;
- l'amplitude d'équilibre : elle a été choisie (après vérification sur une analyse des anciens méandres de l'III au XIX<sup>e</sup> siècle) comme étant égale à 350 m (11,6 fois la largeur du lit au XIX<sup>e</sup> siècle). Cette valeur a été retenue sur l'ensemble du tracé bien que des variations aient été observées entre l'amont (250 -300m d'amplitude avec un maximum à 350) et l'aval (225 m d'amplitude). L'amplitude d'équilibre théorique a été tracée selon l'axe des sinuosités (reliant les points d'inflexion des sinuosités).
- la synthèse des deux enveloppes permet d'obtenir le « fuseau de mobilité », finalement de taille plus réduite que celui dessiné par Hydratec en 2005.

Cette cartographie ne fait pas apparaître de fuseau de mobilité fonctionnel qui prendrait en compte les infrastructures, notamment les deux digues latérales en rives, à 70 m des berges du cours d'eau à l'aval de Ladhof.

### ***Fuseau de mobilité retenu pour l'atlas de l'III domaniale***

Nous avons donc choisi de représenter le fuseau de mobilité fonctionnel de l'III élaboré en 2005 par Hydratec puisque la cartographie proposée par Dynamique Hydro ne fournit pas d'enveloppe comparable et s'arrête à l'étape de la définition d'une amplitude d'équilibre théorique (la couche SIG de l'EFONC est identique à la couche de l'Amplitude d'équilibre théorique). .

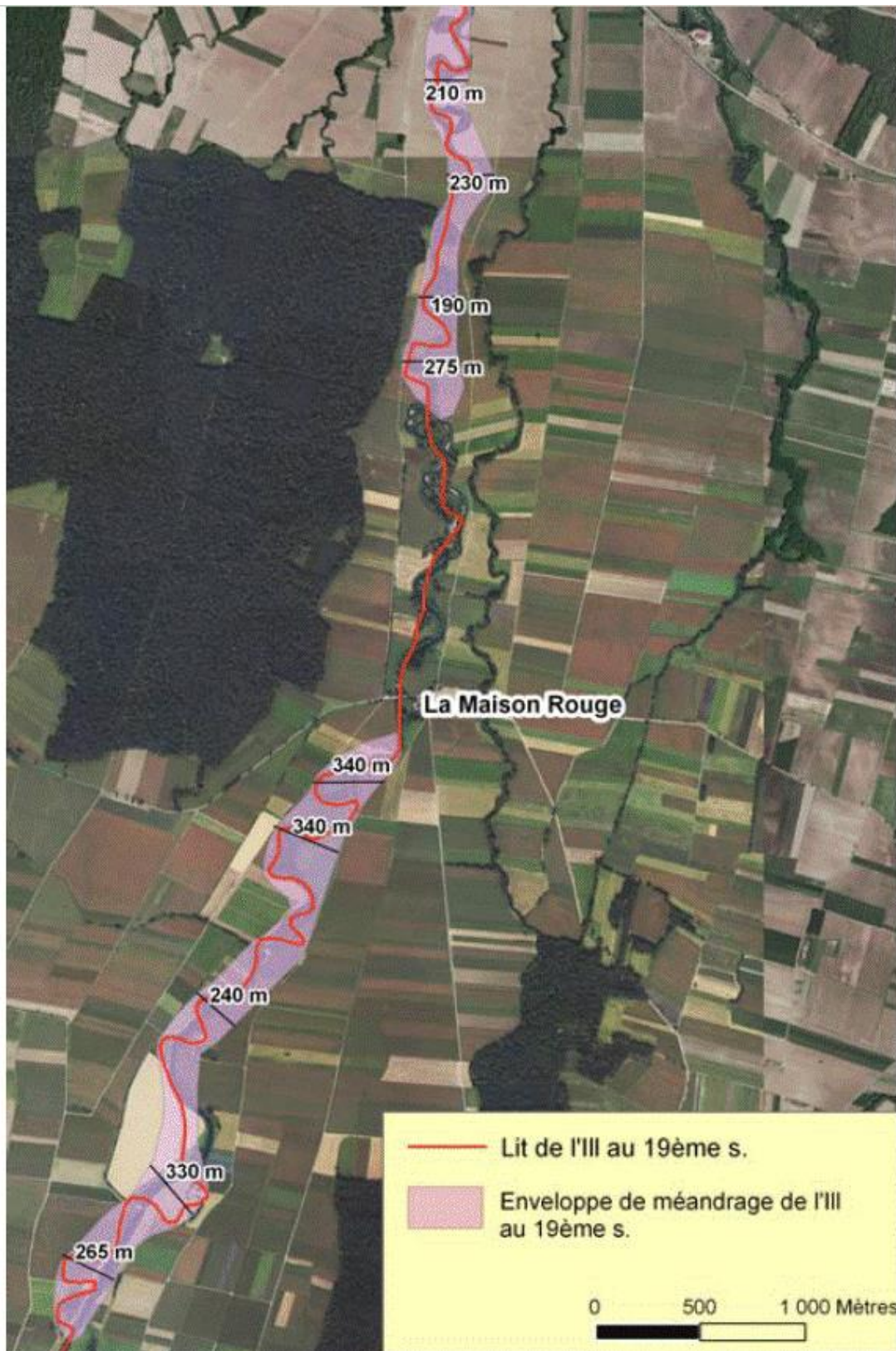


Figure 43 : analyse de la bande de méandrage de l'Ill au XIXème siècle (Dynamique Hydro, 2012)

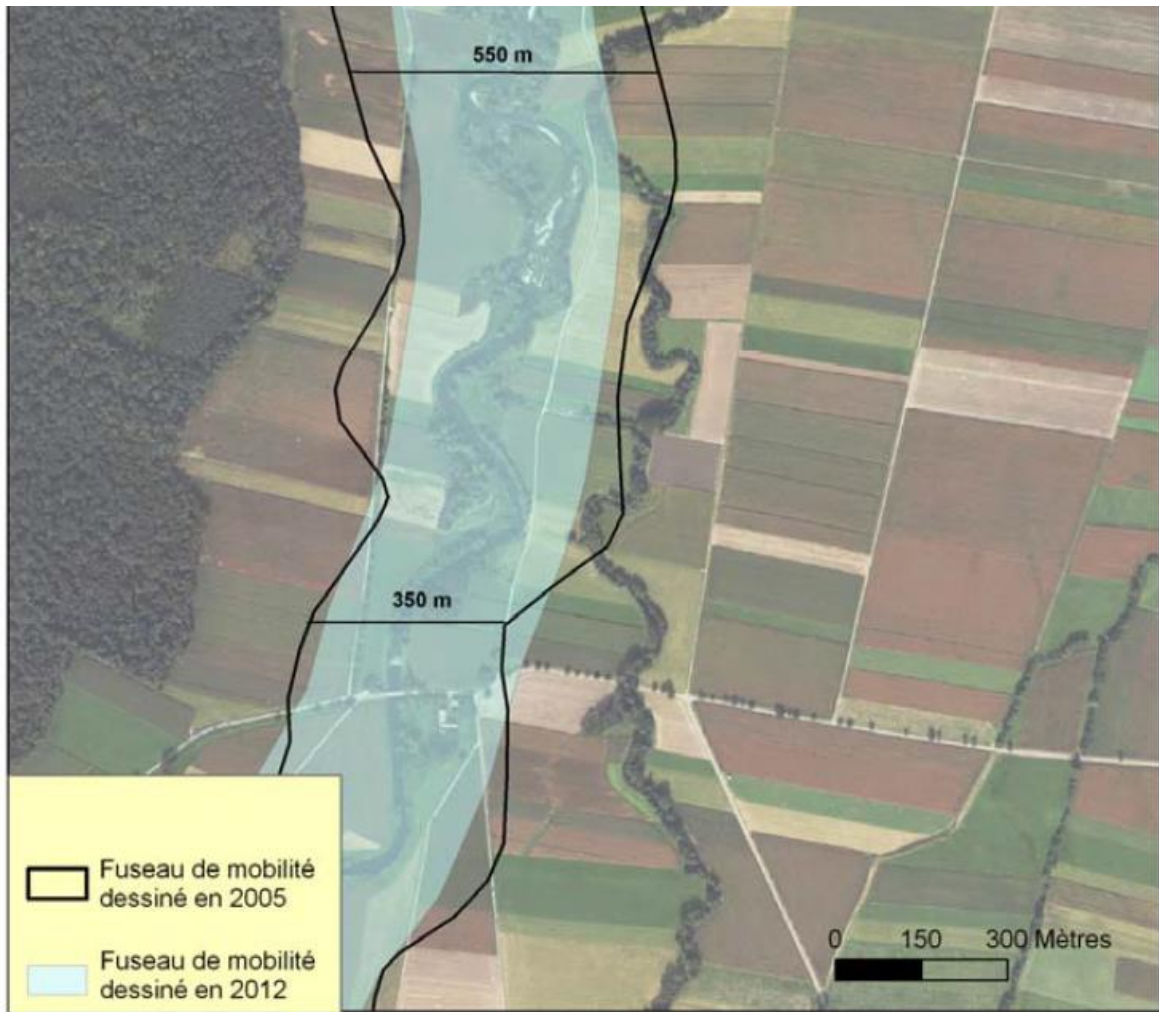


Figure 44 : comparaison de la taille du fuseau de mobilité dessiné par Hydratec (2005, traits noirs) et Dynamique Hydro (2012, espace bleuté) (DH, extrait)

**III amont (CD68, en cours)**

La méthodologie adoptée a été la même que pour les autres cartographies sous maîtrise d'ouvrage CD67 (Doller, Thur, Fecht, Weiss).

**3.3.5. Construction des données livrées :**

Elles seront synthétisées par maître d'ouvrage (départements 67 et 68, Région Alsace) dans des fichiers regroupant tous les cours d'eau concernés, lorsque les informations étaient disponibles :

- espace maximal : 2016EMAX[MO] (fichier polygone RGF 93 Lambert93) ;
- amplitude d'équilibre théorique : 2016AET[MO] (fichier polygone RGF 93 Lambert93) ;
- fuseau fonctionnel intermédiaire : 2016fus\_fonct[MO] (fichier polygone RGF 93 Lambert93) ;
- fuseau fonctionnel final : 2016fuseau\_fin[MO] (fichier polygone RGF 93 Lambert93) ;
- lit de la rivière au 19<sup>ème</sup> siècle : 2016litXIX[MO] (fichier polyligne RGF 93 Lambert93)
- lit de la rivière au 18<sup>ème</sup> siècle : 2016litXVIII[MO] (fichier polyligne RGF 93 Lambert93)
- lit de la rivière utilisé lors de la cartographie : 2016litriv[MO] (fichier polyligne RGF 93 Lambert93)

Parfois, pour information, des couches mises à dispositions par les maîtres d'ouvrages qui offraient des données supplémentaires ont complété notre cartographie :

- enveloppes de projet de gestion
- encoches d'érosion,
- etc.

## 4. CONCLUSION

### 4.1. L'actualisation des fuseaux de mobilité des cours d'eau lorrains

#### 4.1.1. Les points de méthodologie inchangés

Le format de représentation (A3) a été conservé.

Le linéaire des cours d'eau traités n'a pas été modifié. Le choix arrêté en 1999 de ne cartographier que les cours d'eau potentiellement mobiles a été conservé. A priori, l'ensemble des cours d'eau susceptibles de motiver le traçage d'un fuseau de mobilité a donc été couvert à l'échelle des départements lorrains du bassin Rhin-Meuse. Les rivières correspondantes des départements alsaciens ont été réalisées ou sont en cours de réalisation sous d'autres maîtrises d'ouvrage.

Le principe de traçage de l'amplitude d'équilibre équivalent à 10 fois la largeur à pleins bords a été conservé comme principe de base.

Les étapes conduisant à la définition d'un espace de mobilité fonctionnel issu du croisement entre les limites des alluvions modernes, l'amplitude d'équilibre, les traces de lits historiques, les contraintes anthropiques majeures ont été reprises.

L'essentiel des principes de sélections des contraintes anthropiques ont été conservés (voies de communications asphaltées, bâti, ponts, voies de chemin de fer, canaux navigables, etc.).

Il a été décidé que les ouvrages transversaux type seuils de moulins n'ont pas réduit le fuseau fonctionnel : le manque d'information sur les caractéristiques des ouvrages recensés (ROE) ainsi que l'échelle de travail (bassin Rhin-Meuse), n'autorise pas une analyse fine de cette contrainte. Toute interprétation à cette échelle aurait été sujette à approximation.

