

Recensement des témoins historiques et actuels de la rivière Moselle et redéfinition du fuseau de mobilité sur le secteur de la RNR



Rapport rédigé dans le cadre d'un stage de fin d'études réalisé au
Conservatoire des Sites Lorrains
Août 2009

REMY Geoffrey



**TOME 1 :
Rapport final**

Photographie de couverture : La rivière Moselle en amont de Bainville aux miroirs, photographie aérienne prise lors d'un suivi de berges en 2002 par le Service de la Navigation Nord Est.

Sont visibles :

- En arrière plan les méandres de Gripport
- En bas à droite : une succession de végétation : de la végétation de bancs de galets à la forêt alluviale.
- A gauche : l'actuel grand court circuit
- A droite : le barrage de Bainville aux miroirs ainsi que le canal de l'Est.

Document établi par Geoffrey Remy (étudiant Master 2 GGC, Université Henri Poincaré, Nancy 1) avec la contribution de Delphine Jung (Conservatoire des Sites Lorrains), Marie Lemoine, Philippe Goetghebeur et Philippe Russo (Agence de l'Eau Rhin Meuse), Jean René Malavoi (Pôle ONEMA/CEMAGREF), Jeannine Corbonnois (Université du Maine, GREGUM), Patrick Adolph (Service de la Navigation du Nord-est), Jean-Luc Dupouey (INRA-Nancy).

Ainsi que M. Cargemel, M. et Mme Enel, M. et Mme Tacail, M. Bourguignon, M. Berhault, M. Munier, M. Bertrand, M. Audinot (habitants des communes des environs de la Réserve Naturelle Régionale de la vallée de la Moselle).

Sommaire

| | | |
|------|---|----|
| I. | Introduction Générale..... | 3 |
| II. | Les caractéristiques générales de la rivière et de son bassin versant..... | 7 |
| A. | Les caractéristiques topographiques et géologiques..... | 7 |
| B. | Les caractéristiques hydrologiques de la rivière et de son bassin versant..... | 9 |
| C. | La dynamique fluviale de la Moselle..... | 13 |
| III. | Recensement des témoins de passage de la rivière et des aménagements historiques sur la Moselle 20 | |
| A. | La méthode de cartographie des lits anciens | 20 |
| B. | L’histoire de la vallée de la Moselle entre Charmes et Bayon..... | 27 |
| C. | Synthèse des éléments historiques de la portion..... | 50 |
| IV. | Proposition d’ajustement du fuseau de mobilité sur la Moselle entre Charmes et Bayon..... | 51 |
| A. | Approche géomorphologique de l’évolution historique..... | 51 |
| B. | L’amplitude d’équilibre des rivières à méandres..... | 60 |
| C. | L’ajustement du fuseau de mobilité théorique d’Hydratec..... | 63 |
| D. | La prise en compte des contraintes anthropiques actuelles..... | 65 |
| V. | Conclusion :..... | 72 |

I. Introduction Générale

Les enjeux d'une rivière à lit mobile

Au passage d'une forte pente à une pente plus faible, les matériaux transportés (charge solide) par le cours d'eau se sont déposés massivement, notamment au cours des périodes interglaciaires. Ce phénomène aboutit à l'exhaussement du lit mineur de la rivière et conduit à la divagation de cette dernière ainsi qu'à la multiplication de chenaux.

Cette dynamique naturelle très prononcée notamment sur les cours d'eau de piémont, permet, par l'érosion active des méandres et la migration de ces derniers transversalement ou longitudinalement, un **perpétuel renouvellement des habitats** (formation de bancs de galets, bras morts, prairies, forêts alluviales...) qui est à **l'origine d'une biodiversité exceptionnelle**.

Outre la création de milieux naturels variés, les vallées alluviales fonctionnent comme des infrastructures naturelles qui rendent des services indispensables à la collectivité :

- **Un soutien des débits d'étiage et de recharge des nappes** : Lors des fortes pluies et des crues, les zones humides fonctionnent comme des éponges, elles emmagasinent de l'eau qu'elles restituent progressivement en période d'étiage.
- **Une protection contre les inondations** : Lors de périodes de fortes crues, l'eau se répand dans le lit majeur. L'énergie de la rivière est dissipée également par le transport solide et l'érosion des berges, diminuant ainsi le risque d'inondations à l'intérieur des agglomérations.

- **Amélioration de la qualité des eaux et auto-épuration :**

Les sols des vallées alluviales sont composés de sables et de galets qui constituent le squelette du sol, des particules plus fines comme des minéraux argileux, ont la capacité d'adsorber à leur surface divers éléments (Matières en suspension, polluants organiques ou inorganiques...). Lors de crues, les eaux de submersion vont être filtrées à travers les matériaux du sol et les éléments polluants retenus.

Les végétaux qui poussent sur ces sols particuliers vont incorporer des éléments tels que des éléments traces métalliques, des fertilisants agricoles... Les roseaux en bord de zones humides ainsi que les ripisylves et les prairies participent donc également à cette épuration des eaux.

L'eau filtrée est alors accumulée dans les nappes alluviales. Elle constitue une ressource indispensable pour l'alimentation en eau potable.

Ces caractéristiques essentielles, conséquences de la mobilité des cours d'eau, peuvent être mises en danger par le biais d'actions anthropiques :

- **L'extraction massive de granulats**, qui est responsable notamment de :
 - o l'incision des lits fluviaux et des inconvénients associés comme la réduction de l'épaisseur de l'aquifère alluvial et donc la perte d'une partie de la ressource en eau potable de qualité, la déstabilisation d'ouvrages d'arts comme des ponts, digues... coûteux à reconstruire
 - o dégâts sur les écosystèmes, par disparitions irréversibles d'espaces qui participent au bon fonctionnement du système aquatique
- **Les travaux de recalibrage, endiguement, enrochement...** sont également la cause d'une perturbation des processus d'ajustement morphodynamique et du fonctionnement des écosystèmes qui leur sont corrélés.

La définition du fuseau mobilité des rivières

Suite à la prise de conscience collective de ces impacts, de nouveaux concepts de gestion des hydrosystèmes voient le jour. L'un d'eux s'inscrit comme préconisation fondamentale dans la plupart des SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) : il s'agit de la préservation d'un espace de liberté, ou espace de mobilité des cours d'eau.

L'espace de mobilité d'un cours d'eau est défini comme étant l'« espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres ». (D'après SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse). Cette définition a été retenue dans le SDAGE du Bassin Rhin-Meuse en 1996.

La cartographie du fuseau de mobilité de la Moselle sauvage : Situation du secteur d'études, contexte et objectif de l'étude

Situation de l'étude :

La Moselle entre Epinal et Toul fait partie des cours d'eau de Piémont (Typologie des cours d'eau du bassin Rhin Meuse, Agence de l'Eau Rhin Meuse, 1998). Ce type de cours d'eau, situé, par définition, dans les ruptures de pentes, à la particularité d'être potentiellement mobile.

A cheval sur le département de la Meurthe et Moselle et des Vosges, la vallée de la Moselle sauvage entre Chamagne et Virecourt est considérée comme un site exceptionnel au niveau biologique et écologique qu'il est nécessaire de préserver : le CSL (Conservatoires des sites Lorrains) protège 360 hectares de terrains sur le long terme (sur des durées de 60 à 99 ans) par l'intermédiaire de baux emphytéotiques contractualisés avec les communes. La vallée alluviale de la Moselle sauvage, par son patrimoine naturel, a d'ailleurs été classée en Réserve Naturelle Régionale (RNR) en décembre 2006 par le Conseil Régional de Lorraine.

L'étude « Recensement des témoins historiques et actuels de la rivière Moselle et redéfinition du fuseau de mobilité sur le secteur de la RNR » a été étendue du pont de Charmes au Pont de Bayon. Cette portion représente un linéaire de 20 km de rivière.

Le plan de situation du secteur d'étude est présenté en fig.1, 5 tronçons amont-aval ont été délimités afin de faciliter la rédaction ainsi que la lecture du rapport.

De l'amont à l'aval :

- Le secteur de Charmes
- Le secteur de Chamagne Gripport
- Le secteur de Bainville aux miroirs
- Le secteur de Mangonville
- Le secteur de Virecourt Bayon

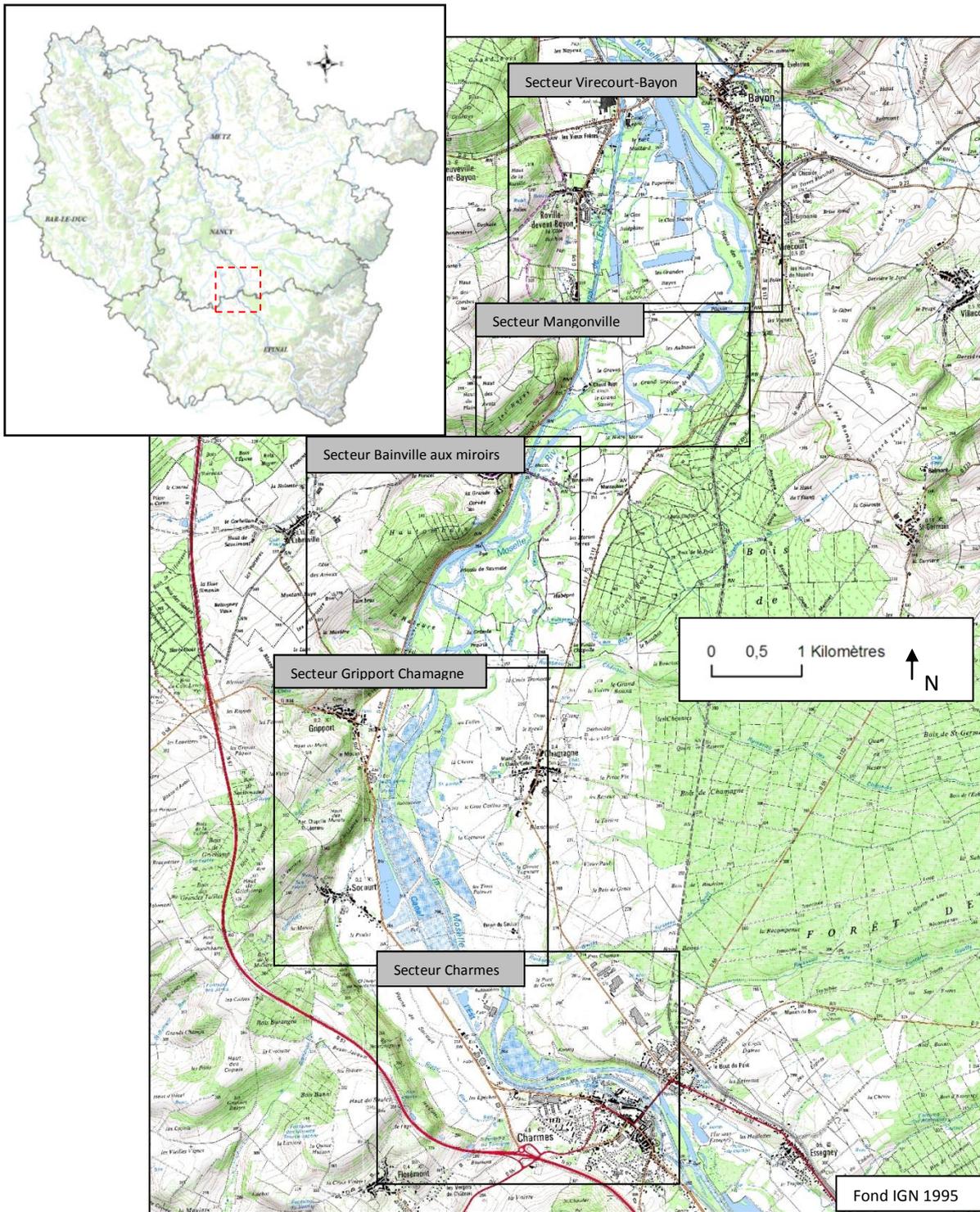


Fig.1 : Situation du secteur d'étude.

Bilan des études réalisées sur le secteur :

Le document de référence de cette étude est le rapport rédigé par Hydratec en Mai 1999 intitulé « Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du Bassin Rhin Meuse ».

En collaboration notamment avec Jean René Malavoi, qui est le rédacteur du Guide technique n°2 «délimitation de l'espace de liberté des cours d'eau», Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Nov. 1998, Hydratec avait délimité les fuseaux de mobilité sur 6 cours d'eau du bassin Rhin Meuse : La Meurthe, la Moselle, la Meuse, la Mortagne, la Vezouze et la Vologne. Les secteurs d'études, potentiellement mobiles d'après la typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse (AERM-1998), représentaient 490km de cours d'eau.