#### 4.1.2. Les modifications et actualisations pour les cours d'eau lorrains

Un certain nombre de points de méthodologie ont été amendés :

- l'enveloppe maximale : elle a été précisée en numérisant à échelle plus rapprochée les bas de versants afin de se limiter aux espaces plan. Ces corrections ont pu donner lieu à des visites de terrain ;
- l'échelle des unités de travail a été considérablement améliorée grâce aux outils informatique : 165 tronçons ont été définis au lieu de 22 en 1999 pour le même linéaire de cours d'eau (490 km) ;
- la largeur des lits a été décrite par tronçons, numérisée précisément sur orthophotos et calculée de façon systématique par opération graphique ;
- l'amplitude d'équilibre a été adaptée en fonction de la « mobilité potentielle » et de la largeur de chaque tronçon. A partir du principe général de 10 Lpb, des nuances méthodologiques ont été définis selon les 3 grandes classes
  - cours d'eau mobiles : 10 Lpb dans l'axe du lit ;
  - cours d'eau très mobiles : 10 Lpb dans l'axe des sinuosités

- cours d'eau peu mobiles : 10Lpb en rive extérieur de méandre, 5Lpb dans les rives intérieures de méandres ou les secteurs peu sinueux

Une discrimination en fonction de la mobilité potentielle basée notamment sur la puissance de la rivière (conformité avec le SDAGE Rhin-Meuse) a donc été respectée dans le sens de la réserve formulée par la DRIRE et l'UNICEM en 1999 (Hydratec, 1999, préambule) ;

### Ces adaptations et actualisations ont pour objectifs de permettre une validité à long terme des fuseaux fonctionnels actualisés (environ 50 ans).

Si globalement la superficie de la somme des fuseaux fonctionnels est similaire à celle définie en 1999, dans le détail des différences importantes apparaissent :

	Ha 2016	Ha 1999	variation
Moselle	2565	2005	+ 28 %
Vologne	413	446	-7%
Mortagne	404	547	-26%
Meurthe	1747	1550	+13%
Meuse	5709	6581	-13%
Vezouze	444	541	-18%
	11282	11670	-3%

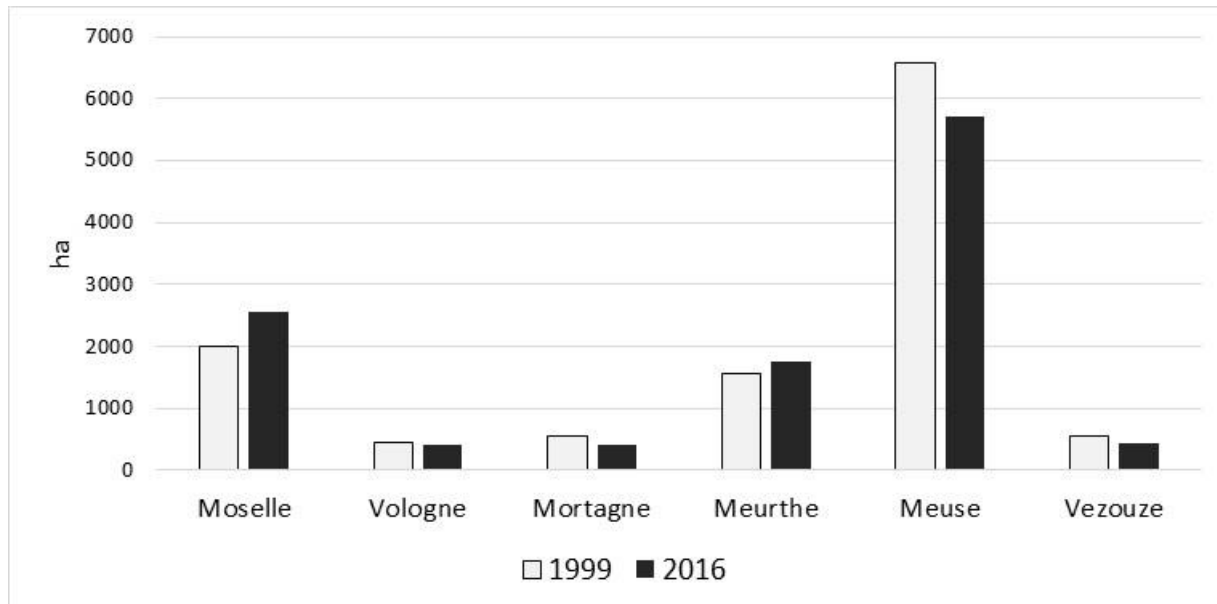


Figure 45 : évolution de la superficie du fuseau fonctionnel entre les versions de 1999 et 2016

La Moselle est le cours d'eau dont le fuseau fonctionnel est considérablement élargi. Cela tient principalement à la nature de son potentiel de mobilité et à la numérisation plus exacte de sa largeur à pleins bords.

La Meurthe, autre cours d'eau très mobile (classe TM) affiche une légère hausse de son fuseau fonctionnel.



Les autres cours d'eau présentent tous une baisse sensible de la superficie du fuseau de mobilité fonctionnel.

Le fuseau de mobilité de la Mortagne est réduit de plus d'un quart et celui de la Meuse de plus de 10 % (méthode de cartographie des cours d'eau peu mobiles, retrait des linéaires de Meuse canalisée cartographiée par erreur).

#### **4.2. La cartographie des fuseaux alsaciens**

La synthèse a pu être aboutie quasiment dans sa totalité, même si un certain nombre de fuseaux dans le Haut-Rhin ne sont pas encore validés dans leur version définitive.

Si la méthodologie appliquée a le plus souvent été celle de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (Malavoi *et al.* 1998), finalement, on constate des méthodologies assez différentes selon les cours d'eau :

- délimitation de l'espace maximal : à partir des cartes géologiques uniquement, ou complété par des levés de terrain (Moder, Giessen-Lièpvrette, Bruche, Ill aval) ou par des traitements de MNT (cours d'eau du Haut-Rhin) ;
- délimitation d'une amplitude d'équilibre théorique presque toujours dans l'axe du cours d'eau (à l'exception du fuseau version 2012 de l'Ill aval) ;
- nombre des étapes intermédiaires pour arriver au fuseau fonctionnel assez variable ;
- prise en compte des infrastructures qui peut présenter des différences (considération des réseaux enterrés ou non par exemple).

L'ensemble des données peut être présentés sur des cartes avec une symbologie unifiée (cf. atlas joint).

## 5. ANNEXES

### 5.1. Bibliographie

- AQUASCOPI, 1997, SEQ milieu physique 1. Typologie physique simplifiée des cours d'eau français, Agences de l'Eau, Aquascopi, 55 p. + annexes
- CHABRAND M., 2013, définition et évaluation économique des alternatives de gestion des espaces de mobilité des cours d'eau du bassin versant de la Moder, mémoire de stage, CG67, 104p.
- CG68, 2011, Programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin, *note méthodologique de l'état des lieux*, Département du Haut-Rhin, service aménagement des rivières, 20 p.
- CG68, 2012, Programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin, *état des lieux de la Doller*, Département du Haut-Rhin, service aménagement des rivières, 120 p.
- CG68, 2013, Programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin, *état des lieux de la Lauch*, Département du Haut-Rhin, service aménagement des rivières, 133 p.
- CG68, 2013, Programme global pour l'atteinte du bon état écologique des rivières du Haut-Rhin, *état des lieux de la Fecht et de la Weiss*, Département du Haut-Rhin, service aménagement des rivières, 101 p.
- COUVERT B., LEFORT P., PEIRY J.-L., BELLEUDI P., 1999, La gestion des rivières, transport solide et atterrissements, Guide méthodologique n° 65, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 97 p.
- FLUVIAL.IS, 2010, Etude de la dynamique fluviale et du transport solide du Giessen et de la Lièpvrette, SAGE Giessen Lièpvrette – Diagnostic et programme d'actions, CG 67 150 p. + atlas cartographique
- FLUVIAL.IS, 2012, Etude pour l'élaboration du schéma d'aménagement, de gestion et d'entretien des cours d'eau du bassin de la Bruche et de la Mossig, CG67, 83+39 p. + atlas cartographique
- FLUVIAL.IS, 2014, , Etude du transport solide s des rivières du bassin Saulx et Ornain, , Agence de l'Eau Seine-Normandie, Tome1 125 p. Saulx Ornain
- (Piégay, Schumm, Leopold & Maddock, Hey & Thorne)
- GOMEZ B., 1995, Bedload Transport and Changing Grain Size Distribution, in Gurnell A., Petts G., *Changing river channel*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, p. 177-199
- HYDRATEC, 1999, Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, phase 1-3 Elaboration de la méthodologie de définition des fuseaux de mobilité et détermination des fuseaux, 93 p. + atlas cartographique
- KONDOLF Mathias G., LISLE Thomas E., WOLMAN Gordon M., 2003, Bed Sediment Measurement, in *Tools in Fluvial Geomorphology*, Kondolf G.M., Piégay H. Editors, John Wiley and Sons, Chichester, p. 347-395
- KNIGHTON David, 1987, Fluvial forms and processes, E. Arnold Publishers Ltd, London, 218 p.
- LEOPOLD L.B., WOLMAN G., 1957, River Channel Patterns, braided, meandering and straight, Geological Survey Professional Paper, 282-B, 85 p.
- LABOUROT N., 2012, Etude hydro-morphologique des lits fluviaux du bassin de la Sauer et définition des espaces de mobilité des cours d'eau, CG67, 88 p. + atlas cartographique
- LANE E. W., ASCE M., 1955, The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering, *Proceedings*, American Society of Civil Engineers, New-York, 745-1 – 745-17
- LARRAS J., 1975, *Hydraulique et Granulats*, Eyrolles, 254 p.
- MALAVOI J.-R., GARNIER C.C., LANDON N., RECKING A., BARAN PH., 2011, Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière, ONEMA, Comprendre pour agir, 216 p.

- MALAVOI J.-R., BRAVAR J.-P., PIEGAY H., HEROIN E., RAMEZ P., 1998, Guide technique n°2, Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse, SDAGE RMC, 42 p.
- MEIER G., ZUMBROICH T., ROEHRIG J., BÖCKER K., OBERBORDBECK A., 2011, *Intrusion of fine sediments into low mountain range creeks and associated influence on benthic invertebrate populations*, SedNet Conference 6-9 avril 2011 Venise Italie
- MILAR R. G. , QUICK M. C., 1998, *Stable width and depth of gravel bed Rivers with cohesive banks*, Journal of Hydraulic Engineering, p. 1005-1013
- NICOLA S., 2007, Elaboration des fuseaux de liberté de la Zorn, mémoire de stage ENGEES, UAH, ULP, 80 p. + annexes cartographique
- OFEP, 1998, Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, Ecomorphologie – niveau R (region), information concernant la protection des eaux n°27, office federal de l'Environnement des forêts et du paysage, 51 p.
- PIEGAY H., DARBY S.E., MOSSELMAN E. , SURIAN N. , 2005, A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor : a sustainable approach to managing bank erosion, River resource application, nr 21, p. 773-789
- REID I., BATHURST J.C.; CARLING P.A.; WALLING D.E., WEBB B.W., 2003, Sediment Erosion, Transport and Deposition, *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*, Ed. Colin R. Thorne, Richard D. Hey, Malcom D. Newson, Wiley and Sons Ltd, Chichester, 95-135
- RICHARD Keith, 1982, *Rivers, form and process in alluvial channels*, Methuen, London and New York, 357 p.
- ROOSE E, DE NONI G., LAMACHERE J.-M., 1998, L'érosion à l'ORSTOM : 40 ans de recherches multidisciplinaires, ORSTOM, p. 54-66
- SCHUMM S. A., 1977, *The fluvial System*, John Wiley & Sons, New-York, Chichester, 377 p.
- SINBIO, 2014, définition du fuseau de mobilité, EPTB Meurthe Madon, 24 p. + atlas cartographique
- VOLLE M., 1997, l'analyse des données, Economica, 4<sup>ème</sup> edition, 323 p.
- WALLING D.E., WEBB B.W., 1996, Erosion and Sédiment Yield: Global and Regional Perspectives, International Association of Hydrological Sciences, 94p.