Cette étude aboutit à la cartographie d'un fuseau de mobilité fonctionnel sans contraintes anthropiques ainsi qu'un fuseau de mobilité fonctionnel soumis aux contraintes anthropiques. Les résultats obtenus concernant la portion Charmes-Bayon sont présentés en annexe 1

Hydratec avait à l'époque réalisé un bilan des études réalisées sur le bassin Rhin Meuse. Trois études antérieures à la leur avaient défini des espaces se rapprochant des fuseaux de mobilité : deux d'entre elles traitaient de la Moselle, il s'agit du Schéma d'orientation des Carrières (SOC) de Meurthe et Moselle (DDE-1991) et le Schéma d'Orientation des Vosges (Hydratec 1994).

Toutefois même si ces documents aboutissent à des fuseaux proches du fuseau de mobilité défini par Hydratec (notamment le SOC 54), une analyse complémentaire restait à effectuer, qui consistait à finaliser l'enveloppe de divagation historique par une enveloppe complémentaire sur des critères géomorphologiques adaptés à chaque cours d'eau et à l'intensité de sa dynamique fluviale.

Objectif et déroulement de l'étude :

Le document d'Hydratec a été la base de travail sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse depuis maintenant 10ans. Il est donc intéressant de le compléter.

La nouvelle rédaction du SDAGE propose des pistes de réflexion afin d'améliorer la connaissance des cours d'eau à lit mobile et ainsi, ajuster au mieux les fuseaux de mobilité fonctionnels.

Parmi ces pistes de réflexions :

- Travail sur la puissance spécifique : La première piste est l'analyse tronçon par tronçon de la puissance spécifique du cours d'eau. L'intégration de ce paramètre peut être intéressante pour l'ajustement du fuseau de mobilité fonctionnel.
- L'approfondissement de l'étude historique : Cette piste proposée dans la nouvelle rédaction du SDAGE prend en compte des caractères objectifs. L'approche historique ne peut être remise en question.

Outre l'amélioration de la compréhension de l'historique sur le secteur de la Réserve Naturelle Régionale, quelques réflexions seront apportées dans cette étude sur la redéfinition d'un fuseau de mobilité sur la Moselle et sur le fonctionnement géomorphologique global de cette rivière.

II. Les caractéristiques générales de la rivière et de son bassin versant

A. Les caractéristiques topographiques et géologiques

1. La géologie du bassin versant (origine de l'apport solide)

a. A l'amont d'Epinal :

La Moselle prend sa source au Col de Bussang dans les Vosges (1226 m). Le Bassin versant de la Moselle supérieure occupe l'ensemble du versant occidental des Vosges du Sud, entre le Honneck (1362 m) et le Ballon d'Alsace (1247m). Les formations géologiques de ce bassin amont correspondent pour l'essentiel à des roches dures du socle hercynien, soulevé (granites, gneiss, migmatites) ainsi que des roches issues de l'érosion de ce socle au Trias (grès) et des formations d'origine glaciaire (daté du Quaternaire). Ainsi la prédominance des roches imperméables dans les secteurs où l'énergie du relief est la plus forte, contribue à la génération d'écoulements abondants.

b. A l'aval d'Epinal.

A partir de la ville d'Epinal, la Moselle traverse le plateau sédimentaire lorrain (grès, marnes et calcaires) qu'elle incise sur une profondeur d'une centaine de mètres. Ce secteur de la vallée de la Moselle traverse des niveaux géologiques sédimentaires appartenant principalement au Keuper. La vallée est formée de terrains alluviaux, fluviaux et fluvioglaciaires, d'âge quaternaire, entaillés en plusieurs niveaux de terrasses. Leurs rebords sont rarement en contact avec le lit majeur et ils ne participent donc pratiquement pas à l'évolution morphodynamique actuelle. L'alimentation actuelle en sédiments du fond de la Moselle se fait en effet par remaniement des sédiments du fond alluvial.

Dans le secteur Charmes - Bayon, le tracé général du lit s'oriente obliquement dans la vallée. C'est dans ce secteur que le fond alluvial est le plus large (jusqu'à 2000-2200m au droit de Socourt, Bainville, Virecourt) et également où l'épaisseur des alluvions, sables et galets, est la plus grande : 8 à 10m au lieu de 4 à 5m partout ailleurs. Entre les deux extrémités de ce tronçon, la dimension des galets des berges est d'environ 20-15 cm. Ce matériel est facilement mis en mouvement en période de crue : il constitue l'essentiel du matériel grossier des bancs et hauts-fonds qui jalonnent le lit de la Moselle.

2. Délimitation de l'espace de mobilité maximal (EMAX)

a. Concepts

Cet espace maximal correspond sensiblement au corps sédimentaire à matériel grossier mis en place à la fin de la glaciation du Würm (-12000 ans) dans les fonds de vallée et potentiellement mobilisable par les cours d'eau actuels.

Cette enveloppe, le plus souvent non entièrement mobilisable à notre échelle de temps, pourrait se rapprocher d'un concept d'espace de mobilité idéal. En effet, si on laisse au cours d'eau l'ensemble de cet espace, il disposera de toute la gamme des paramètres d'ajustement morpho dynamiques à long terme : amplitude du champ de méandrage pour ajuster sa pente, ensemble du stock alluvial pour ajuster sa charge solide.

b. Méthode de cartographie

La méthode la plus simple consiste à se référer aux cartes géologiques à grande échelle (1/50000^{ème} et 1/80000^{ème}) et à prendre comme enveloppe externe de l'EMAX les limites des alluvions récentes (couches Fz et Fy des cartes géologiques). Afin de cartographier l'espace de mobilité maximal sur l'ensemble du secteur d'étude (cf Fig.2), les cartes géologiques au 1 :50000^{ème} de Bayon (XXXIV-16 ; 1977) ainsi que celle de Mirecourt (XXXIV-17 ; 1978) ont été utilisées.

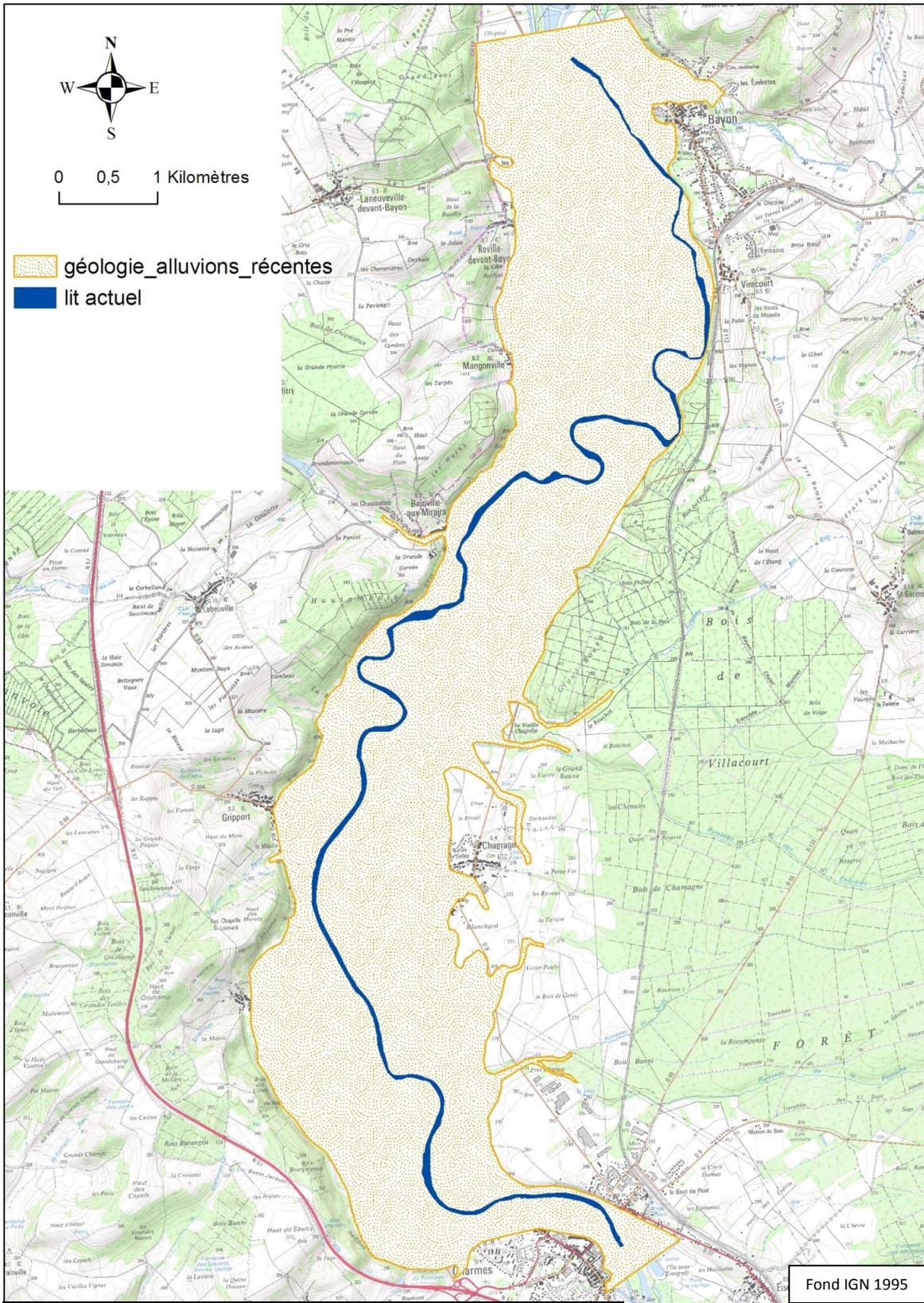


Fig.2 : Délimitation de l'Espace de mobilité Maximal (EMAX).

B. Les caractéristiques hydrologiques de la rivière et de son bassin versant

1. L'hydrologie du bassin versant.

La Moselle bénéficie à l'amont d'une bonne alimentation en raison des précipitations abondantes sur les Vosges. Les précipitations mensuelles sont supérieures à 100mm (plus de 200mm pendant les mois d'hiver, de Novembre à Février, sur les Vosges en raison du caractère océanique du climat.)

Les contrastes saisonniers sont moins marqués vers l'aval, les précipitations sont de l'ordre de 50 à 100mm par mois.

Le régime de la Moselle, caractérisé par des hautes eaux en hiver et au début du printemps, ainsi que des basses eaux en été, est de type pluvio-évaporal (ou pluvio-océanique) :

- Pendant la saison froide, de Novembre à Avril, une évapotranspiration ralentie associée à des précipitations abondantes sur des sols saturés en eau est responsable des hautes eaux observées.
- Pendant la saison chaude, de mai à octobre, on observe préférentiellement des basses eaux, conséquences de précipitations faibles ainsi que d'une évapotranspiration élevée.

2. L'hydrologie de la rivière entre Epinal et Tonnoy

La figure 3 nous présente les caractéristiques principales de l'écoulement pour l'année hydrologique (de septembre à aout). Ces données furent extraites de la Banque Hydro (www.hydro.eaufrance.fr/) et se réfèrent à la période 1960-2009 en ce qui concerne la station d'Epinal et 1980-2009 pour la station de Tonnoy.

➤ Le module :

Le module de la Moselle est de 38.60m³/s à Epinal. Ce dernier augmente jusque 48.80m³/s pour la station de Tonnoy.

On observe d'après l'histogramme représentant les modules interannuels pour la station d'Epinal que ce module est maximum pour les mois de Décembre Janvier Février Mars (de l'ordre de 60m³/s) et minimum pour le mois d'aout (inférieur à 20m³/s).

L'histogramme des modules interannuels à la même allure pour la station de Tonnoy. Cependant quelques différences sont observables :

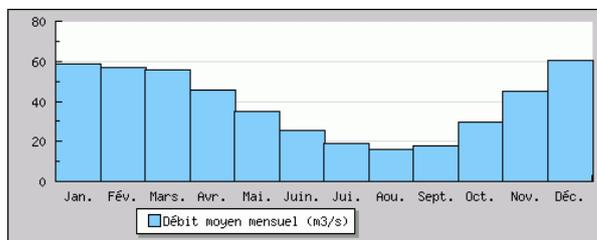
- La valeur maximale du débit moyen mensuel est supérieur par rapport à celle d'Epinal (environ 80m³/s) ceci est la conséquence d'un bassin versant de superficie supérieur (1990 km² à Tonnoy contre 1220km² à Epinal). On notera notamment la présence de 3 affluents majeures entre Epinal et Tonnoy (Le Durbion en amont de Châtel sur Moselle, l'Avière se jetant à Nomexy et l'Euron en aval de Bayon).
- Pour les mois d'hiver, on observe un dédoublement du débit moyen mensuel maximum sur janvier et mars et donc un creux relatif en février : ceci est imputable au stockage des précipitations neigeuses dans les parties les plus hautes du bassin versant.

Figure 3 : Caractéristiques hydrologiques principales de la Moselle aux stations d'Epinal et de Tonnoy. Données Banque HYDRO.

Station d'Epinal

Bassin versant : 1220 km²

Données hydrologiques de synthèse (1960-2009)



| crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 47 ans | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| fréquence | QJ (m3/s) | QIX (m3/s) |
| biennale | 290.0 [280.0;320.0] | 390.0 [360.0;420.0] |
| quinquennale | 400.0 [370.0;440.0] | 530.0 [490.0;590.0] |
| décennale | 460.0 [430.0;520.0] | 620.0 [570.0;700.0] |
| vicennale | 530.0 [480.0;600.0] | 710.0 [650.0;810.0] |
| cinquantennale | 610.0 [550.0;710.0] | 820.0 [740.0;950.0] |
| centennale | non calculé | non calculé |

**modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)
données calculées sur 50 ans**

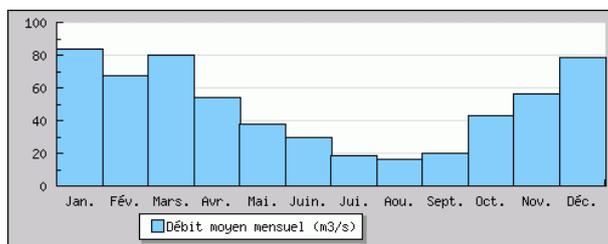
| module (moyenne) |
|---------------------|
| 38.60 [36.40;40.90] |

| maximums connus (par la banque HYDRO) | | |
|---------------------------------------|-------|-----------------------|
| débit instantané maximal (m3/s) | 805.0 | 15 février 1990 18:04 |
| hauteur maximale instantanée (cm) | 300 | 15 février 1990 18:04 |
| débit journalier maximal (m3/s) | 600.0 | 15 février 1990 |

Station de Tonnoy

Bassin versant : 1990 km²

Données hydrologiques de synthèse (1980-2009)



| fréquence | QJ (m3/s) | QIX (m3/s) |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| biennale | 420.0 [380.0;480.0] | 480.0 [440.0;550.0] |
| quinquennale | 570.0 [510.0;680.0] | 650.0 [580.0;770.0] |
| décennale | 660.0 [590.0;820.0] | 760.0 [670.0;930.0] |
| vicennale | 760.0 [670.0;950.0] | 860.0 [760.0;1100.] |
| cinquantennale | 880.0 [760.0;1100.] | 1000. [870.0;1300.] |
| centennale | non calculé | non calculé |

**modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août) –
données calculées sur 30 ans**

| module (moyenne) |
|-----------------------|
| 48.80 [44.00;53.60] |

crues (loi de Gumbel - septembre à août) - données calculées sur 28 ans

| maximums connus (par la banque HYDRO) | | |
|---------------------------------------|---------|------------------------|
| débit instantané maximal (m3/s) | 827.0 # | 4 octobre 2006 07:24 |
| hauteur maximale instantanée (cm) | 548 | 30 décembre 2001 17:00 |
| débit journalier maximal (m3/s) | 770.0 # | 4 octobre 2006 |

- Les débits à pleins bords (J-P Bravard et F Petit. « Les cours d'eau, dynamique du système fluvial » p 48)

Par débit à pleins bords, on entend le débit maximal qu'un lit peut contenir avant qu'il se produise un débordement sur la plaine inondable.

Certains phénomènes d'érosion dans le lit majeur qui, en conditions naturelles, peuvent éventuellement engendrer des changements de tracé de la rivière, ne peuvent être produits que par des débits à pleins bords. Il s'agit notamment de phénomènes de recoupement de méandres par déversement, ou encore l'arrachage du tapis végétal de la plaine alluviale, pouvant aboutir à l'installation de chenaux de recoupements [...].

Le débit à plein bords est également considéré comme proche du débit dominant pour les phénomènes de mises en mouvement de la charge de fond et pour l'efficacité de l'évacuation du matériau par charriage ; il représente aussi le point optimum d'efficacité pour les modifications géomorphologiques au sein du lit mineur, notamment pour le façonnement des méandres.

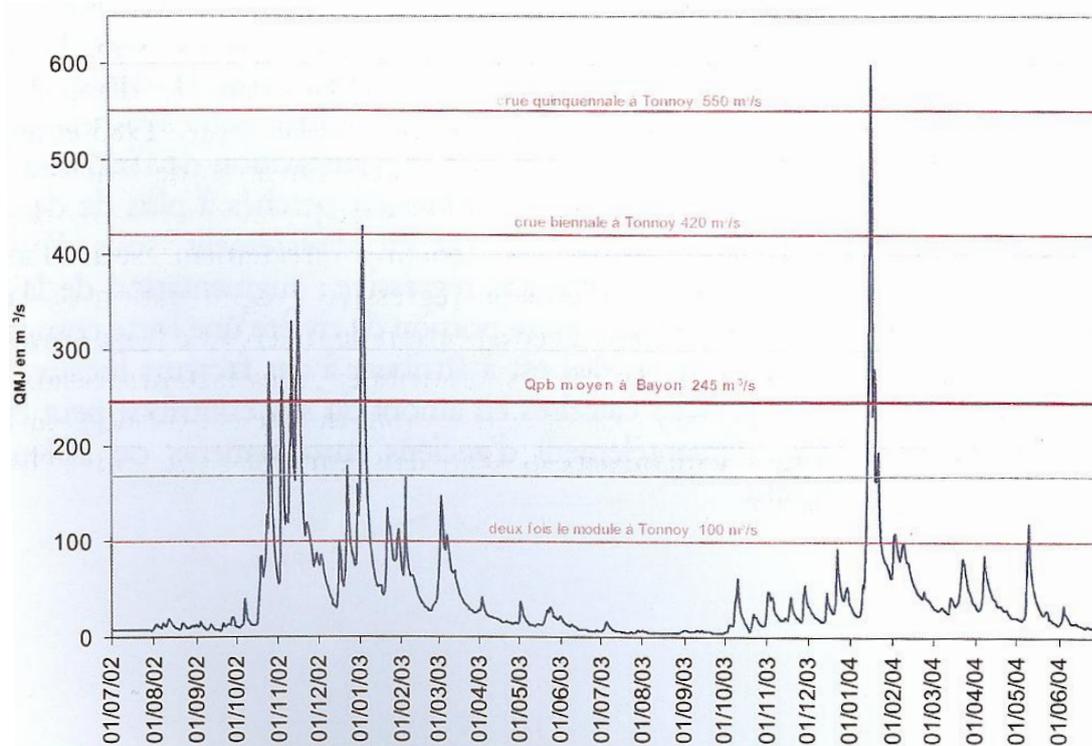


Fig.4 : Evénement hydrologiques et repères hydrauliques de la période 2002/2004. (J Corbonnois et al.2006)

La figure ci-dessus nous indique un débit à plein bord (Qpb) moyen à Bayon de 245m³/s

- Les débits de crues

Les crues contribuent à façonner le milieu fluvial en transportant, en remaniant une grande masse d'alluvions dans des temps très courts. Les débits de crues sont évalués à partir du débit moyen journalier et du débit maximum instantané ajusté à une loi de Gumbel. (cf. figure 3)

Les crues récentes présentent les périodes de retours suivantes :

- 1983 : 20 ans
- 1990 : 20 ans
- 1995 : 15 ans
- 2001 : 10 ans.

Le débit de la crue historique de 1947 a été évalué à 1000m³/s avec une période de retour centennale.

Fig.5 : Les méandres de Mangonville : Comparaison entre la crue de février 1990 et mars 1995



Photo aérienne : Les méandres de Mangonville (crue du 15/02/1990) site CARMEN
Débit journalier maximal : 500-600m³/s à Tonnoy Banque HYDRO



Photo aérienne : Les méandres de Mangonville (crue du 20/03/1995) Service de la Navigation du Nord Est
Débit journalier maximal : 400m³/s à Tonnoy Banque HYDRO

Sur la photographie aérienne de mars 1995 sont visibles les anciens lits.

➤ Les limites de submersions maximales.

L'atlas des zones inondables de la Moselle est disponible au service de la Navigation du Nord Est. Cet atlas, réalisé par Sogreah en prenant en considération les données microtopographiques et hydrauliques, a été édité en Novembre 2004.

Dans cet atlas est représenté la cartographie des crues caractéristiques (crue décennale Q10, crue trentennale Q30, crue de référence Q_{réf.} qui correspond à la crue centennale)

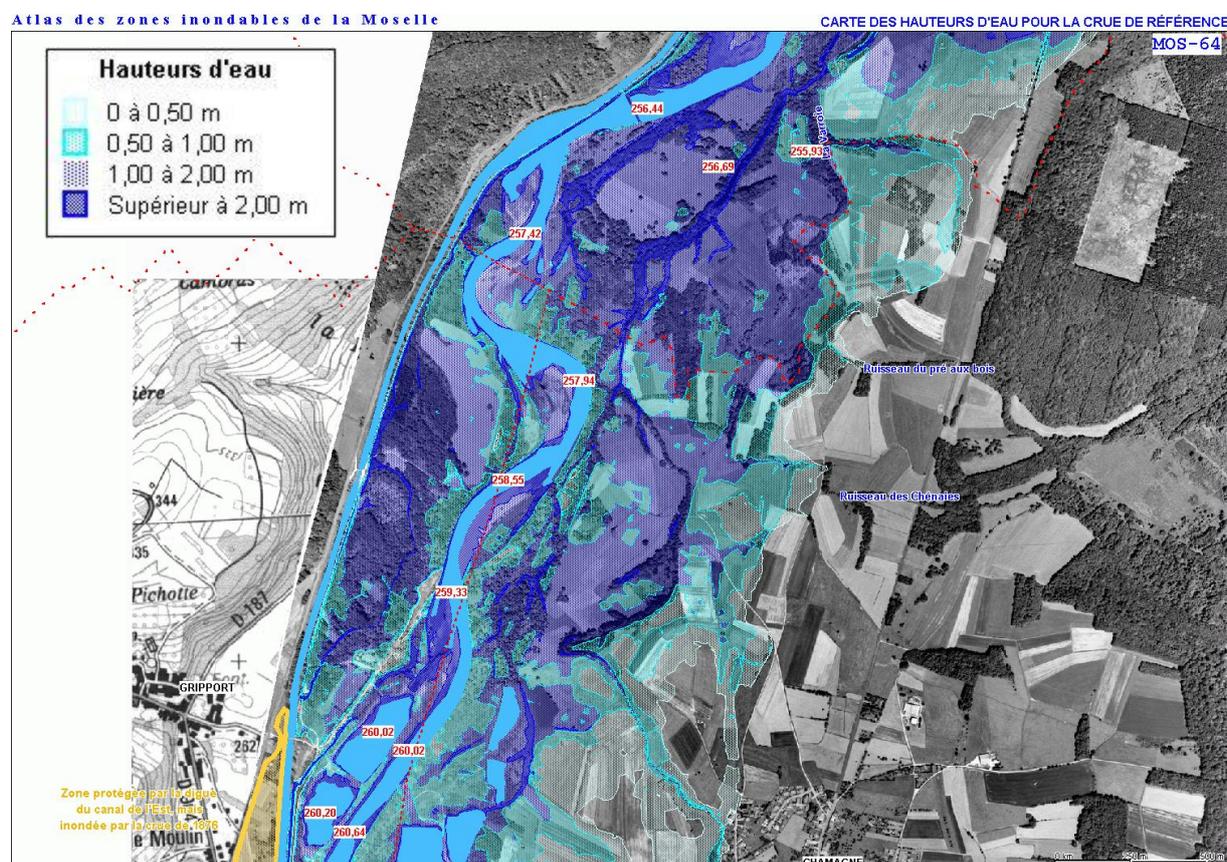


Fig.6 : Zone inondable centennale. (Q_{réf.}).Secteur Gripport Chamagne/Bainville aux miroirs. Atlas Sogreah.

Pour compléter l'enveloppe externe de l'EMAX, les limites de la zone inondable pour la crue centennale, peuvent être utilisées, étant admis que l'EMAX sera au moins égal à cette enveloppe d'inondation. (D'après J-R. Malvoï dans le guide technique n°2 «détermination de l'espace de liberté des cours d'eau» bassin RMC, Nov. 1998).