## 5.2. Tableau de caractérisation des tronçons des cours d'eau lorrains

Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puiss. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité	
Volo01	2369	2079	93	17	521	1.1	12	13	71	0.0091	0.0080	75	129	1.1	2	7	8.7	1.93	M	
Volo02	1161	996	113	20	502	1.2	15	14	78	0.0110	0.0095	99	141	1.2	2	7	9.3	2.06	M	
Volo03	2973	2614	120	21	491	1.1	16	13	73	0.0099	0.0087	103	133	1.1	2	7	9.3	2.08	M	
Volo04	4815	4032	234	42	465	1.2	31	14	75	0.0074	0.0062	139	137	1.2	2	7	10.0	2.22	M	
Volo04b	651	514	234	42	435	1.3	31	13	72	0.0097	0.0077	180	130	1.3	2	7	10.5	2.34	M	
Volo05	3916	3383	253	45	430	1.2	34	21	117	0.0059	0.0051	79	213	1.2	2	7	8.8	1.95	M	
Volo06	1418	1302	255	45	410	1.1	34	18	97	0.0046	0.0042	80	176	1.1	2	7	8.8	1.96	M	
Volo07	4286	3255	280	50	404	1.3	37	13	73	0.0058	0.0044	123	132	1.3	2	7	9.7	2.16	M	
Volo08	2249	1789	287	51	385	1.3	38	21	115	0.0028	0.0022	40	208	1.3	2	7	7.3	1.63	M	
Volo08b	124	121	287	/	380	1.0	/	13	72	0.0000	0.0000	0	132	1.0	2	7	/	/	M	
Volo09	819	755	351	62	380	1.1	47	26	145	0.0066	0.0061	106	265	1.1	2	7	9.4	2.09	M	
Volo10	2845	2623	359	64	375	1.1	48	23	127	0.0038	0.0035	72	230	1.1		7	8.6	1.91	M	
Volo11	2090	1925	367	65	365	1.1	49	23	125	0.0036	0.0033	71	227	1.1	2	7	8.6	1.90	M	
Volo12	813	732	368	65	358	1.1	49	30	163	0.0014	0.0012	20	296	1.1	2	7	5.9	1.30	PM	
					357															
Mort01	847	1194	420	50	254	0.7	37	11	63	0.0013	0.0018	57	115	0.7	2	7	8.1	1.79	M	
Mort02	1770	1016	489	58	252.5	1.7	43	12	69	0.0025	0.0014	48	125	1.7	2	7	7.7	1.72	M	
Mort03	911	755	492	58	250	1.2	44	16	88	0.0026	0.0022	59	160	1.2	2	7	8.2	1.81	M	
Mort04	597	586	495	59	248	1.0	44	23	128	0.0034	0.0034	62	233	1.0	2	7	8.3	1.84	M	
Mort05	1113	712	497	59	246	1.6	44	15	83	0.0014	0.0009	26	150	1.6	2	7	6.4	1.43	M	
Mort06	1389	482	498	59	245	2.9	44	15	84	0.0052	0.0018	51	153	2.9	2	7	7.9	1.75	M	

Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puis. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Mort07	1769	1583	512	61	242.5	1.1	45	15	83	0.0008	0.0007	21	151	1.1	2	7	6.0	1.33	PM
					241.2							23							PM
Mort08	1333	1206	519	61	5	1.1	46	18	102	0.0010	0.0009		185	1.1	2	7	6.2	1.37	PM
Mort09	4991	4533	537	64	240	1.1	48	17	91	0.0015	0.0014	40	166	1.1	2	7	7.3	1.63	PM
Mort10	1579	1285	<b>566</b>	<b>67</b>	233	1.2	50	23	124	0.0004	0.0003	7	225	1.2	2	7	3.6	0.80	PM
Mort11	10987	4983	598	71	232.5	2.2	53	19	102	0.0019	0.0009	24	186	2.2	2	7	6.3	1.39	PM
Mort12	918	495	611	72	223	1.9	54	25	139	0.0040	0.0022	46	252	1.9	2	7	7.6	1.70	PM
Mort13	2125	1812	619	73	221	1.2	55	20	112	0.0011	0.0009	25	204	1.2	2	7	6.3	1.41	PM
Mort14	1096	792	620	73	219	1.4	55	20	112	0.0013	0.0009	24	204	1.4	2	7	6.3	1.39	PM
					218														
Vezo01	6037	3694	432	80	244.5	1.6	60	12	68	0.0007	0.0004	20	123	1.6	2	8	5.9	1.17	PM
Vezo02	1254	996	441	82	242	1.3	61	13	71	0.0040	0.0032	149	129	1.3	2	8	10.1	2.03	M
Vezo03	645	618	454	84	238	1.0	63	9	52	0.0008	0.0008	51	94	1.0	2	8	7.9	1.57	M
Vezo04	3570	1841	462	85	237.5	1.9	64	13	74	0.0019	0.0010	46	135	1.9	2	8	7.6	1.52	M
Vezo05	1000	916	465	85	234	1.1	64	13	71	0.0014	0.0013	61	129	1.1	2	8	8.2	1.64	M
					232.7							4							M
Vezo06	3090	1425	471	85	5	2.2	64	13	71	0.0002	0.0001		129	2.2	2	8	2.4	0.48	M
Vezo07	1393	853	476	85	232.5	1.6	64	13	73	0.0003	0.0002	8	133	1.6	2	8	4.0	0.81	PM
					232.2							23							PM
Vezo08	2169	979	478	85	5	2.2	64	16	88	0.0013	0.0006		159	2.2	2	8	6.1	1.23	PM
Vezo09	2239	1034	522	85	231	2.2	64	19	104	0.0010	0.0004	15	189	2.2	2	8	5.2	1.05	PM
Vezo10	3034	2011	535	85	230	1.5	64	17	96	0.0005	0.0003	12	174	1.5	2	8	4.8	0.95	PM
Vezo11	1593	1165	542	85	229	1.4	64	17	91	0.0030	0.0022	83	166	1.4	2	8	8.9	1.78	PM
Vezo12	2845	1532	545	85	225.5	1.9	64	16	89	0.0007	0.0004	14	161	1.9	2	8	5.1	1.01	PM
Vezo13	2449	1666	551	85	224.5	1.5	64	17	94	0.0012	0.0008	30	171	1.5	2	8	6.7	1.34	PM
Vezo14	1505	1441	557	85	222.5	1.0	64	27	147	0.0007	0.0007	16	267	1.0	2	8	5.3	1.07	PM

Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puissance fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Vezo15	1546	1451	559	85	221.5	1.1	64	30	166	0.0007	0.0006	13	302	1.1	2	8	5.0	1.00	PM
Vezo16	2010	1809	563	85	220.5	1.1	64	21	115	0.0006	0.0005	15	209	1.1	2	8	5.2	1.05	PM
			<b>559</b>	<b>85</b>	219.5														
Mos01	3602	2999	222	103	395	1.2	77	20	108	0.0033	0.0028	107	196	1.2	2	1.5	9.4	5.55	TM
Mos02	1227	1008	580	269	385	1.2	202	57	313	0.0010	0.0008	28	570	1.2	2	1.5	6.6	3.77	TM
Mos03	1807	1506	592	274	384	1.2	206	53	293	0.0027	0.0022	84	532	1.2	2	1.5	8.9	5.09	TM
Mos04	2160	1558	602	279	380	1.4	209	54	297	0.0006	0.0005	18	540	1.4	2	1.5	5.6	3.20	TM
Mos05	1972	1652	614	284	379	1.2	213	39	214	0.0012	0.0010	55	389	1.2	2	1.5	8.0	4.57	TM
Mos06	1823	1602	<b>626</b>	<b>290</b>	377	1.1	218	42	232	0.0031	0.0027	139	421	1.1	2	1.5	10.0	5.71	TM
Mos07	2761	2700	641	297	372	1.0	223	53	290	0.0007	0.0007	30	528	1.0	2	1.5	6.7	3.85	TM
Eloyes			654	303	370		227		0										TM
Mos08	2052	1473	657	304	365	1.4	228	55	300	0.0020	0.0015	60	546	1.4	2	1.5	8.2	4.69	TM
Mos09	2458	2136	1027	312	362	1.2	234	46	252	0.0019	0.0016	82	458	1.2	2	1.5	8.9	5.06	TM
Mos10	1176	1145	1029	313	358	1.0	235	41	225	0.0035	0.0034	191	409	1.0	2	1.5	10.7	6.09	TM
Mos11	1574	704	1097	334	354	2.2	250	55	302	0.0057	0.0025	114	548	2.2	2	1.5	9.6	5.46	TM
Mos12	2285	1944	1155	351	350	1.2	263	49	268	0.0026	0.0022	116	488	1.2	2	1.5	9.6	5.49	TM
Mos13	1937	1819	1160	353	345	1.1	265	51	282	0.0033	0.0031	157	512	1.1	2	1.5	10.2	5.85	TM
Mos14	3092	3070	1194	363	339	1.0	272	45	248	0.0007	0.0006	38	450	1.0	2	1.5	7.3	4.14	TM
Epinal			<b>1217</b>	<b>370</b>	337		278												
Mos15	2461	2233	1256	382	318	1.1	286	75	415	0.0027	0.0024	91	755	1.1	2	1.5	9.1	5.19	TM
Mos16	2479	2399	1308	398	312	1.0	298	67	368	0.0029	0.0028	123	670	1.0	2	1.5	9.7	5.56	TM
Mos17	3251	2748	1340	407	305	1.2	306	81	445	0.0027	0.0023	85	809	1.2	2	1.5	9.0	5.12	TM
Mos18	1316	632	1341	408	297.5	2.1	306	66	362	0.0024	0.0011	52	658	2.1	2	1.5	7.9	4.51	TM
Mos19	3386	2709	1347	410	296	1.2	307	127	700	0.0026	0.0021	49	1272	1.2	2	1.5	7.8	4.44	TM
Mos20	1319	1209	1461	420	289	1.1	315	65	357	0.0008	0.0008	36	648	1.1	2	1.5	7.1	4.07	TM
Mos21	3090	2930	1591	431	288	1.1	323	82	453	0.0020	0.0019	75	823	1.1	2	1.5	8.7	4.96	TM

Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puis. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Mos22	2324	2179	1599	433	282	1.1	325	75	410	0.0009	0.0009	37	745	1.1	2	1.5	7.2	4.09	TM
Mos23	1750	1611	1635	443	280	1.1	332	70	383	0.0031	0.0029	134	696	1.1	2	1.5	9.9	5.66	TM
Mos24	2346	2087	1645	446	275	1.1	334	76	418	0.0019	0.0017	74	761	1.1	2	1.5	8.6	4.93	TM
Mos25	3749	3201	1661	450	271	1.2	338	63	349	0.0016	0.0013	70	634	1.2	2	1.5	8.5	4.87	TM
Mos26	3810	3376	1682	456	266	1.1	342	61	335	0.0019	0.0017	94	610	1.1	2	1.5	9.2	5.23	TM
Mos27	2834	2093	1689	458	259.5	1.4	343	100	548	0.0026	0.0019	66	997	1.4	2	1.5	8.4	4.79	TM
Mos28	7245	4649	1737	460	254	1.6	345	89	490	0.0017	0.0011	42	891	1.6	2	1.5	7.4	4.25	TM
Mos29	3509	2959	1892	462	246	1.2	347	59	325	0.0014	0.0011	66	591	1.2	2	1.5	8.4	4.79	TM
Mos30	1003	755	1896	465	242	1.3	349	54	299	0.0013	0.0010	63	544	1.3	2	1.5	8.3	4.74	TM
Mos31	3933	3632	<b>1976</b>	<b>470</b>	241	1.1	353	60	330	0.0008	0.0008	44	601	1.1	2	1.5	7.5	4.31	TM
Mos32	6694	5379	1980	471	238	1.2	353	69	379	0.0007	0.0006	30	689	1.2	2	1.5	6.7	3.85	TM
Mos33	4738	3897	1985	472	234	1.2	354	51	279	0.0015	0.0013	87	507	1.2	2	1.5	9.0	5.14	TM
Meurt01	2416	1866	115	25	480	1.3	19	11	60	0.0107	0.0083	141	109	1.3	2	1.8	10.0	5.27	TM
Meurt02	1174	1049	1	25	460	1.1	19	13	74	0.0143	0.0128	178	134	1.1	2	1.8	10.5	5.53	TM
Meurt03	1301	1131	3	26	445	1.2	19	14	79	0.0133	0.0115	153	144	1.2	2	1.8	10.2	5.36	TM
Meurt04	1947	1491	3	26	430	1.3	20	17	92	0.0101	0.0077	90	166	1.3	2	1.8	9.1	4.77	TM
Meurt05	1351	1309	1	27	415	1.0	20	20	110	0.0115	0.0111	109	200	1.0	2	1.8	9.5	4.98	TM
Meurt06	1090	934	0	27	400	1.2	20	19	103	0.0107	0.0092	96	187	1.2	2	1.8	9.2	4.85	TM
Meurt07	1339	1286	48	35	390	1.0	26	18	97	0.0078	0.0075	110	176	1.0	2	1.8	9.5	4.99	TM
Meurt08	2102	1712	5	36	380	1.2	27	32	177	0.0088	0.0071	59	321	1.2	2	1.8	8.2	4.29	TM
Meurt09	953	808	1	36	365	1.2	27	21	113	0.0074	0.0063	81	206	1.2	2	1.8	8.8	4.66	TM
Meurt10	945	845	8	37	359	1.1	28	24	130	0.0083	0.0074	86	237	1.1	2	1.8	9.0	4.72	TM
Meurt11	2446	1268	182	<b>69</b>	352	1.9	52	20	110	0.0079	0.0070	176	201	1.9	2	1.8	10.5	5.52	TM
Saint Dié					342														TM
Meurt12	1101	1049	21	70	335	1.0	52	24	131	0.0048	0.0045	98	238	1.0	2	1.8	9.2	4.86	TM

Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puis. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Meurt13	3075	2872	50	82	330	1.1	62	25	135	0.0049	0.0046	113	245	1.1	2	1.8	9.5	5.02	TM
Meurt14	8765	6032	69	95	316	1.5	71	30	163	0.0035	0.0024	57	296	1.5	2	1.8	8.1	4.25	TM
Meurt15	2126	1885	58	106	295	1.1	80	26	140	0.0021	0.0019	58	255	1.1	2	1.8	8.1	4.27	TM
Meurt16	2095	1586	157	<b>110</b>	291	1.3	83	19	104	0.0025	0.0019	82	190	1.3	2	1.8	8.9	4.66	TM
Meurt17	3107	2784	132	108	287	1.1	81	23	129	0.0018	0.0016	55	234	1.1	2	1.8	8.0	4.22	TM
Meurt18	2868	1064	17	110	282	2.7	83	23	124	0.0009	0.0003	13	226	2.7	2	1.8	4.9	2.57	TM
Meurt19	2584	1800	18	113	281	1.4	84	29	162	0.0039	0.0027	76	294	1.4	2	1.8	8.7	4.58	TM
Meurt20	4106	3016	18	115	274	1.4	86	30	167	0.0017	0.0012	34	303	1.4	2	1.8	7.0	3.68	TM
Meurt21	2843	1956	26	<b>118</b>	269	1.5	89	51	282	0.0013	0.0028	48	513	1.5	2	1.8	7.7	4.06	TM
					266.5														
Meurt22	3120	2635	21	121	261	1.2	91	30	167	0.0009	0.0008	23	304	1.2	2	1.8	6.2	3.27	M
Meurt23	4206	1660	6	122	258.5	2.5	91	27	147	0.0018	0.0007	24	267	2.5	2	1.8	6.2	3.29	M
Meurt24	2606	2508	40	127	255.5	1.0	95	31	172	0.0018	0.0017	51	313	1.0	2	1.8	7.9	4.14	M
Meurt25	5109	3373	20	129	251	1.5	97	28	152	0.0018	0.0012	40	276	1.5	2	1.8	7.4	3.88	M
Meurt26	1200	648	2	129	245	1.9	97	31	168	0.0015	0.0008	26	305	1.9	2	1.8	6.4	3.38	M
Meurt27	7345	3040	35	134	244	2.4	100	24	135	0.0020	0.0008	33	245	2.4	2	1.8	6.9	3.65	M
Meurt28	5023	3362	16	136	238	1.5	102	28	153	0.0009	0.0006	22	278	1.5	2	1.8	6.0	3.17	M
Meurt29	6757	3603	20	138	235	1.9	104	27	149	0.0025	0.0013	50	270	1.9	2	1.8	7.8	4.12	M
Meurt30	3234	2167	8	139	226	1.5	105	32	173	0.0016	0.0011	35	315	1.5	2	1.8	7.1	3.72	M
Meurt31	805	665	1	140	222.5	1.2	105	37	204	0.0008	0.0006	17	372	1.2	2	1.8	5.5	2.92	M
Meurt32	2065	1417	3	<b>140</b>	222	1.5	105	30	167	0.0018	0.0012	41	304	1.5	2	1.8	7.4	3.89	M
					219.5														
<b>Meus01</b>	<b>7901</b>	6258	1619	219	267	1.3	164	32	175	0.0008	0.0006	32	319	1.3	2	5.2	6.9	1.91	M
Meus02	5028	5056	1629	220	262	1.0	165	38	209	0.0004	0.0004	17	379	1.0	2	5.2	5.5	1.53	M
Meus03	1470	1983	1634	220	260	0.7	165	28	154	0.0010	0.0014	79	280	0.7	2	5.2	8.8	2.44	M
Meus04	1553	1626	1662	222	258	1.0	166	30	168	0.0022	0.0023	121	305	1.0	2	5.2	9.7	2.69	M

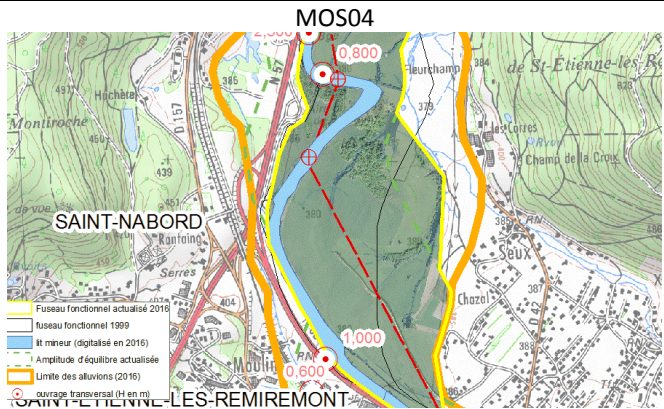
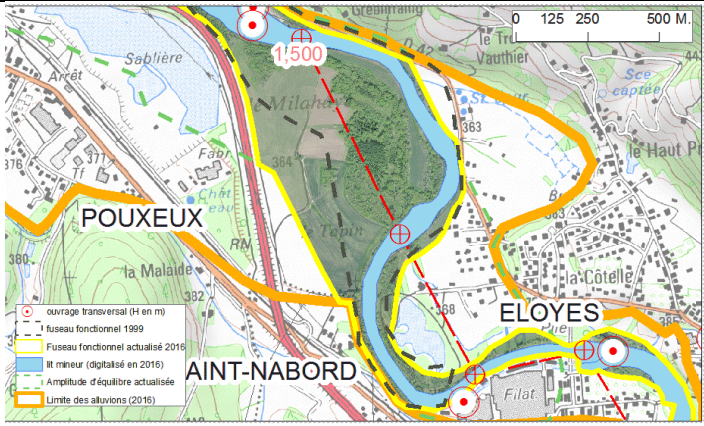


Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puis. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Meus05	3234	2320	1671	222	254.5	1.4	167	30	163	0.0002	0.0002	9	296	1.4	2	5.2	4.1	1.13	M
Meus06a	2684	2041	1719	225	254	1.3	169	21	115	0.0005	0.0004	30	208	1.3	2	5.2	6.7	1.86	M
Meus06c	5526	3925	1719	225	253	1.4	169	29	159	0.0010	0.0007	41	290	1.4	2	5.2	7.4	2.06	M
Meus07	2203	1974	1726	225	249	1.1	169	33	184	0.0020	0.0018	90	334	1.1	2	5.2	9.1	2.52	M
Meus08	8320	7044	2052	242	245	1.2	181	37	203	0.0001	0.0001	3	369	1.2	2	5.2	1.8	0.49	M
Meus09	3310	2215	2060	242	244.5	1.5	181	28	155	0.0002	0.0002	10	281	1.5	2	5.2	4.3	1.20	M
Meus10	7618	5961	2102	244	244	1.3	183	37	205	0.0008	0.0006	28	373	1.3	2	5.2	6.6	1.84	M
Meus11	1735	1109	2116	244	239.5	1.6	183	31	169	0.0014	0.0009	51	307	1.6	2	5.2	7.8	2.18	M
Meus12	2901	3319	2120	245	238	0.9	183	38	208	0.0003	0.0003	16	378	0.9	2	5.2	5.5	1.51	PM
Meus13	3705	782	2124	245	237	4.7	184	26	141	0.0013	0.0003	19	256	4.7	2	5.2	5.8	1.60	PM
Meus14	6396	7153	2275	251	236	0.9	188	37	202	0.0003	0.0004	20	366	0.9	2	5.2	5.8	1.62	PM
Meus15	5065	4355	2291	252	233.5	1.2	189	36	200	0.0002	0.0002	10	364	1.2	2	5.2	4.4	1.22	PM
Meus17	1931	1757	2293	252	232.5	1.1	189	43		0.0003	0.0003	11	430	1.1	2	5.2	4.6	1.29	PM
Meus18	4076	2886	2352	254	232	1.4	191	30	164	0.0012	0.0009	54	299	1.4	2	5.2	8.0	2.21	PM
Meus19	1535	890	2356	255	228.5	1.7	191	39	213	0.0003	0.0002	9	388	1.7	2	5.2	4.3	1.19	PM
Meus20	983	912	2357	255	228.2	1.1	191	41		0.0002	0.0002	9	411	1.1	2	5.2	4.2	1.18	PM
Meus21	1283	836	2360	255	228	1.5	191	46	251	0.0002	0.0002	6	456	1.5	2	5.2	3.5	0.96	PM
Meus22	2262	1069	2369	255	227.8	2.1	191	42	233	0.0007	0.0004	16	424	2.1	2	5.2	5.3	1.49	PM
Meus23	8826	7623	2525	261	227	1.2	196	36	198	0.0005	0.0004	21	360	1.2	2	5.2	6.0	1.66	PM
Meus24	3475	2738	2538	262	223.5	1.3	196	32	179	0.0002	0.0001	9	325	1.3	2	5.2	4.1	1.13	PM
Meus25	1328	1001	2540	262	223	1.3	196	33	183	0.0003	0.0002	13	333	1.3	2	5.2	5.0	1.38	PM
Meus26	5018	3359	2547	262	222.7	1.5	196	41	227	0.0002	0.0001	7	412	1.5	2	5.2	3.5	0.97	PM
Meus27	3314	4147	2577	263	222	0.8	197	62		0.0005	0.0006	19	622	0.8	2	5.2	5.7	1.59	PM
Meus28	2311	1777	2581	263	220	1.3	197	52	289	0.0003	0.0002	8	525	1.3	2	5.2	3.9	1.09	PM
Meus29	3365	2943	2661	266	219.5	1.1	200	57		0.0008	0.0007	26	570	1.1	2	5.2	6.4	1.77	M
Meus30	2673	2490	2748	269	217	1.1	202	35	193	0.0012	0.0011	63	350	1.1	2	5.2	8.3	2.31	M