Cette enveloppe d'inondation a été cartographiée sous SIG après le géoréférencement des cartes de l'atlas des zones inondables. Cette cartographie (autrement appelée limites de submersions maximales) est présentée dans la fig.5 (ou l'annexe 3).

C. La dynamique fluviale de la Moselle.

1. La notion d'équilibre dynamique des rivières

Les chenaux fluviaux ajustent leur morphologie non seulement en réponse aux variations de l'écoulement, mais aussi au transport de sédiments.

D'une manière générale, on admet que l'équilibre d'un système fluvial est lié au fait que les entrées d'eau (débits liquides Q) et de matière (débits solides Q_s) sont égales aux sorties (J-P. Bravard et F Petit, 1997)

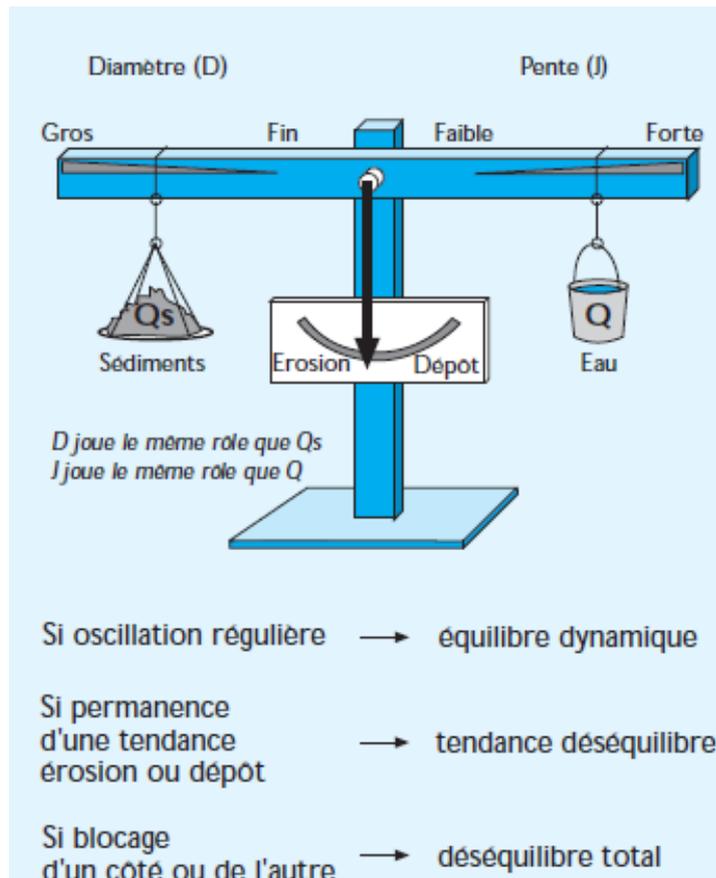


Fig.7 : Le principe d'équilibre dynamique (d'après River banks Erosion US Army Corps of Engineers.1985)

D'une manière simplifiée, l'équilibre dynamique peut être présenté par la figure 7 : la dynamique fluviale est alors présentée comme l'oscillation permanente de l'aiguille d'une balance dont l'un des plateaux serait rempli de sable (qui symbolise la variable Q_s) et l'autre d'eau (le débit Q). Les quantités respectives et les rapports de ces deux éléments étant très fluctuants (à l'échelle de la journée, de l'année, du millier d'année), il s'ensuit un ajustement permanent de la géométrie du cours d'eau par le biais des processus d'érosion-dépôts. (J-R. Malavoi, 1998).

Les rivières naturelles sont «en équilibre dynamique», elles ajustent continuellement leur forme (largeur, pente...) au gré des fluctuations naturelles (ou artificielles) des débits liquides et solides.

2. La dynamique de la rivière Moselle sur le secteur d'étude

a. Etat et dynamique actuelle du lit mineur (d'après les travaux du CEGUM Nov. 2006)

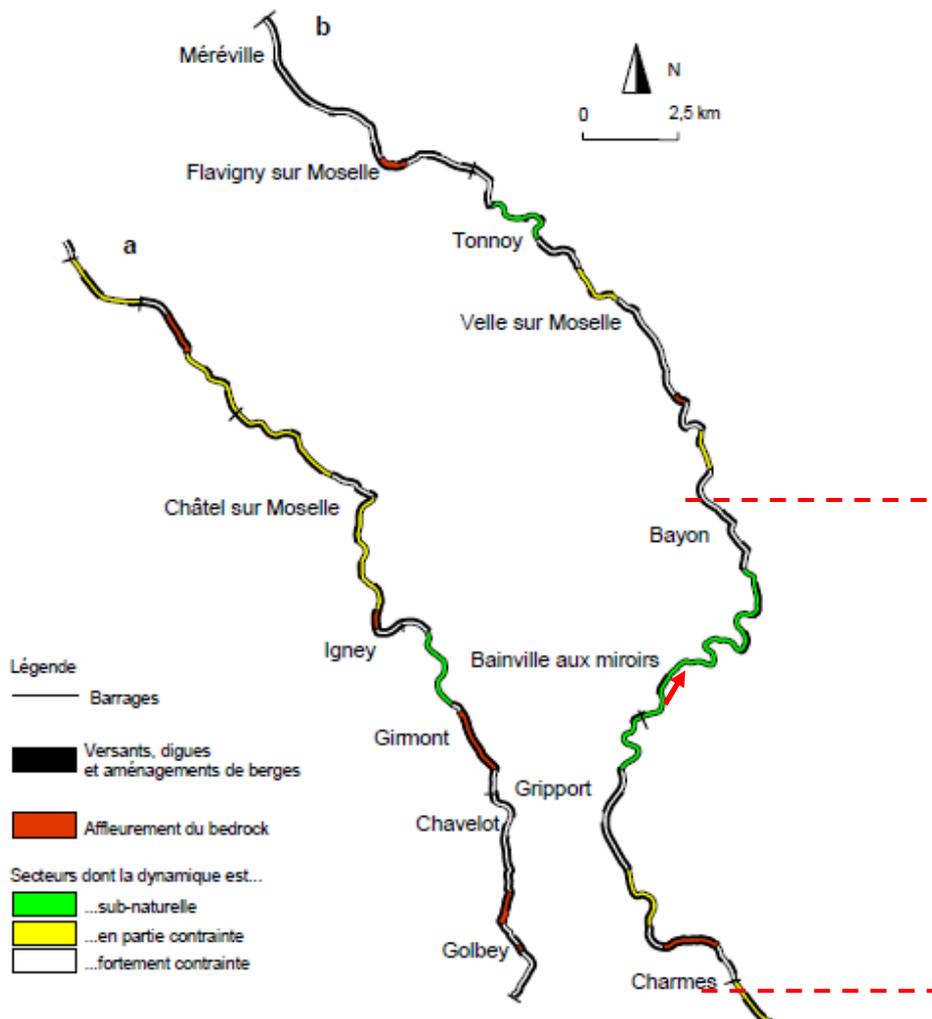


Fig.8 : Etat du lit mineur de la Moselle. (J.Corbonnois et al. 2006)

La figure présentée ci-dessus nous montre l'état du lit mineur de la Moselle. Le secteur d'étude est délimité par les pointillés rouges. Entre Bainville aux miroirs et Bayon, on observe un secteur dont la dynamique a été caractérisée comme « sub-naturelle » par les auteurs. La photographie aérienne présentée en figure 9 (flèche rouge sur la figure 8) illustre bien la dynamique de la Moselle sur cette portion, une dynamique de rivière à lit mobile. On observe une exagération d'un méandre par creusement des rives concaves et dépôts d'alluvions sur les rives convexes.

Dans la formation et l'évolution des méandres, deux processus entrent en ligne de compte :

- L'érosion latérale, qui permet le développement des méandres, donc l'allongement du cours de la rivière.
- Les recoupements de méandres, qui ont tendance à réduire la sinuosité du cours, sont des événements subcatastrophiques. Ils nécessitent des conditions préparatoires relativement longues, mais se produisent le plus souvent en réponse à un seul événement de fréquence rare.



Fig.9 : Photographie aérienne au niveau de Mangonville (54) (www.survoldefrance.fr/). Mai 2008

b. L'impact des extractions en lit mineur sur la morphologie de la rivière.

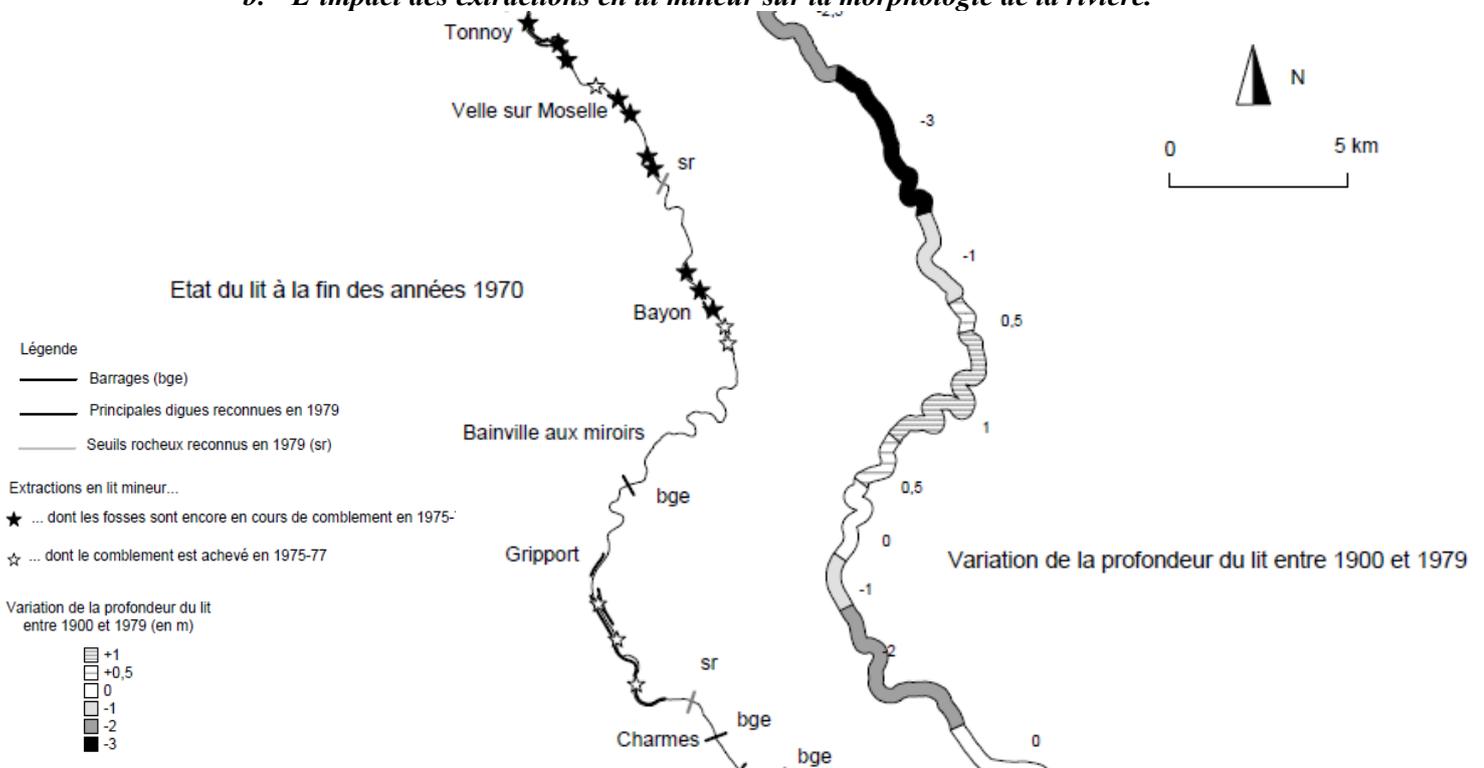


Fig.10 : Caractéristiques du lit mineur à la fin des années 1970 (J. Corbonnois et al.2006)

La figure 10 montre des tronçons d'ablation (par ex : secteur de Charmes avec mise à nu du substratum cf. fig.8) qui apparaissent suite aux phénomènes d'incision de lit (par érosion progressive et régressive suite à la création de fosses lors de l'exploitation en lit mineur). L'incision engendrée est quasi généralisée, elle est constatée en 1979 (BCEOM, 1981).