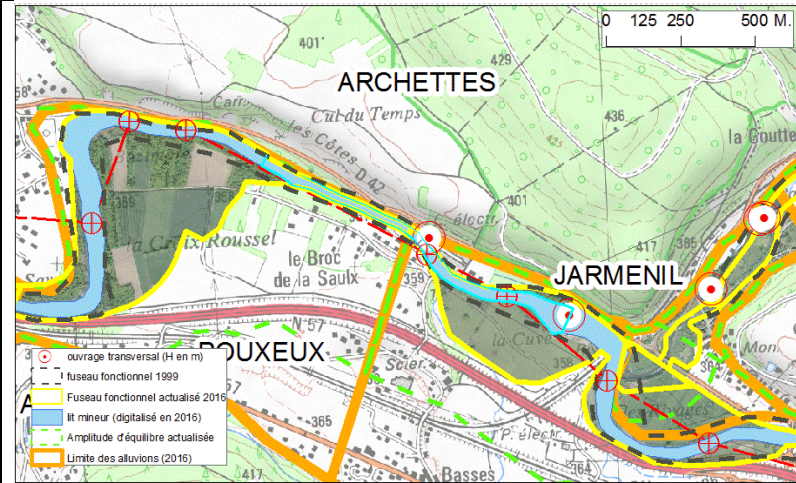
Tronçon	Long. lit mineur (m)	Long. vallée (m)	BV à l'exutoire (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2</sub>	Alt. Amont	Sinuosité	Q <sub>1.5</sub>	Largeur moy Pb	Valeur pour zone tampon (1/2Aeq + Lpb)	Pente de la vallée (m/m)	Pente des berges (m/m)	Puis. fluviale spéc. (W/m <sup>2</sup> ) pour Q <sub>1.5</sub>	Largeur amplitude de d'éq. 2016	Sinuosité	Indice rôle vég.	Indice coh des berges	Indice de puis. fluviale	Potentiel de mobilité	Type de mobilité
Meus31	5283	3262	2771	270	214	1.6	202	31	172	0.0008	0.0005	32	312	1.6	2	5.2	6.9	1.92	M
Meus32	6254	5938	2880	273	211.3	1.1	205	35	192	0.0001	0.0001	6	349	1.1	2	5.2	3.1	0.87	M
Meus33	7852	4747	3003	277	210.7	1.7	208	43	236	0.0014	0.0009	41	428	1.7	2	5.2	7.4	2.05	M
Meus34	2941	2809	3020	278	204	1.0	208	48	265	0.0001	0.0001	4	481	1.0	2	5.2	2.6	0.73	M
Meus35	5674	1631	3090	280	203.7	3.5	210	34	187	0.0010	0.0003	18	340	3.5	2	5.2	5.7	1.57	M
Meus36	1941	3159	3099	280	202	0.6	210	34	188	0.0003	0.0005	31	342	0.6	2	5.2	6.8	1.89	M
Meus37	4851	3349	3141	282	201	1.4	211	36	195	0.0003	0.0002	12	355	1.4	2	5.2	4.8	1.33	M
Meus38	3109	3009	3171	283	200	1.0	212	45	246	0.0008	0.0008	37	447	1.0	2	5.2	7.2	2.00	M
Verdun					197.5										2				
Meus39	1815	1680	3239	285	193.7	1.1	213	55	302	0.0003	0.0003	11	549	1.1	2	5.2	4.5	1.25	PM
Meus40	6263	5170	3300	286	193.2	1.2	215	45	250	0.0006	0.0005	24	455	1.2	2	5.2	6.2	1.73	PM
Meus41	13686	2856	3377	288	190	4.8	216	40	219	0.0022	0.0005	24	399	4.8	2	5.2	6.3	1.75	PM
					183.7							16							
Meus42	3873	11757	3473	291	5	0.3	218	44	245	0.0001	0.0003		445	0.3	2	5.2	5.3	1.48	PM
Meus43	4278	4234	3492	292	182.5	1.0	219	55		0.0008	0.0008	32	546	1.0	2	5.2	6.9	1.91	PM
Meus44	3552	2186	3532	293	179	1.6	220	42	229	0.0005	0.0003	15	416	1.6	2	5.2	5.2	1.38	PM
Meus45	1921	1741	3551	293	178	1.1	220	55	305	0.0000	0.0000	0	554	1.1	2			1.01	
Meus46	715	593	3553	293	178	1.2	220	59		0.0000	0.0000	0	593	1.2	2				
Meus47	3786	1680	3564	294	178	2.3	220	46	252	0.0012	0.0005	25	458	2.3	2	5.2	6.3	1.76	PM
Meus48	2338	3674	3587	294	176	0.6	221	37	202	0.0006	0.0009	55	368	0.6	2	5.2	8.0	2.23	PM
Meus49	3394	2928	3631	295	173.8	1.2	221	47	261	0.0000	0.0000	0	475	1.2	2				
Meus50	4921	4777	3727	298	173.8	1.0	223	57		0.0002	0.0002	6	573	1.0	2	5.2	3.4	0.94	PM
Meus51	12157	6997	3808	300	173	1.7	225	45	247	0.0009	0.0005	24	449	1.7	2	5.2	6.3	1.74	PM
Meus52	3423	2965	3910	302	167	1.2	227	48		0.0007	0.0006	27	483	1.2	2	5.2	6.5	1.81	PM
Meus53	8021	6241	3944	303	165	1.3	227	40	220	0.0004	0.0003	20	399	1.3	2	5.2	5.8	1.62	PM
Meus54	8816	7954	4022	305	162.2	1.1	229	57		0.0003	0.0002	10	568	1.1	2	5.2	4.4	1.21	PM

### **5.3. Synthèse de prise en compte des remarques du CoTech (sept- dec 2016)**

## Synthèse des remarques du Comité Technique et réponses apportées

Demande	Localisation	Réponse
<p>UNICEM</p> <p>Augmentation du fuseau fonctionnel de + 700m (surface 20 ha env.) sans justification d'éléments de dynamique latérale. Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999</p>		<p>La Moselle a été estimée en tant que cours d'eau très mobile susceptible de très forts déplacements. En 1999 la puissance réelle de la rivière n'avait pas pu être estimée. La méthode adoptée pour ce type de cours d'eau s'appuie sur l'axe des sinuosités (et non sur le centre du cours d'eau), ce qui respecte mieux les tendances naturelles de développement. Il s'agit d'un choix méthodologique.</p>
<p>MOS 8 : Pouxoux- Jarménil</p> <p>Réduction du fuseau fonctionnel rive droite d'environ 80m (surface env.1,2 ha) compensée par une augmentation rive gauche d'environ 160m (surface env. 8 ha) sans justification d'éléments de dynamique latérale. L'amplitude d'équilibre représentant là 11 fois la largeur du lit plein bord ...proportion injustifiée Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999</p>		<p>Il ne s'agit pas d'une démarche de compensation RD/RG, mais d'un choix méthodologique qui prend en compte la dynamique réelle de la rivière (très mobile) avec coupures dans l'axe des sinuosités. Le lit est en moyenne large de 55 mètres et la largeur du fuseau est de 550 mètres depuis la rive.</p>

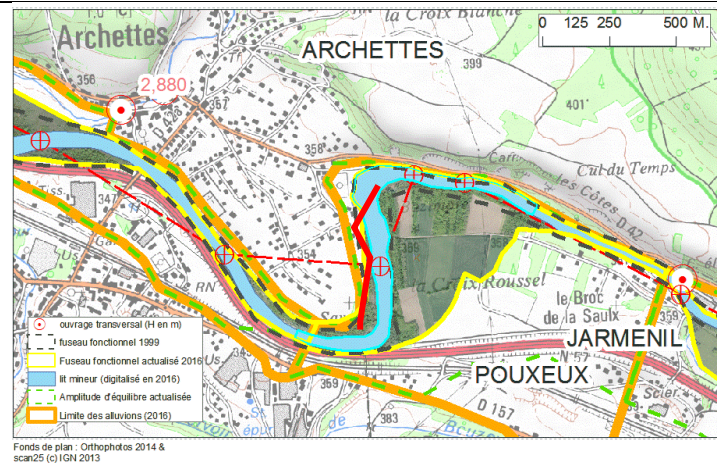
MOS 10 : Pouxieux (rive gauche)  
 Ouvrage transversal (barrage) non coté en hauteur et contourné malgré point dur  
 D'où augmentation du fuseau + 130m injustifiée  
 Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999



Bien qu'il ait été entendu en Comité technique que les ouvrages transversaux ne seraient pas pris en compte, il peut être envisagé de réduire ici le fuseau au droit de Jarménil en rive gauche.  
 Modification locale acceptée.



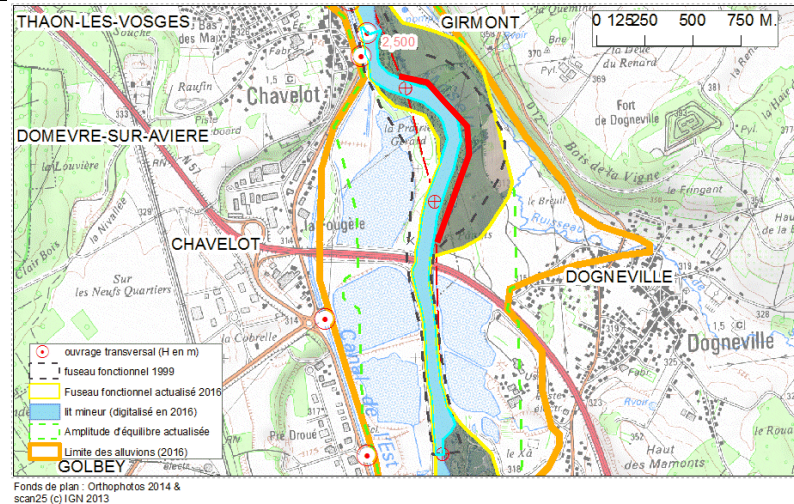
MOS 11 : Pouxieux-Archettes (rive gauche)  
 Augmentation du fuseau fonctionnel d'environ +250m (surface env. 7.5ha)  
 Sans justification d'éléments de dynamique latérale.  
 Malgré socle rocheux en affleurement et une élévation topo de +5m env.  
 Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999



Même si la hauteur de la berge n'interdirait pas a priori son érosion, le contournement du radier rocheux serait effectivement dangereux pour la dynamique de la rivière (risque de rectification et d'érosion régressive)  
 Modification locale acceptée.



MOS 15 : Chavelot-Dogneville (rive droite)  
 Augmentation du fuseau fonctionnel  
 Sans justification d'éléments de dynamique latérale.  
 Pas de prise en compte des points durs (enrochements sur 1000ml suite à Arrêté Préfectoral de 1990-1991) et réalité topo  
 Demande de positionnement du fuseau fonctionnel en haut de berge (trait rouge).



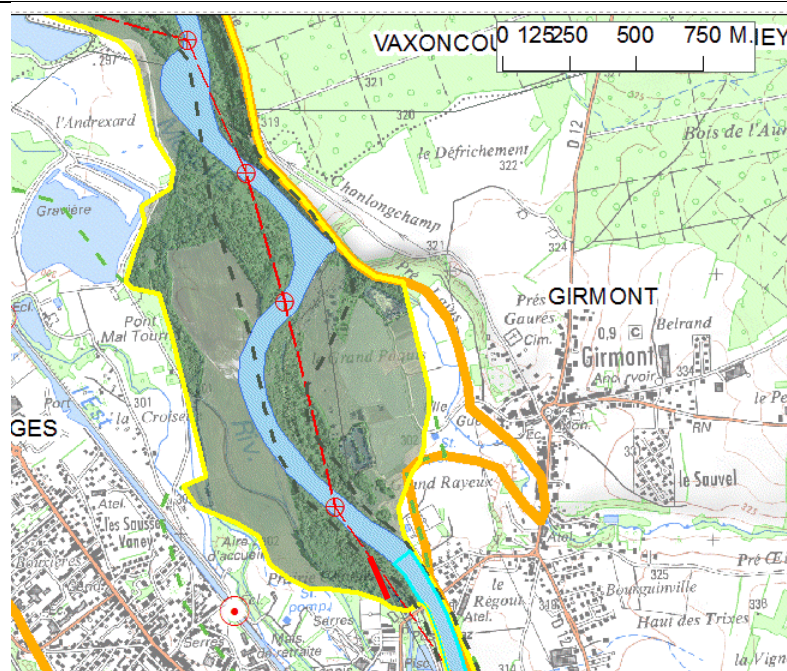
La méthodologie ne prévoit pas de prendre en compte les enrochements en règle générale.  
 Toutefois un examen local a été réalisé sur site qui a permis de constater qu'au moins les 2/3 amont de la zone désignée ne sont pas protégés.



Pas d'ajustement de la version actualisée

3

MOS 16-17 : Thaon les Vosges-Girmont  
 1/ rive gauche :  
 Augmentation du fuseau fonctionnel d'environ +250m.  
 Non prise en compte des points durs et de la réalité topo (endiguement béton sortie bief canal de fuite usine justifiant le fuseau de 1999)  
 Demande de positionnement du fuseau fonctionnel en haut de berge.  
 2/ rive droite  
 Augmentation du fuseau fonctionnel d'environ + 450m . (surface env. 40ha)  
 Sans justification d'éléments de dynamique latérale  
  
 L'amplitude d'équilibre représentant là 10 fois la largeur du lit plein bord ...proportion injustifiée, l'indice de mobilité moyen est de 6.75 (tableau 1.7.1 page 17 de l'étude).  
 Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999



1/rive gauche endiguement béton (sortie bief canal de fuite usine, trait rouge) : prise en compte à intégrer (pas d'accès trouvé sur site)  
 2/justification de la largeur du fuseau par les choix de méthode : indice de potentiel de mobilité entre 7 et 8 sur ce secteur de plusieurs tronçons : cours d'eau très mobile.