Il se réalise ainsi une réduction de la pente longitudinale du lit avec incision en amont et exhaussement en aval dû à l'afflux de sédiments provenant de l'incision. Ce phénomène handicape alors le transfert des alluvions. Un nouveau plancher alluvial se reconstitue de proche en proche, ceci grâce à l'accumulation, régressive et progressive, qui s'est amorcée suite à la réduction de pente.

Cependant, le cycle de reconquête d'un état proche de la situation antérieure aux extractions se déroule sur un temps assez long, de plusieurs décennies. Certaines conditions peuvent néanmoins engendrer des retards ou des accélérations de l'évolution : par exemple des fortes crues, des modifications de tracé associé à une défluviation comme le contournement de barrage de Bainville aux miroirs, ou encore suite à des interventions anthropiques comme la stabilisation de berge.

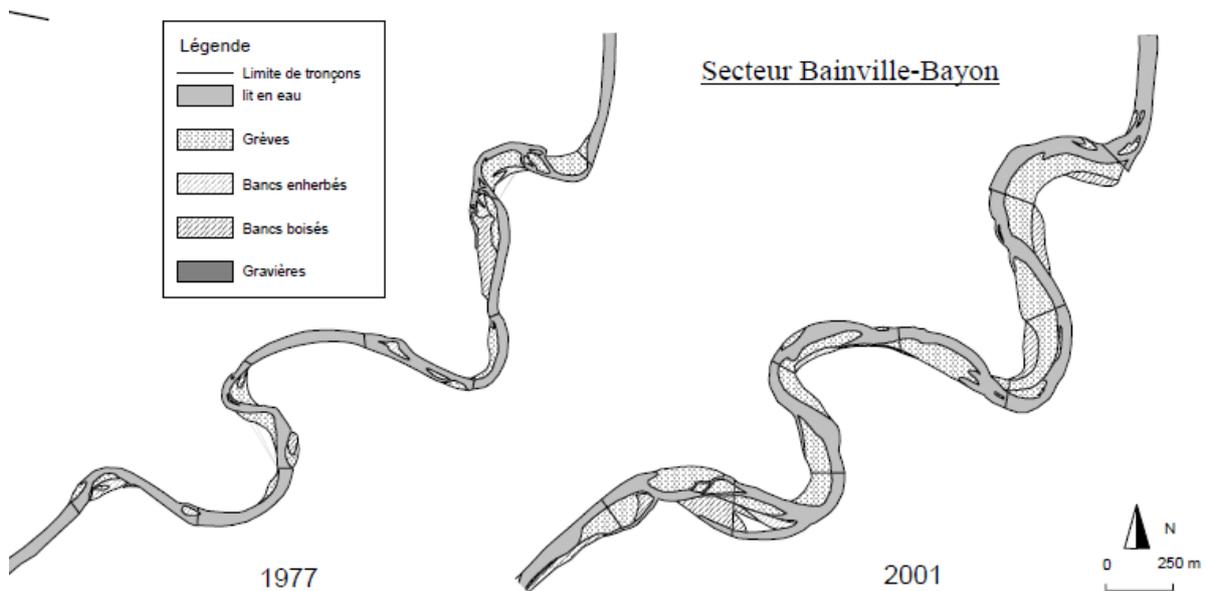


Fig.11 : Evolution de la bande active de la Moselle entre 1975-77 et 2002 (J Corbonnois et al.2006)

La figure ci-dessus représente l'évolution de la bande active de la Moselle entre 1975-77 et 2002 sur le secteur Mangonville (cf. fig.9). Ce secteur en élargissement, est un secteur d'accumulation de la charge sédimentaire. Ce type de secteur peut évoluer jusqu'à l'exhaussement du lit qui peut entraîner une défluviation

c. L'apport de la puissance spécifique dans la caractérisation du style fluvial.

Un outil de mesure de l'efficacité géomorphologique d'un cours d'eau est sa puissance spécifique. La puissance spécifique (ω en $W.m^{-2}$) est donnée par la formule :

$$\omega = \rho g Q b S / w$$

- Avec :
- ρ = Masse volumique du fluide (1000kg/m³)
 - g = Accélération de la gravité (9.8m.s⁻²)
 - Qb = Débit à plein bords (m³.s⁻¹)
 - S = La pente moyenne de la ligne d'eau (m/m) (ou à défaut pente moyenne du fond du lit)
 - W = Largeur moyenne du chenal à plein bord (m)

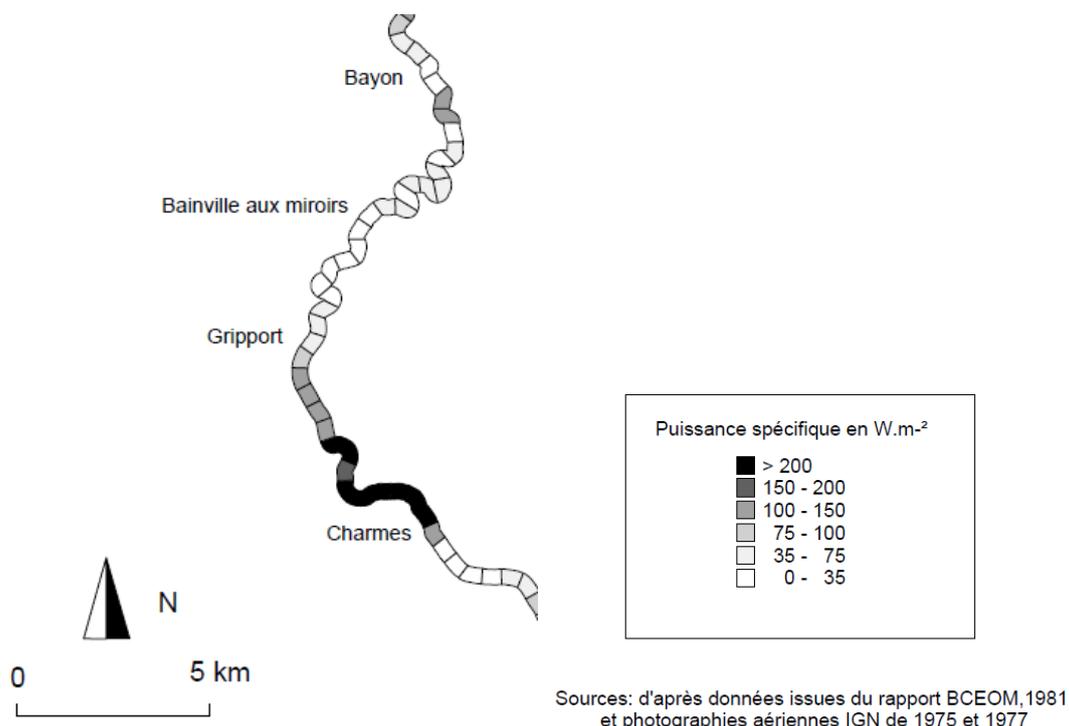


Fig.12 : La puissance spécifique de la Moselle en 1979 .J. Corbonnois, T. Beck. 2002.

J Corbonnois et T Beck ont calculé cette puissance spécifique sur les tronçons de la Moselle d'après les données issues du rapport BCEOM de 1981 et les photographies aériennes IGN de 1975 et 1977. En 1979, Le secteur Gripport Charmes était caractérisé par une puissance spécifique élevée, donc avec une activité morphogène forte. Ceci est la conséquence d'extractions dans le lit mineur et d'endiguements de la rivière réalisés avant 1979.

D'après A. Brookes (1988), le seuil de 35 W.m^{-2} séparerait les cours d'eau non sujets aux érosions de berges et les cours d'eau susceptibles de se réajuster après des travaux de rectification (J-P. Bravard et F. Petit.)

Dans une synthèse portant sur les cours d'eau anglais, R.Fergusson (1981) a mis en évidence un fort contraste entre les cours d'eau de montagne et les cours d'eau de plaine. Les premiers tendent à tresser pour des valeurs de puissance spécifique ω comprises entre 100 et 150 W/m^2 . (JP Bravard et F Petit). Ce seuil critique entre méandrage/tressage est fortement variable en fonction de l'érodabilité des berges.

En 1979, avec une puissance spécifique comprise entre 35 et 75 W/m^2 , le style fluvial de la Moselle sur le secteur Gripport/Bainville aux miroirs était donc de type méandrage.

3. D'un style fluvial à un autre.

La morphologie ou style fluvial d'un cours d'eau, peut donc varier dans l'espace selon la pente globale de la vallée ainsi que selon la nature du matériau du lit ou des berges, qui conditionnent l'érodabilité. Elle peut également varier dans le temps en fonction des modifications du débit liquide (Q) et du débit solide (Qs).

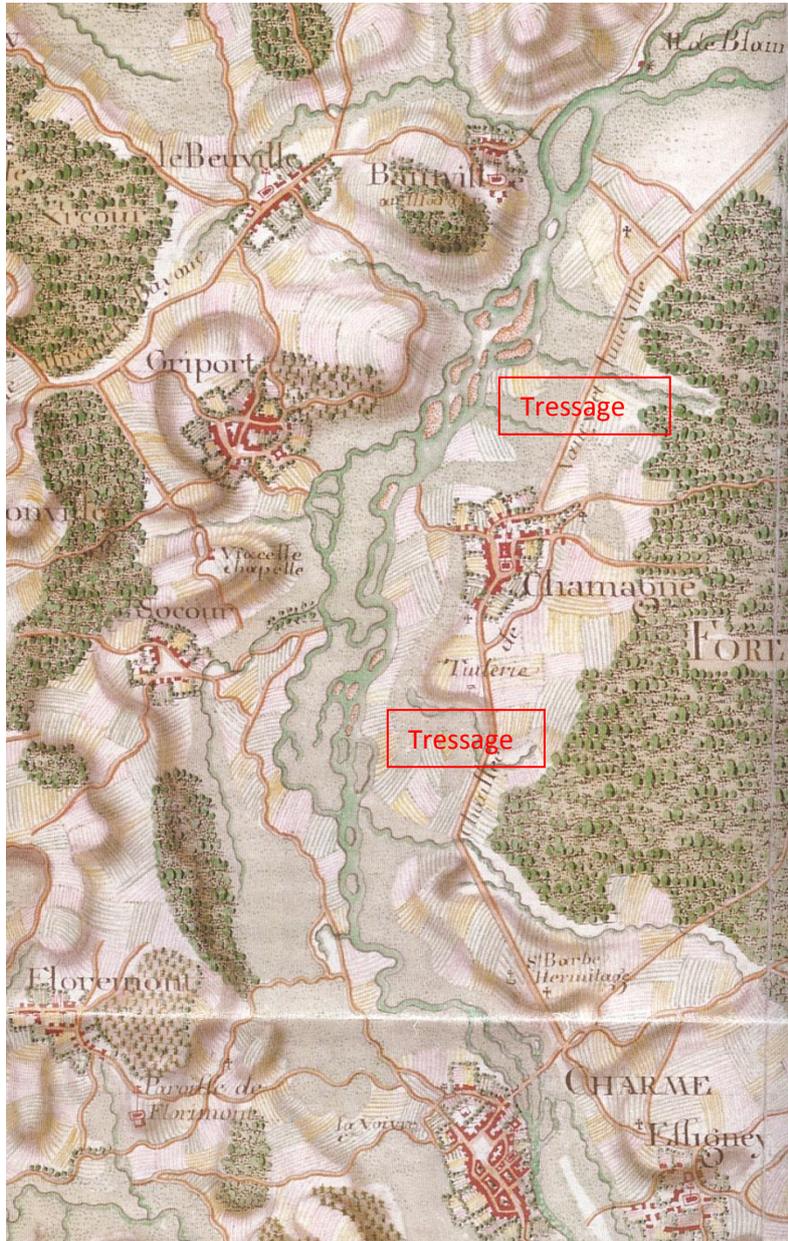


Fig.13 : Extrait de la carte des Naudins (env.1730)
Secteur Charmes/Bainville aux miroirs.
Echelle 1/28880^{ème}. IGN

La figure 13 est un extrait de la carte des Naudins du début du XVIIIème siècle. Sur cette carte, la Moselle décrit un tracé complexe ou alternent des tronçons de méandrage et des tronçons de tressage. Sur le secteur de Socourt et Griport/Bainville, on observe un élargissement de la bande active de la Moselle qui se divise en plusieurs bras entourant de nombreuses îles.

Ce style fluvial en tresse au début du XVIIIème peut être expliqué par deux facteurs majeurs (d'après J-C. Bonnefont, N.Carcaud, 1997) :

- Les textes indiquent qu'à l'époque carolingienne, les Vosges étaient couvertes d'épaisses forêts, dans lesquelles on chassait encore l'ours et l'aurochs, l'érosion ne devait donc pas être très importante dans la montagne.
Des déboisements importants avant le XVIIIème siècle ont entraîné une reprise importante de l'érosion.
- Parallèlement à ce facteur, la fin du XVème et le début du XVIème siècle voient apparaître un autre événement considérable pour l'évolution du style fluvial de la Moselle : il s'agit du petit âge glaciaire. Cette période climatique froide survenue en Europe et en Amérique du Nord, se termina vers 1850-1860. Avec des hivers très rudes et des chutes de neiges importantes, les crues de printemps se font de plus en plus nombreuses et de plus en plus dévastatrices.

L'érosion torrentielle (fonte des neiges couplée à des déboisements importants) entraîne des forts taux d'apports solides dans la vallée. D'après J-R Malavoi, la disponibilité d'une forte masse de sédiments pour le transport semble nécessaire pour le maintien d'un style en tresse. De plus, cette charge de fond doit contenir des fractions granulométriques que la rivière n'a, localement au moins, pas la force de transporter.

III. Recensement des témoins de passage de la rivière et des aménagements historiques sur la Moselle

A. La méthode de cartographie des lits anciens

1. Le géoréférencement et digitalisation, principe et degré de précision

a. Principe du géoréférencement

Le géoréférencement consiste à associer à une couche graphique des coordonnées géographiques. Une fois réalisée, cette manipulation permettra de l'associer visuellement avec d'autres couches, et de lui appliquer tous les traitements spatiaux implémentés dans le logiciel de SIG (Système d'information géographique).

Le logiciel utilisé pour ce travail a été ArcGIS version 9.3 et ses extensions (notamment Géoréf)

b. Etapes du géoréférencement

1^{ère} étape : appel du document à géoréférencer, documents référents

Le document à géoréférencer (fichier image) est importé dans le logiciel ArcGIS. Certains documents (notamment les plans anciens), seront géoréférencés en utilisant comme référence les Scan 25 de l'IGN. Pour d'autres documents (notamment les photographies aériennes anciennes), la référence est les orthophotoplans de 2006.

2^{ème} étape : disposition des points de calages

Afin de redresser le document, il faut déterminer judicieusement 4 points de calages. On choisit alors un ensemble d'objets géographiques présents à la fois sur la carte ancienne et la carte de référence actuelle. Le plus souvent des croix de chemins ou carrefours, plutôt que des bâtiments comme des églises ou des fermes isolées, sont utilisés, car permettent une précision supérieure. Il faut s'assurer que ces objets n'ont pas bougé entre les levés de la carte ancienne et ceux de la carte actuelle. A cet effet, les ponts et confluence de ruisseau sont à bannir dans l'étude précise de la mobilité des rivières.

3^{ème} étape : Ajustement de la carte ancienne sur la carte de référence, erreur quadratique moyenne.

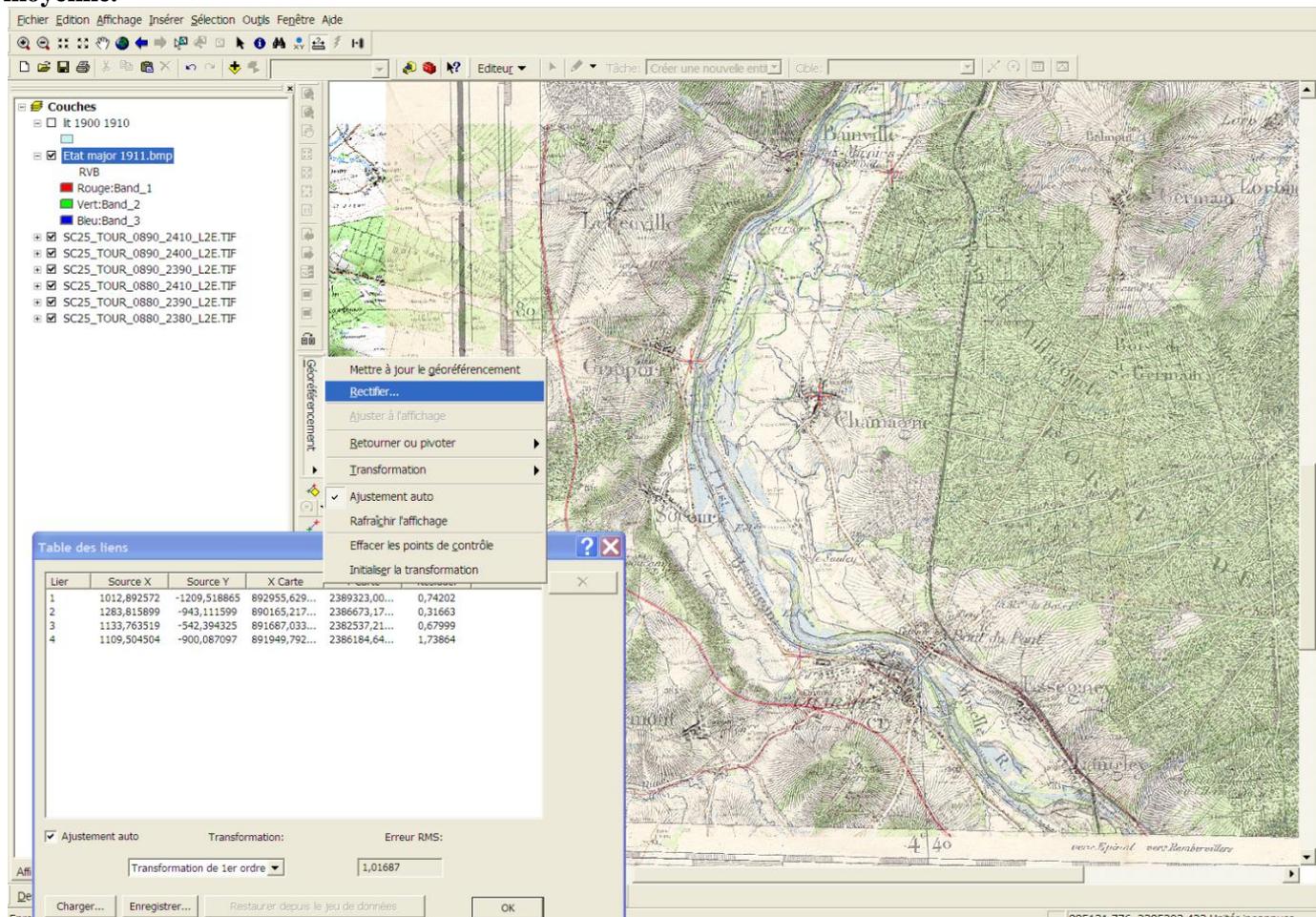


Fig 14 : Ajustement d'une carte ancienne sur référentiel IGN, erreur RMS. Logiciel ArcGIS 9.3.

Une fois les points de calages positionnés, l'ajustement peut se faire. Il en résulte une erreur quadratique moyenne (erreur RMS) associée à la transformation. Cette erreur est la moyenne quadratique des distances entre les points de géoréférencement de la carte ancienne, après sa transformation, et les points correspondants du SCAN 25, ou de l'orthophotoplan, utilisés comme référence. Si cette erreur est acceptable, la mise à jour du géoréférencement peut s'opérer.

La précision géométrique des cartes se dégrade avec leur ancienneté. L'erreur quadratique moyenne peut provenir également des déformations des supports, par exemple une carte non posée « à plat » lors de sa photographie. Ces erreurs peuvent être « atténuées » en travaillant sur des tronçons courts (inférieur à 10km dans cette étude) et en choisissant des repères proches.

Malgré tout, il peut subsister des décalages dus à la déformation. L'erreur RMS maximum relevée était de 8-10. En prenant d'autres repères que les points de calages, la précision cartographique était alors de l'ordre de 20-30m.

c. *La digitalisation des lits.*

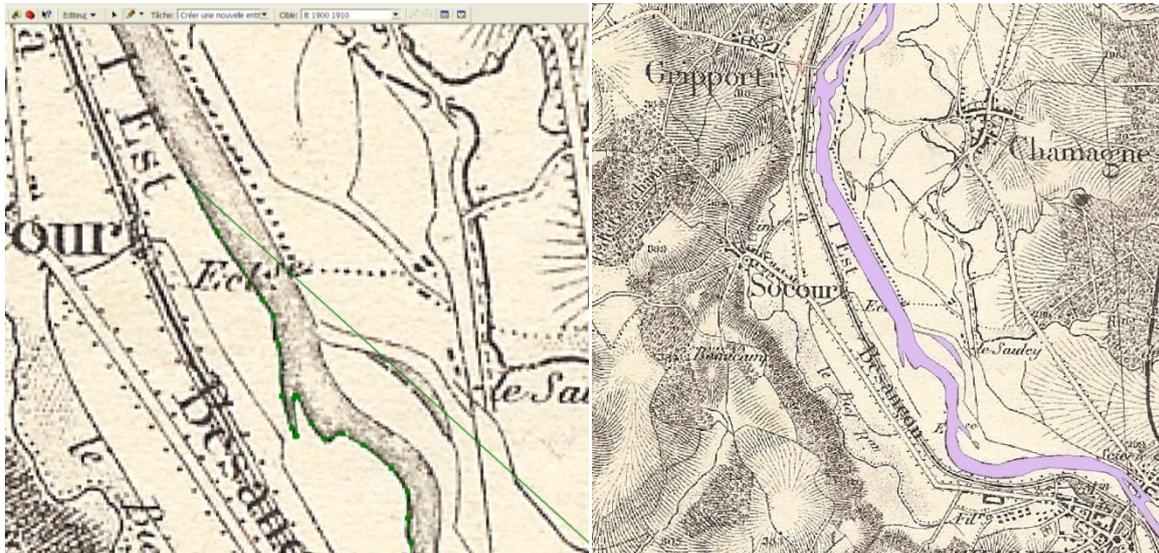


Fig. 15 : La digitalisation du lit de la Moselle. Logiciel ArcGIS 9.3.

Une fois la carte ancienne ou la photo aérienne géoréférencée, il suffit de digitaliser le lit de la rivière. Ce lit pourra être ensuite superposé sur des documents cartographiques plus récents possédant le même référentiel géographique.

d. *Les cartes et photographies aériennes anciennes et récentes, avantages et limites*

L'étude historique s'est déroulée en deux temps. Dans un premier temps, des recherches approfondies aux archives départementales des départements des Vosges et de Meurthe et Moselle ont permis de photographier un certain nombre de documents. L'analyse de ces documents a été affinée dans un second temps avec la rencontre de personnes ressources des villages concernés par la Réserve Naturelle Régionale.

Parallèlement à ce travail, certaines cartes ont été commandées au service carto-thèque de l'IGN, des photographies aériennes récupérées au service de la navigation du Nord Est...

Les documents récupérés n'ont pas tous été exploités pour la délimitation de l'enveloppe de divagation historique, car certains manquaient de précision cartographique.

Par exemple, la carte de la Lorraine et du Barrois datant de la fin du XVI^{ème} siècle (cf. fig.16), l'échelle est de 47mm pour 5 lieues de Lorraine (1 lieue de Lorraine = 4.938km). Cette échelle est beaucoup trop grande pour l'étude de la dynamique fluviale. La zone d'étude est délimitée par le cadre en pointillé rouge, la Moselle n'est représentée que d'un trait.



Fig.16 : La carte de Lorraine et du Barrois à la fin du XVIème siècle.

Lithogravure de Nicolas Digout, Nancy. Sans date

Archives départementales de Meurthe et Moselle série Fi

2. Présentation des documents cartographiques

a. L'apport de la carte des Naudins

Les cartes de Naudin, levées entre 1728 et 1739, couvrent une partie de l'Alsace, de la Lorraine, de la Champagne Ardennes et du Nord-Pas de Calais. Elles ont été publiées au 1/28800^{ème} (J-L. Dupouey et al.). Le Conseil Régional de Lorraine en a mis la plus grande partie en ligne. (www.chr-lorraine.fr/naudin). Cette carte nous a été fournie par le service cartothèque de l'IGN (Feuille 44 ouest 1/3, feuille 46 ouest 1/2).

L'échelle de la carte nous permet d'apprécier le style fluvial de l'époque (cf. I C 3 d'un style fluvial à l'autre). Malgré cela, il faut se méfier des figurés utilisés par les cartographes de l'époque, notamment pour représenter les cours d'eau, il suffit de s'intéresser aux ruisseaux pour se rendre compte du figuré utilisé (J-R Malavoi, J. Corbonnois, com. pers.).