Pas d'ajustement à l'exception d'un talus effectivement constaté sur site.

MOS 17: Thaon les Vosges-Vaxoncourt (rive gauche)

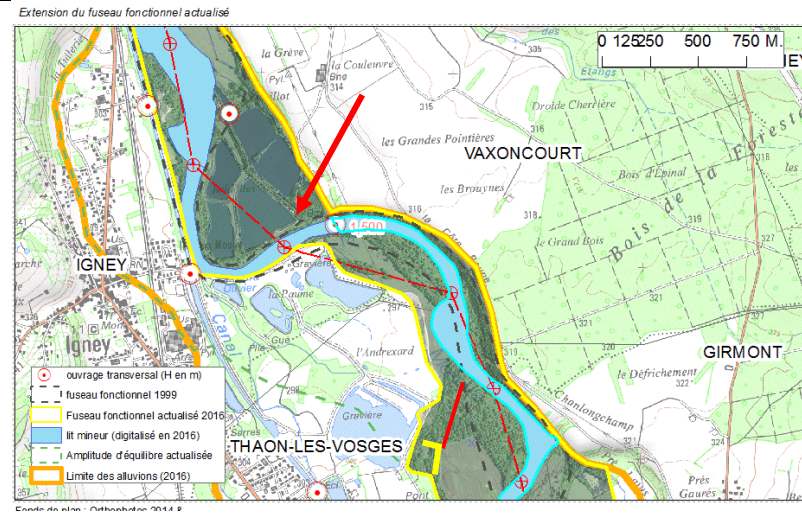
3/ Augmentation du fuseau de mobilité d'environ +250m

Sans prise en compte des points durs et topographie

Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999

4/ Augmentation du fuseau de mobilité d'environ +150m

Pas de justification avant barrage



3/ aucun point dur repéré sur le terrain. Quelle est sa nature ? souterrain ?

Sauf une levée de terre a été repérée qui justifie de rétrécir le fuseau localement (trait jaune)

4/ justification : méthodologie, barrages non pris en compte : ce barrage (env. 1,5m) semble lié à l'alimentation des gravières en RD. Erreur en RD : étangs > 1 ha à exclure du fuseau (comme en 1999)



Adaptations du fuseau fonctionnel

MOS 19: Nomexy-Châtel sur Moselle rive droite

Augmentation du fuseau fonctionnel d'environ +400m à 600m . (surface env. 50ha)

Avec éléments de dynamique latérale, mais exagéré

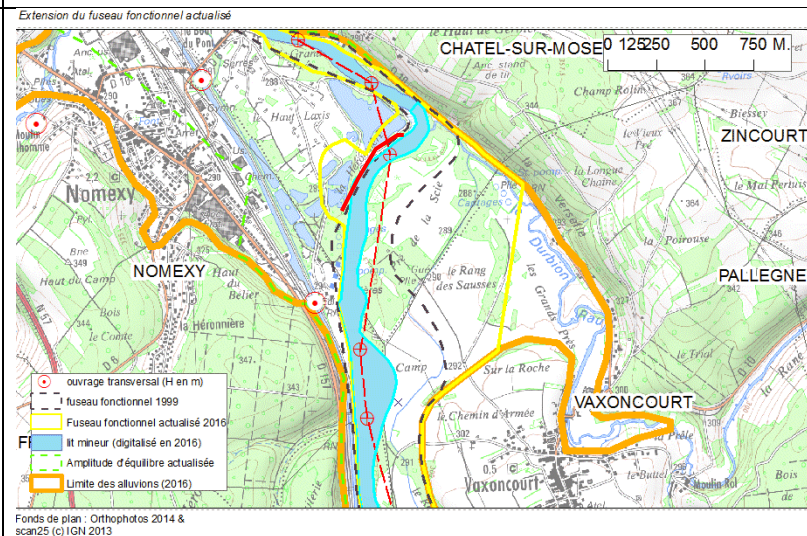
Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999

rive gauche

Augmentation du fuseau de mobilité d'environ +200m

Sans prise en compte des points durs avec plans d'eau inférieur à 1ha

Demande de positionnement du fuseau fonctionnel selon 1999



Rive gauche : étangs < 1ha : les enrochements en questions sont totalement détruits par l'amont et n'interdisent plus la dynamique latérale



Rive droite : justification par la nouvelle méthodologie (forte largeur du lit) tendance à l'exhaussement => mobilité potentielle forte.

Pas d'adaptation du fuseau.

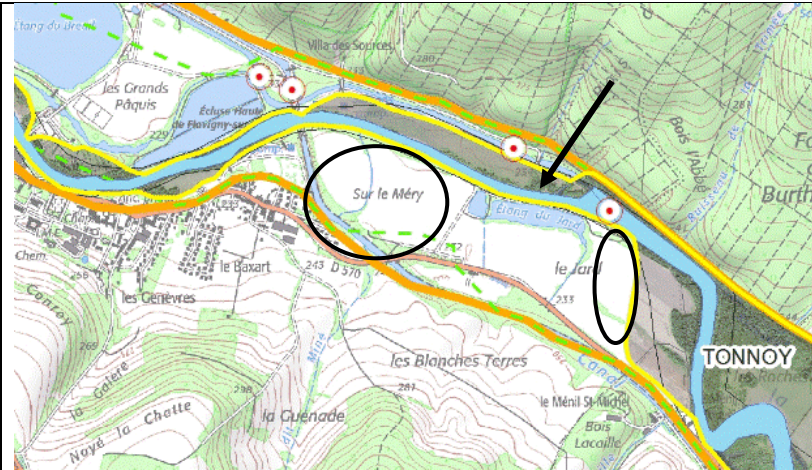
### Mos33

Les zones contestées sont les deux espaces en rive gauche :

- à l'amont : au droit de l'ouvrage partiteur pour l'alimentation du canal : point dur
- à l'aval : la bande de mobilité ne correspond pas au tracé historique

De plus une étude locale (Hydrexpertise, 2009) contestait la possibilité d'une reconquête du fuseau de mobilité à l'aval des étangs et à l'amont de la station de pompage.

Un arrêté d'autorisation a d'ailleurs été délivré sur le lieu-dit « Sur le Mery »

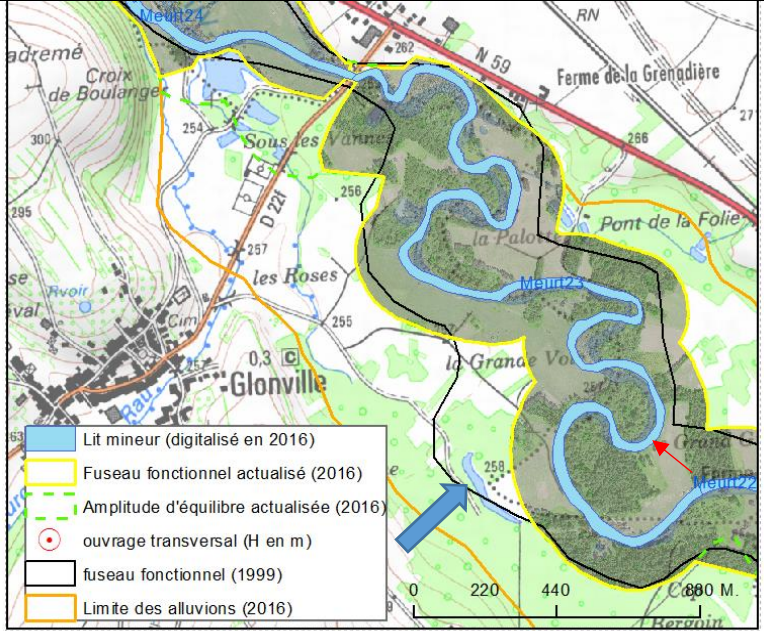

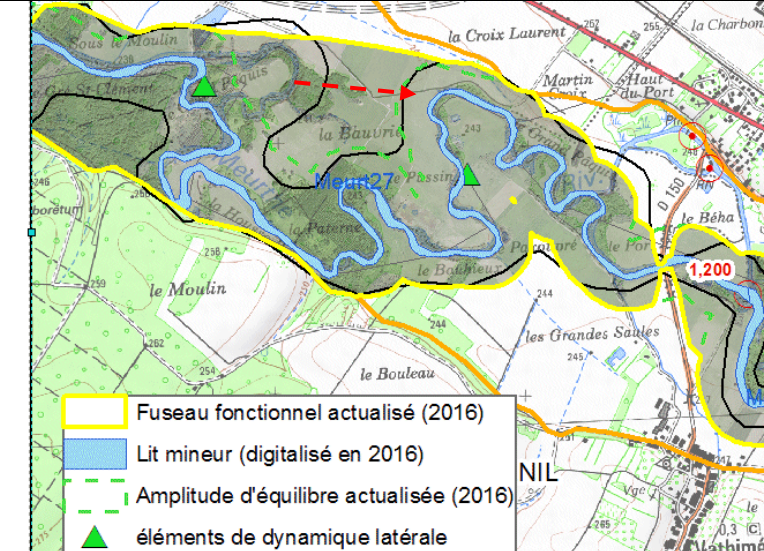


Effectivement l'ouvrage de dérivation du canal ne paraît pas pouvoir être remis en cause :

- adaptation du fuseau à ce point dur (mais espace néanmoins plus large que le fuseau de 1999)

Lieu-dit Sur le Mery : cet espace ne pourra pas faire l'objet d'une reconquête du fuseau de mobilité ; il est donc exclu du fuseau fonctionnel de mobilité.



Demande	Localisation	Réponse
<p>Méandres de Glonville-Azerailles : l'ancien lit dénommé « Vieille Meurthe », qui daterait de 1830, n'est pas inclus dans le fuseau.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Localisation</b></p> 	<p>Oubli. Même si il est peu probable que la Meurthe aille dans cette direction (coupure probable en amont)</p> 
<p><u>Méandres de St-Clément – secteur La Bauvrie et Le Poussin</u> : cette zone présente de nombreux chenaux de crues (études de la dynamique fluviale - CEGUM, Mme Corbonnois, années 2000 accompagnées par l'AERM), qui laissent envisager des recoupements majeurs, alors que le fuseau semble assez peu développé au droit de ces méandres. A l'époque, un court-circuit majeur de toute la zone « La Bauvrie » était même imaginé à terme. A noter le recoupement important au « Grand Pâquis », juste en aval, il y a 10 ans environ, qui témoigne de la dynamique du lieu et qui doit avoir engendré une érosion régressive de la Meurthe en amont.</p>		<p>Des témoignages d'érosion de surface assez fortes depuis l'annexe du Pâquis vers l'amont au travers de la prairie de la Bauvrie, justifient ici de relier les deux parties du fuseau en rive droite malgré la distance encore importante et une stabilité apparente des berges.</p>