La carte de Naudin est entachée de fortes déformations spatiales et ne peut être directement comparée aux cartes actuelles. Avec l'étude de ces déformations spatiales et leur correction, J-L. Dupouey et al. (2003) arrivent à des erreurs de l'ordre de 100 à 300 m sur la carte des Naudin de la région de Nancy (SHAT J-10-C-650).

Cette erreur est malheureusement trop importante pour l'intégrer dans une étude précise de la mobilité d'une rivière.

b. La carte de Cassini

Elle fut levée entre 1749 et 1790. La carte de Cassini couvre en 181 feuilles quasiment l'ensemble de la France à l'échelle 1/86400^{ème} (1 ligne pour 100 toises). L'échelle est malheureusement trop grande pour que cette carte soit géoréférencée et comparée aux cartes actuelles. De plus, les systèmes de projections actuels n'existaient pas à l'époque de la création de cette carte, des déformations géographiques importantes peuvent alors survenir lors du calage sur un référentiel avec un logiciel de SIG.

Néanmoins, cette carte peut donner des indications quant aux aménagements de la rivière ou du lit majeur de l'époque (présence de « Bacs » pour la traversée de la rivière, moulins, châteaux...).

c. Les cadastres Napoléoniens

Le cadastre parcellaire a été établi à partir de 1807. L'échelle des parcellaires varie suivant le morcellement et la date de réalisation de 1/500^{ème} à 1/5000^{ème}. A cette échelle, le travail de géoréférencement et de digitalisation est très long. De plus, il peut être assez imprécis car les plans sont très volumineux et leur photographie doit se faire à plat.

Il est plus judicieux de travailler avec les plans d'assemblages de ces plans parcellaires, qui sont des réductions des plans parcellaires, souvent au 1/10000^{ème} ou au 1/20000^{ème}, certes pouvant être moins précis mais plus facile à manipuler.

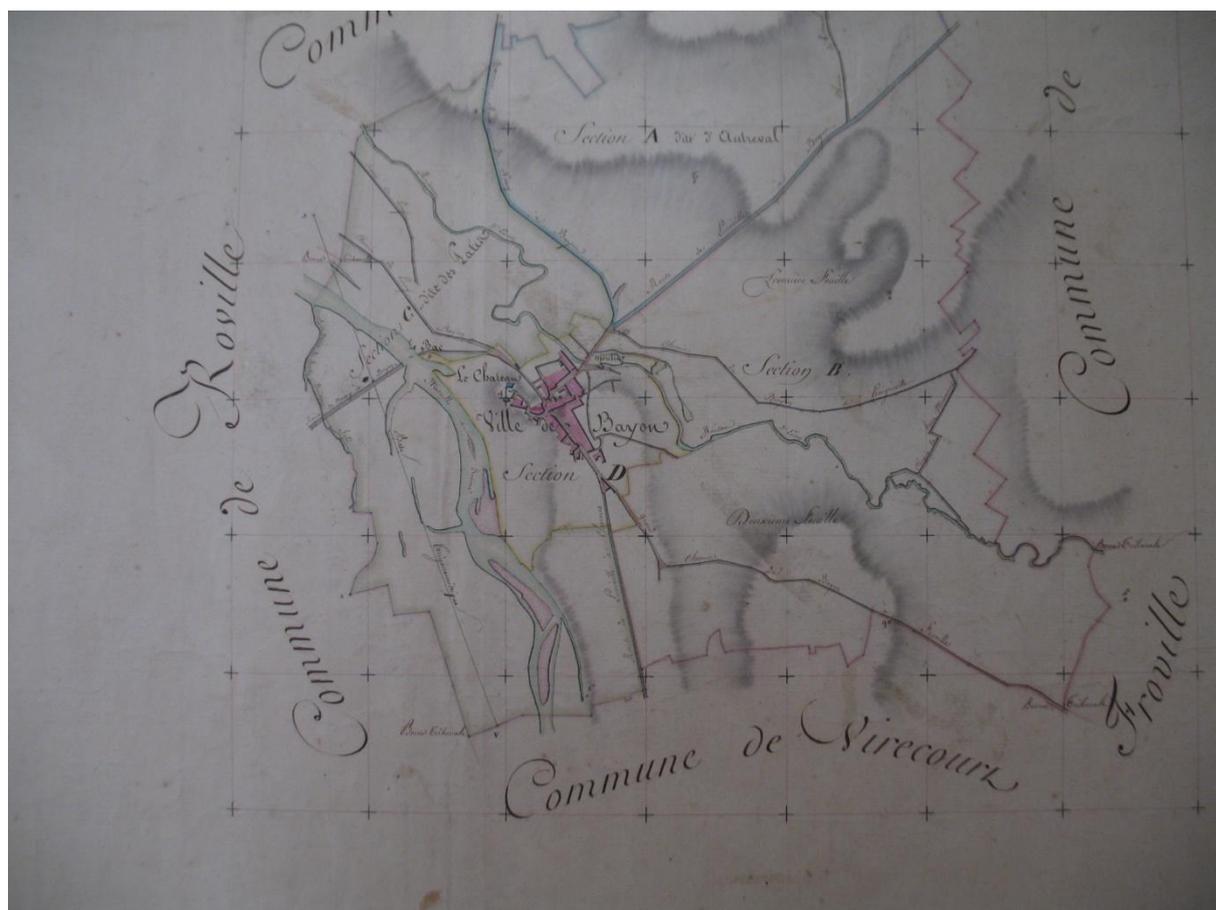


Fig.17 : Extrait du tableau d'assemblage du cadastre Napoléonien de la commune de Bayon. 1824. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

Seulement, les cadastres napoléoniens présents aux archives sont parfois incomplets, les plans d'assemblages de ces cadastres sont par exemples absents aux archives 54 pour les communes de Bainville-aux-miroirs 1837, Mangonville 1837, Virecourt 1837.

Les cadastres napoléoniens de nombreux départements sont en cours de numérisation (Aveyron, Pyrénées Atlantiques, Yvelines...). Il s'agit de scannage et non de vectorisation. On en trouvera une liste partielle sur le site du ministère de la culture et de la communication (www.numérique.culture.fr) (J-L Dupouey et al. 2007). Les cadastres napoléoniens de Meurthe et Moselle et des Vosges ne sont pas encore numérisés.

d. Les cartes d'Etat major

Elles ont été levées de 1818 à 1866 par les ingénieurs géographes du Dépôt de la Guerre. Les levés étaient réalisés au 1/20000^{ème} après 1823. Les premiers levés étaient initialement au 1/10000^{ème} dans les environs de Paris. Cette carte couvre l'ensemble de la France en 273 feuilles au 1/80000^{ème}. Elle était éditée en noir et blanc. A partir de 1830, la carte d'Etat Major est systématiquement réalisée à partir de plans cadastraux réduits au 1/40000^{ème}.

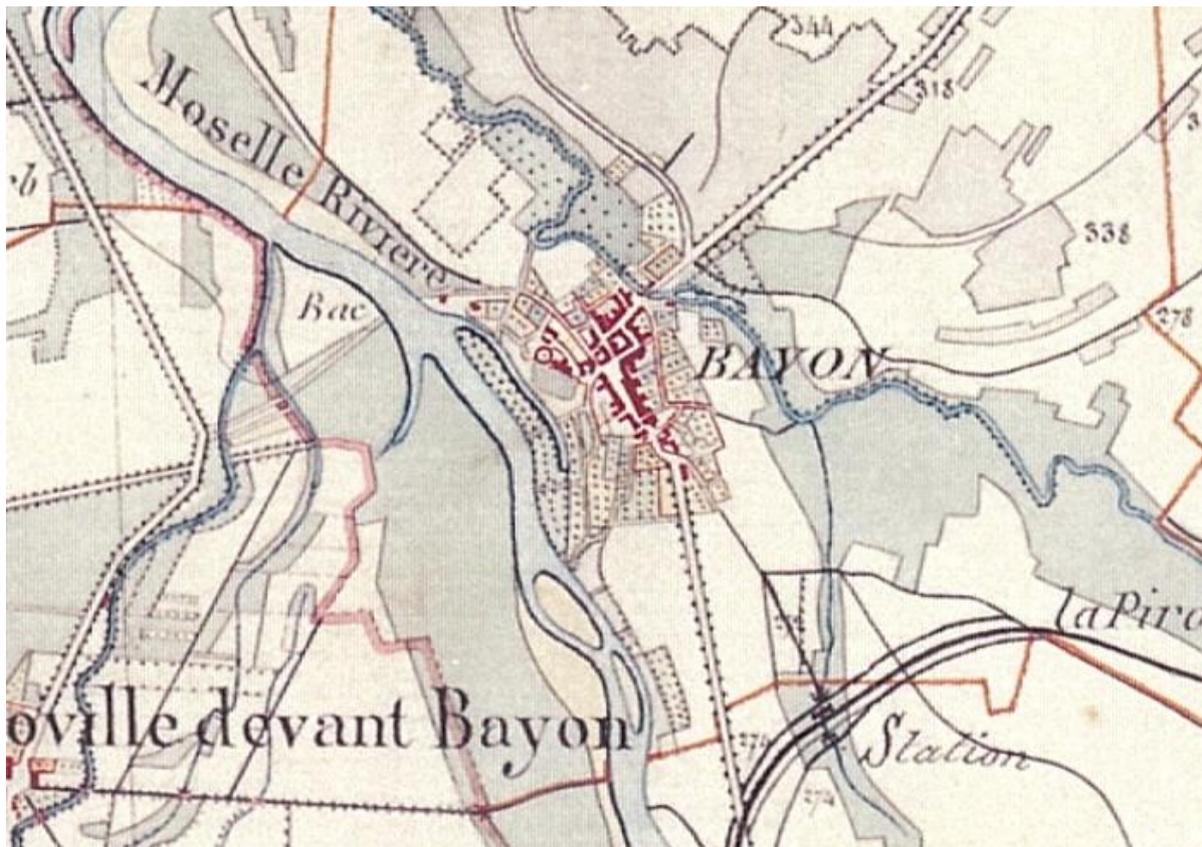


Fig.18 : Extrait de la carte d'Etat Major au 1/40000^{ème} aux environs de Bayon 1830. Source : IGN

La carte d'Etat Major de 1830 nous a été fournie par le service cartothèque de l'IGN. Les levés de cette carte (minute de Lunéville, n°70 S.O) ont été effectués entre 1826 et 1830. (J-L Dupouey com. pers.).

Le système de projection de l'époque était différent de celui utilisé aujourd'hui (coordonnées Lambert). Malgré cela, le géoréférencement de cette carte au 1/40000^{ème} sur des petits tronçons donne des résultats très satisfaisants en terme de précision cartographique.

e. Les plans anciens du service des Ponts et Chaussées.

Créé en 1716 pour s'occuper de la construction et de l'entretien des grandes infrastructures de transport, routes, ponts auxquels s'ajoutent bientôt les canaux et les ports de mer, le corps des Ponts et Chaussées entretient dès le départ des liens étroits avec l'activité cartographique. (C Bousquet Bressolier, 1995).

Les séries S des archives départementales recensent un nombre importants de rapports d'ingénieur des Ponts et Chaussées qui traitent des problèmes de divagation de la rivière Moselle sur les infrastructures (protection de berges, d'ouvrages...) ainsi que des aménagements dans le lit majeur, comme les travaux d'irrigations des prairies. Un secteur est dédié par exemple spécifiquement au canal de l'Est.

Ces rapports sont souvent illustrés de plans, parfois à petites échelles (1/2000^{ème} voire 1/1000^{ème}), dont certains sont des plans aquarelles, d'autres des plans parcellaires.

Certains plans datant des années 1870/1880 (peu avant la construction du canal de l'Est) ont été intégrés au logiciel cartographique pour digitaliser le lit de la Moselle, et utilisés pour la délimitation de l'amplitude de divagation historique de la rivière.

f. Les cartes du Service Géographique de l'Armée et l'Institut Géographique National

Le Dépôt de la Guerre s'est scindé en 1887 en deux organismes distincts :

- Le Service Géographique de l'Armée (SGA) devenu en 1940 l'Institut Géographique National (IGN).
- Le Service Historique de l'Armée (SHA), actuel Service historique de la défense.

Les cartes topographiques au 1/25000^{ème} qui ont remplacé les cartes d'Etat major sont d'une grande précision et sont très riches en informations.

Comme énoncé précédemment les SCAN 25 de l'IGN furent utilisés comme référentiel pour le géoréférencement des cartes anciennes.



Fig.19 : Carte du service géographique de l'armée Levés de 1903 révisé en 1908. Archives 54.

g. Les photos aériennes anciennes et récentes.