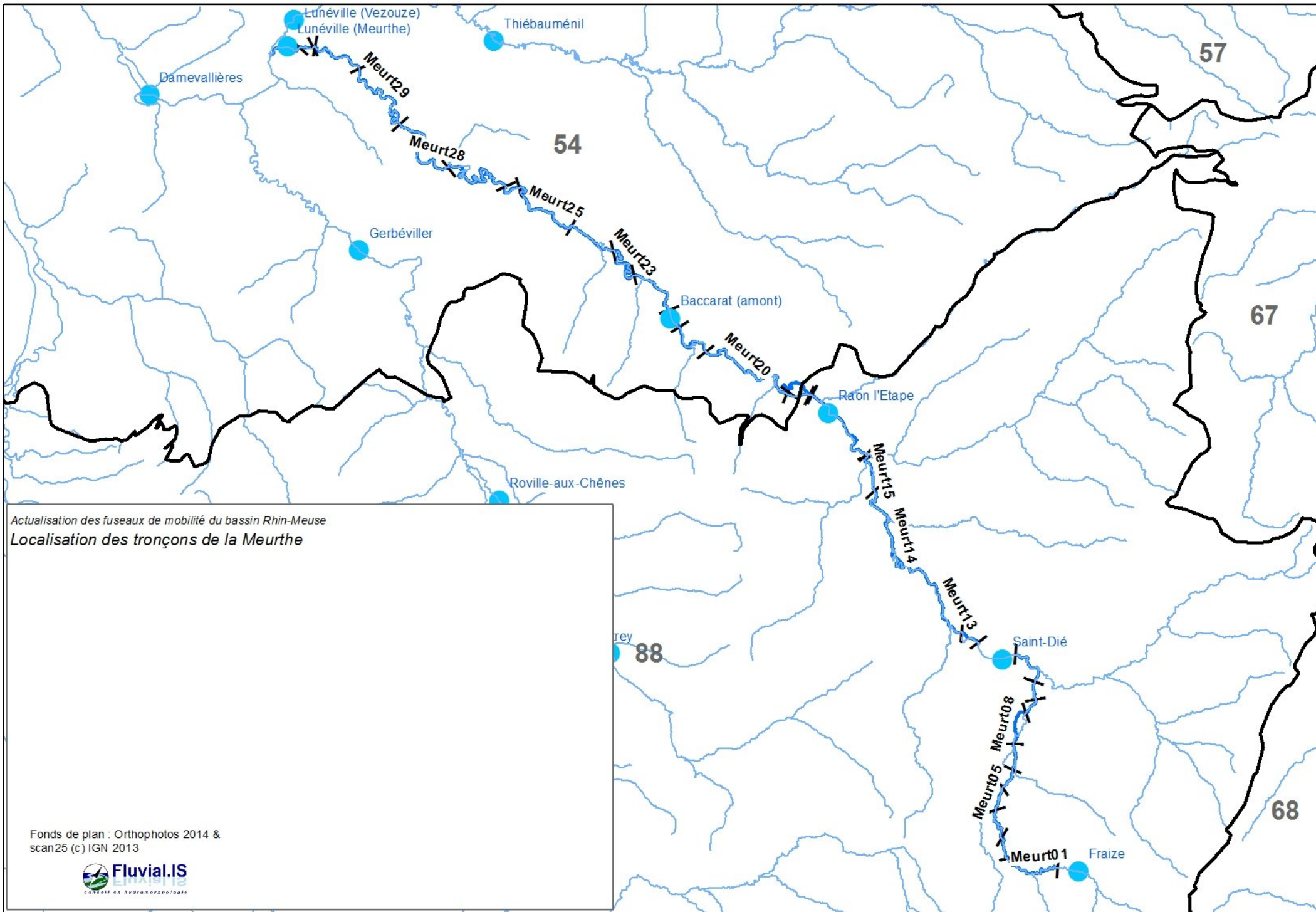
<p>Ile du Saulcy à Flin, située entre la Meurthe et le canal : alors que cette île se trouvait totalement dans l'ancien fuseau, une partie s'en trouve exclue dans le nouveau fuseau. Quels sont les éléments qui ont conduit à cette évolution ? Ne pourrait-on pas inclure l'ensemble de l'île ? Par ailleurs, pourquoi le fuseau se resserre en rive droite juste en amont du pont entre Flin et Ménil-Flin</p>		<p>Il semble que l'ouvrage de la « Pointerie » n'existe effectivement plus. Le bras semble d'écoulement libre. Il pourrait être justifié de réaliser ici un second fuseau à l'échelle de ce bras.</p>
<p>Meurthe, Saulcy-sur-Meurthe</p>		<p>La rupture est justifiée par la présence de bâti et chemin en rive gauche.</p>
<p>Moncel-lès-Lunéville</p>		<p>Réduction générale du fuseau en raison de la largeur à pleins bords précisée. Par contre correction du fuseau fonctionnel avec prise en compte anciens méandres 1830, 1950</p>

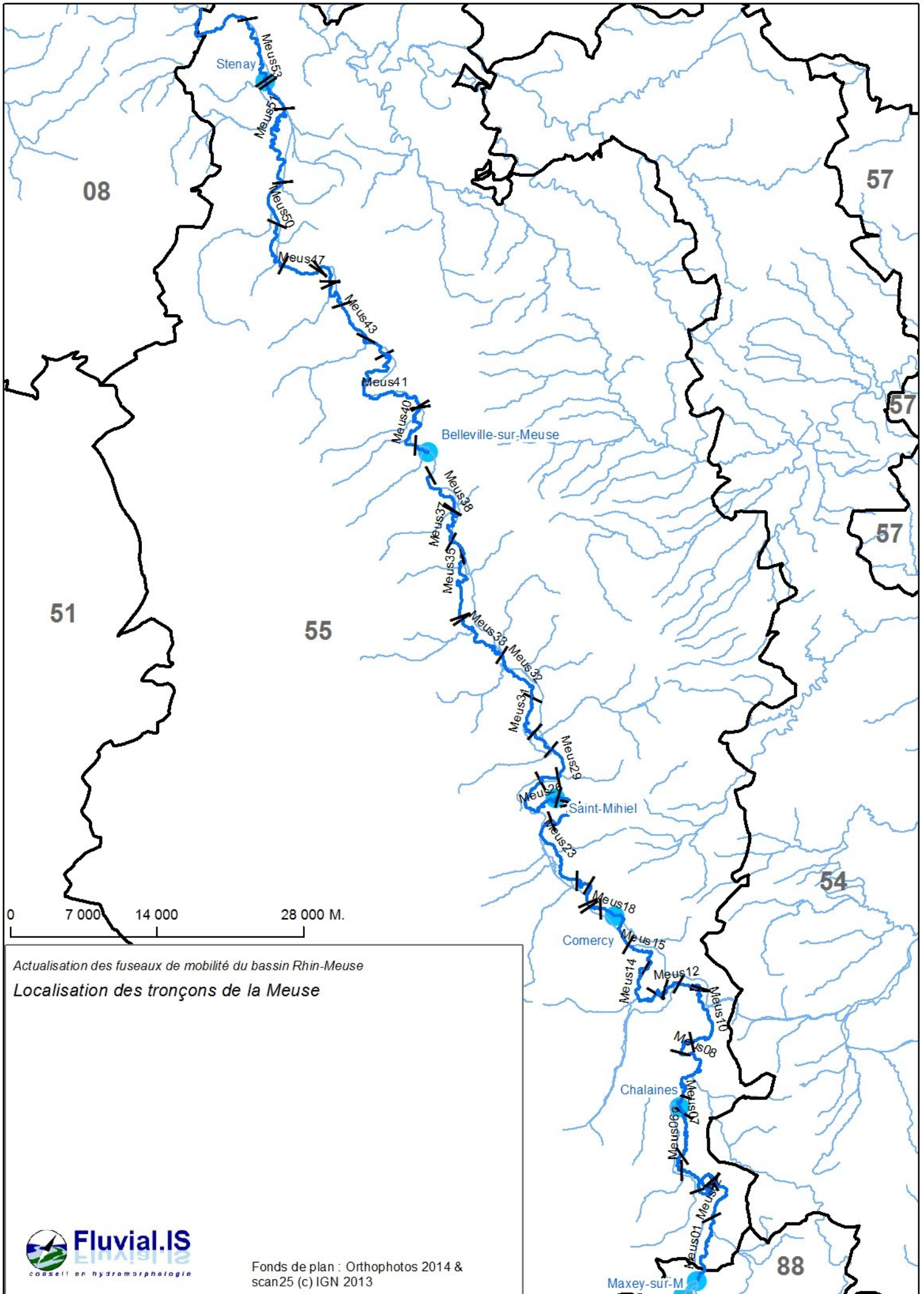
Remarques générales	
Cartes de localisation des tronçons	Rajoutées en annexes
Lissage du fuseau fonctionnel (notamment entre Gerbeviller et Lamath, Mortagne)	Tient à la méthode. Difficile à faire de façon systématique sans être subjectif)
Comment est défini exactement le fuseau de mobilité historique ?	Effectivement il y a eu des erreurs qui n'ont pas pris en compte le lit de 1830 alors que tous les tracés inventoriés en 1999 plus celui de 1999) devaient être repris pour les cours d'eau mobiles et très mobiles
Fuseau historiques pour la Vezouze et la Mortagne	Pas pertinent d'y dessiner un fuseau historique : la mobilité de ces cours d'eau sur leurs tronçons classés PM (peu mobiles) est trop faible et le gabarit des cours d'eau est trop réduite pour garantir un dessin suffisamment juste de ces cours d'eau. Par ailleurs, toutes les coupures observées depuis 1830 sur les rivières classées PM l'ont été par action humaine. Il ne serait donc pas juste de les considérer pour définir un processus naturel.

DDT 54	
Saint Clément rive droite de la Meurthe : érosion régressive : à préserver	Cf. plus haut remarques sur le lieu-dit de « La Bauvrie »
Lunéville : Meurthe perchée, forte érosion en RG est noté : ne pas réduire le fuseau fonctionnel sur ce secteur.	Il s'agit de la limite de la méthode. La prise en compte de la localisation du talweg pourrait être un critère à prendre en compte dans la définition de l'Espace de Bon Fonctionnement ou dans des études plus fines et locales de fuseaux de mobilité.
Bainville au Miroirs : risque de défluviation : point dur du pont de Bainville à discuter	Cas particulier. A prendre en compte dans la définition de l'Espace de Bon Fonctionnement ou dans des études plus fines et locales de fuseaux de mobilité.
Charmes : passerelle : pas de point dur	Noté
50 ans : échelle de temps trop courte.	Pas vraiment de limite de durée finalement choisie.

## Annexe 4

### **Cartes de localisation des tronçons de cours d'eau lorrains**



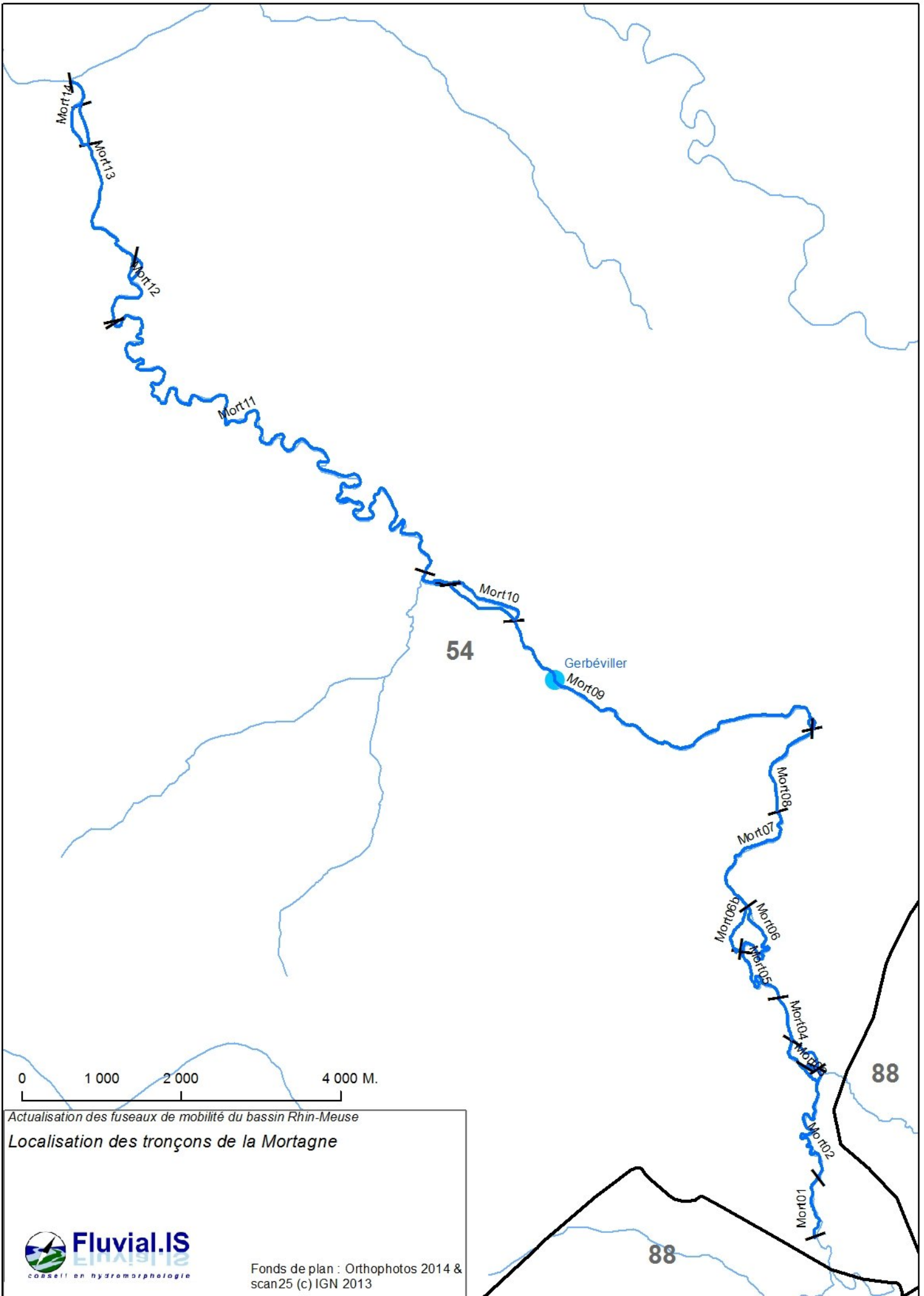


Actualisation des fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse  
 Localisation des tronçons de la Meuse



Fonds de plan : Orthophotos 2014 & scan25 (c) IGN 2013

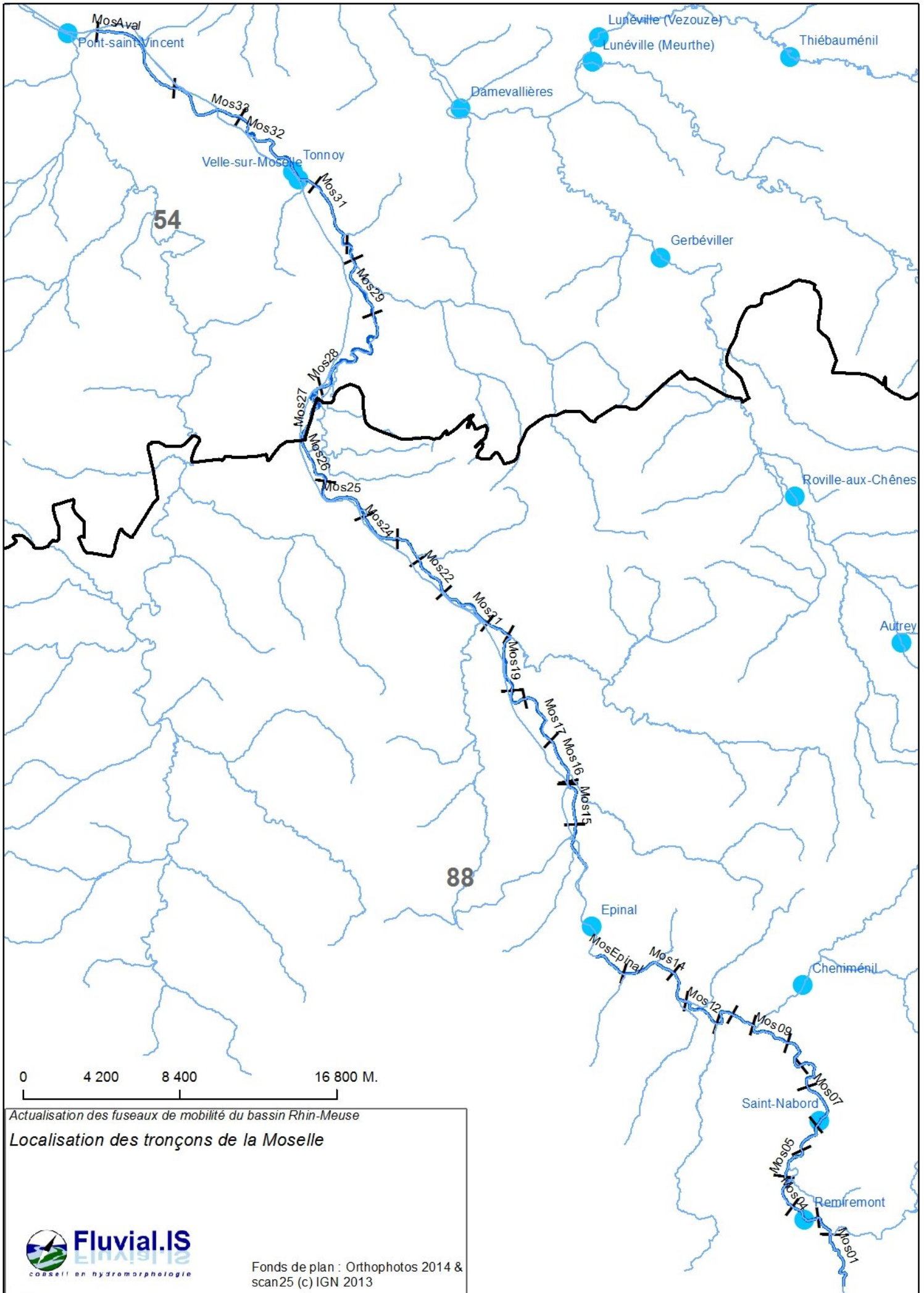
Maxey-sur-M



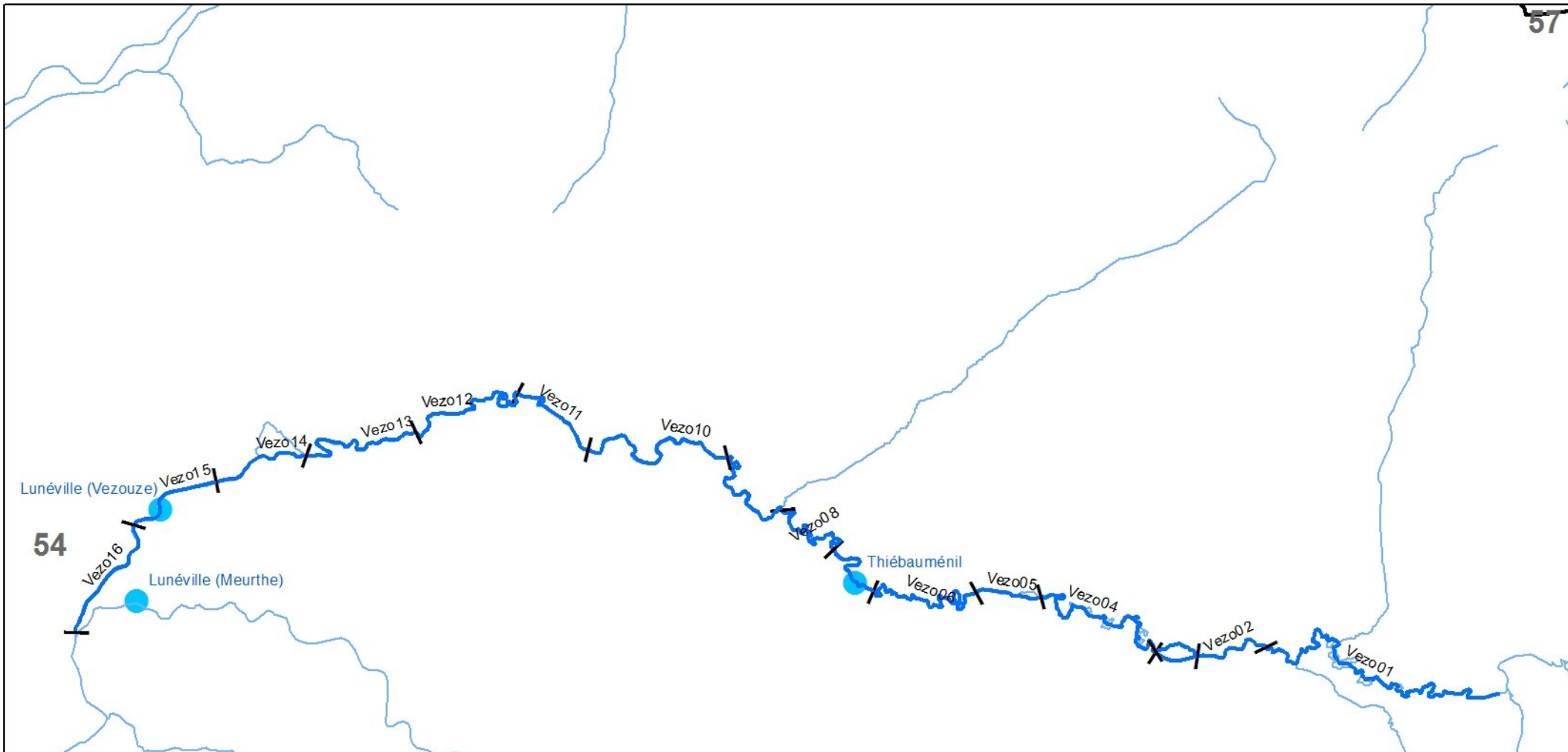
Actualisation des fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse  
Localisation des tronçons de la Mortagne



Fonds de plan : Orthophotos 2014 & scan25 (c) IGN 2013

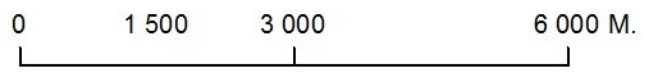


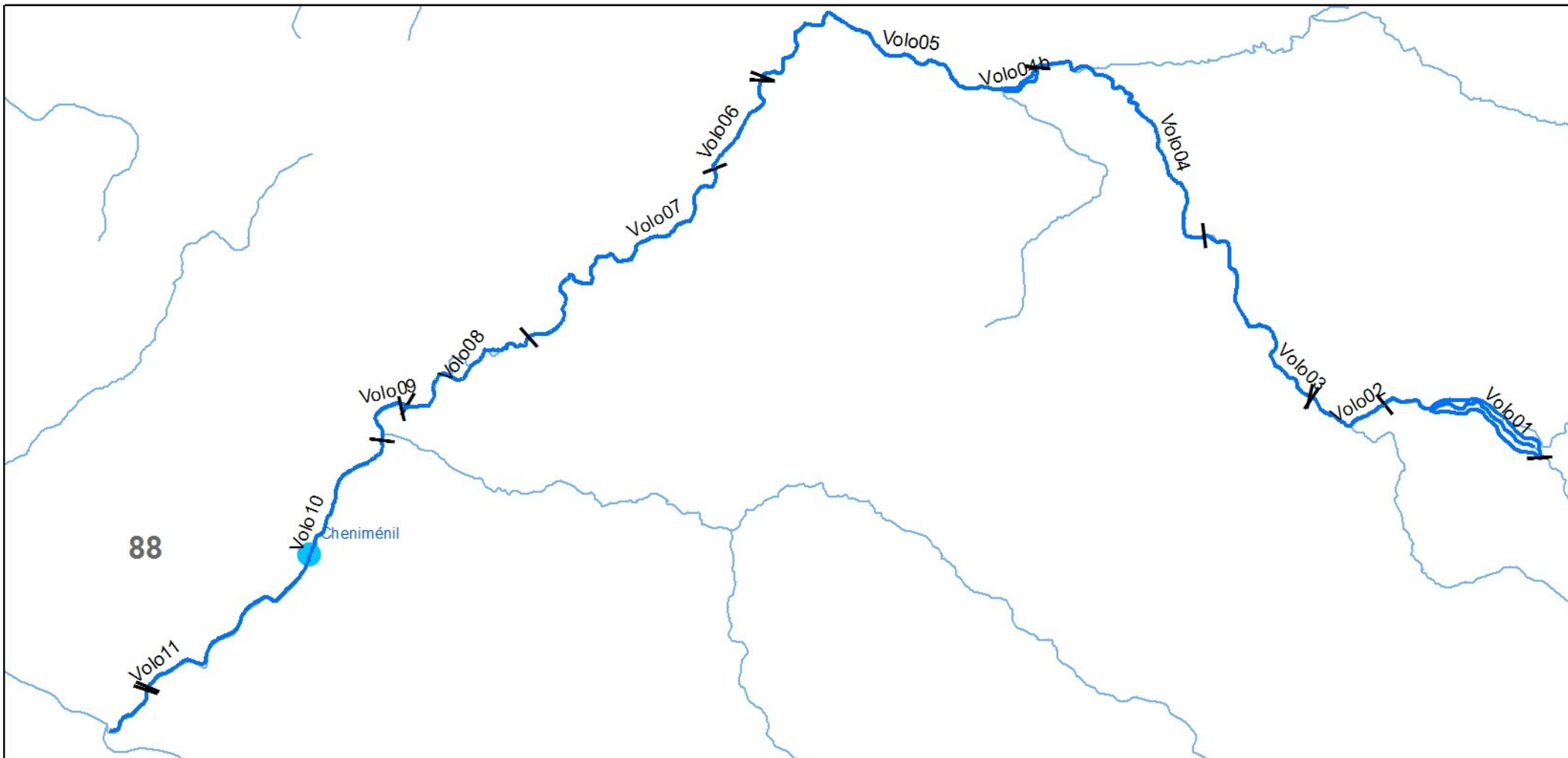




54

Actualisation des fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse  
 Localisation des tronçons de la Vezouze





Actualisation des fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse  
Localisation des tronçons de la Vologne

0 1 000 2 000 4 000 M.