Dans le travail de recherche de témoins historiques du passage de la Moselle, des photographies aériennes de différentes dates ont été calés sur les orthophotoplans (couche BD ortho de l'IGN) datant de 2006.

Les photographies aériennes de 1949, 1965, 1994 nous informent précisément sur la position du lit de la rivière. La superposition des tracés du lit de la rivière qui découle du travail de digitalisation permet de se rendre compte de la dynamique latérale de la Moselle.

Tous ces documents, appuyés par les rencontres avec des personnes ressources ainsi que par des reconnaissances de terrains pour visualiser les vestiges des aménagements dans le lit majeur ainsi que la présence de bras mort et de talus d'érosion, témoins du passage de la rivière, permettent d'imaginer l'histoire de la vallée de la Moselle au niveau de la Réserve Naturelle Régionale.

B. L'histoire de la vallée de la Moselle entre Charmes et Bayon

Les différentes vues en plan, présentées en annexes 3, 4, 5, 6, 7, mettent en évidence de profondes mutations de la vallée. Certains indices de ces mutations sont encore visibles actuellement. Ces indices sont postérieurs au XVIII^{ème} siècle. En effet, le manque de solidité des aménagements réalisés du XVI^{ème} au XVIII^{ème} siècle est évident : les barrages et les digues n'étaient faits que de fascines et de terre. Ils étaient entraînés à la première inondation un peu brutale. Tous les travaux réalisés manquaient en outre complètement de coordination. Chaque seigneur était propriétaire d'un petit tronçon de rivière et ne s'occupait que de celui dont il avait la charge. [...] En général les seigneurs n'avaient pas réellement intérêt à fixer le cours de la rivière, sauf aux endroits où ils prélevaient des péages sur le flottage des bois ; lorsque le lit se déplaçait, en libérant de nouvelles surfaces propices à la création de prairies, ils étaient les premiers bénéficiaires de ces « accrues d'eau » (J-C Bonnefont, N. Carcaud, 1997).

Le recensement de ces indices est présenté par secteur :

1. Le secteur Charmes

a. L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle

A l'époque médiévale, la Moselle devait être une rivière relativement calme. Les hommes n'avaient pas hésité à s'établir dans le fond de vallée, comme le prouve le château de Charmes (J-C. Bonnefont, N. Carcaud, 1997).

L'analyse de la carte des Naudin (env. 1730) sur ce secteur met en évidence la division du lit au niveau de la cité vosgienne. Trois bras de rivière passent sous la route qui traverse la vallée. A cet effet, trois ponts, visibles sur la carte, furent construits.

D'après cette carte, la partie ouest de la vallée était cultivée. Des cultures sont également présentes sur la terrasse d'alluvions anciennes à l'Est.

La carte de Cassini (env.1750) est moins précise (échelle 1/86400^{ème}) mais nous informe néanmoins sur la position du lit de la rivière. Celle-ci semble plus ou moins linéaire en aval direct de Charmes (un seul pont est représenté à Charmes). Une bifurcation est visible au Nord du tronçon, le bras le plus à l'Ouest semble plus large que le bras Est. La présence de plusieurs bras à cet endroit était déjà observable sur la carte de Naudin. Il faut remarquer qu'une tuilerie était implantée directement dans le fond de vallée.

La carte d'Etat major levée entre 1826 et 1830 au 1/40000^{ème} met en évidence l'aspect en tresse du style fluvial de l'époque. Un pont unique semble faire le lien entre la rive droite et gauche de la Moselle au niveau de la ville de Charmes.

Un bras secondaire, assez éloigné en rive droite du lit principal, non visible sur les cartes précédentes, s'est formé à quelques centaines de mètres en aval de Charmes.

b. Les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle.

Le texte suivant (fig.20) montre bien l'impuissance des habitants face à une rivière sauvage, qui, par sa mobilité due essentiellement aux conditions climatiques, inondaient les prairies et cultures.

C'est alors que dans la première partie du XIX^{ème} s, les frères Dutac et leurs continuateurs ont entrepris d'assagir la Moselle, divisée en de nombreux bras et ne cessant de recouvrir ses îles de nouveaux cailloutis, sur lesquels on faisait blanchir le linge (les « gravots ») (J-C. Bonnefont, N. Carcaud, 1997).

« Il n'y a pas longtemps encore que la Moselle, prenant des allures de conquérante, semblait vouloir régner despotiquement sur le pays qui s'étend d'Epinal à Charmes. L'œil était affligé du spectacle de ses ravages. Ici des champs fertiles avaient disparu; là, des grèves stériles avaient remplacé de riantes prairies [...] En vain, les habitants, désolés de ces désastres avaient, à diverses époques, essayé d'arrêter les entreprises de la Moselle et de lui imposer un cours régulier; elle s'était jouée de l'impuissance de leurs efforts, et sa dénomination n'en était devenue plus que funeste.

Mais naguère deux frères, Pierre et Antoine Dutac, d'Epinal, doués d'une persévérance inébranlable, prirent l'énergique résolution de lutter contre les usurpations de la Moselle, de réparer le mal incessant qu'elles causaient aux campagnes et de rendre fécondes des terres devenues stériles. Cette tentative hardie, cette tâche herculéenne demanda vingt ans de rudes travaux et s'accomplit avec un admirable succès. La croix de la légion d'honneur fut la récompense de cette œuvre prodigieuse.

La Moselle est pour ainsi dire domptée; sa route est tracée, elle doit la suivre, et, si parfois elle s'en écarte, elle ne peut plus du moins dévaster la vallée où elle coule. Le sol a tout à fait changé d'aspect dans un rayon de cinq lieues; de vastes prairies s'étendent sur les deux rives du fleuve; d'ingénieux canaux d'irrigations, aux abords plantés d'arbres, rependent partout des eaux fertilisantes. D'abondantes récoltes sont, chaque année, fournies par les prés nouvellement créés et enrichissent les villages riverains, qui peuvent nourrir de nombreux bestiaux. Tous les jours l'agriculture se réjouit de cette heureuse transformation d'une contrée qu'elle croyait à jamais perdue pour elle, et doit en garder une éternelle reconnaissance aux frères Dutac. »

Fig.20: Extrait du livre « Les Vosges pittoresques et historiques » Charles Charton, 1862.

La figure 21 présente les aménagements qui ont été réalisés notamment par les sieurs Dutac à partir du milieu du XIX^{ème} siècle. Grâce à ces aménagements, ils ont réussi à reconquérir de nouveaux espaces de prairies, et à augmenter la fertilité des terres. Le document original datant de 1867 est présenté en annexe 8. Un autre plan du service des Ponts et Chaussées datant de 1878, également présenté en annexe 9, montrent les aménagements une fois réalisés.

Les Dutac endiguèrent en partie la rivière afin de protéger les terres contre sa mobilité «destructrice», des barrages furent construits afin de rehausser la ligne d'eau pour permettre le cheminement de l'eau dans des canaux d'irrigations. Au départ du canal d'irrigation principal se trouve un ouvrage nommé pertuis d'entrée d'eau. Ils existent différents types de pertuis (à planchettes, à tampes ou encore à aiguilles), celui de Charmes devait être constitué d'un ensemble de 7 portières (Jean Cargemel, com.pers.).

Des vestiges du canal d'irrigation principal ainsi que du pertuis d'entrée d'eau sur le tronçon de Charmes sont encore actuellement visible.

Un réseau de canaux secondaires, séparés par des ouvrages tels que des portes d'irrigations, distribuait ensuite l'eau vers les prairies.

La mise en place de ce type de canaux peut être le témoin du passage de la rivière. En effet, à l'instar de certains petits canaux de dérivation servant à l'alimentation en eau de moulins, les canaux d'irrigations peuvent être implantés sur des anciens lits parallèles au lit principal de la rivière, qu'il suffit de recréer un peu.

Cela semble être le cas sur le secteur de Charmes où l'emplacement du pertuis d'entrée d'eau et le départ du canal d'irrigation principal coïncide avec l'entrée du bras secondaire de la Moselle observé sur la carte d'Etat Major.

c. La double courbure du tronçon

A partir de 1910, le lit de la Moselle commence à décrire une double courbure. Le rayon de courbure de la courbe amont s'amplifie jusqu'à se stabiliser car contrainte par le canal de l'Est. Pour la courbe aval, l'érosion de la berge concave est toujours visible :



Fig.22 : Photographie de la berge concave au niveau de la courbe aval de la double courbure. La construction effondrée témoigne de l'érosion provoquée par le sapement de l'eau.

En arrière plan de cette photo, on devine la présence de blocs de béton, qui contiennent le sapement dans la berge protégée, de concavité rive gauche.

Malgré une puissance spécifique élevée (cf. fig.12) : l'évolution en plan du lit de la Moselle nous montre que l'activité au niveau de cette zone reste néanmoins limitée.

d. La dynamique contrainte au Nord du tronçon

L'endiguement de la rivière rive gauche au Nord du tronçon est la conséquence de l'exploitation de granulats qui s'est amorcée dans les années 1965-70. En rive droite, des témoins du passage de la rivière datant des années 1950 sont visibles actuellement (cf. photo ci dessous)



Fig.23 Talus d'érosion au niveau de la ferme du Saulcy témoignant du passage récent de la Moselle.

2. Le secteur Chamagne Gripport

a. *Un secteur actuellement endigué*

C'est également un des secteurs de la zone d'étude où la rivière est la plus fortement contrainte. En effet, des gravières se trouvent de part et d'autre du lit de la rivière. L'exploitation de granulats a débuté dans les années 1965-70 pour les gravières de Chamagne (situées rive droite). Le corridor de gravières de Socourt est apparu dans les années 1970-80. L'exploitation des deux gravières de Gripport s'est terminée dans les années 1980.

Cet endiguement actuel ne nous laisse pas deviner le passé agité de cette portion de rivière. L'étude historique nous permet de mieux comprendre la mobilité de la rivière sur ce tronçon.

b. *L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle*

Au début du XVIII^{ème} siècle, le style fluvial de la Moselle tendait vers un tressage avec la présence de nombreux îlots de graviers et des bras de rivières parallèles.

D'après la carte des Naudin, la zone centrale, entre les différents bras, ne présentait pas de cultures. On peut imaginer alors que cette zone était régulièrement recouverte du fait des caractéristiques globales de l'écoulement de la rivière à cette époque.

Au milieu et à la fin du XVIII^{ème} siècle (cf. carte de Cassini, annexe 4), la rivière dessinait 3 bras majeurs dont l'un, le plus à l'ouest, était utilisé pour l'alimentation du moulin de Gripport.

Au début du XIX^{ème} siècle (cf. carte d'Etat major de 1830, annexe 4), la rivière décrit également un style comparable à du tressage. La rivière balaye alors le fond de vallée sur plusieurs centaines de mètres tout en dessinant un réseau anastomosé de bras secondaires.

A l'ouest, au niveau de Gripport, la rivière longe la route nationale. Le moulin de Gripport est d'ailleurs implanté le long de cette voie de communication majeure.

c. *Les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle*

- Dans la partie Est de la vallée, un réseau d'irrigation complexe est alors mis en place. Le plan des Ponts et Chaussées de 1878 (annexe 9) illustre bien les aménagements réalisés.

La figure suivante présente une synthèse de ces aménagements, elle fut construite grâce au plan de 1867. Malheureusement, suite à l'implantation des gravières de Chamagne, la majorité des ouvrages d'art servant à faire le lien entre les différents canaux d'irrigations secondaires ont disparus.

Il demeure seulement un vestige de ces aménagements énormes. Il s'agit d'une porte d'irrigation située sur la commune de Chamagne, quelque peu à l'Est du T formé par les limites administratives à la frontières des 3 communes de Gripport / Socourt et Chamagne. Un croquis de cet ouvrage datant de 1867 est présenté en annexe 10. La porte d'irrigation était alors formée d'un vannage composé de trois vannes ou étaient empilées des planches à l'horizontales afin de créer une chute d'eau pour permettre le remplissage du canal sous jacent. A l'époque, deux irrigateurs étaient employés sur la commune de Chamagne pour permettre le bon fonctionnement de ces ouvrages (J. Cargemel. com. pers).

- Dans la partie Ouest,

Les usines de Gripport sont alimentées par un canal, vestiges d'un ancien bras de rivière. Aucun barrage ne semblait être à l'origine de ce canal d'amené aux usines. En 1867, il était cependant projeté d'en construire un, afin de surélever la ligne d'eau.

Au niveau des usines de Gripport, la Moselle semble naturellement divaguer le plus à l'ouest, se posait alors à l'époque des problèmes de création de « faux bras » responsables du mauvais fonctionnement du canal d'amené ainsi que des usines (cf. texte ci-dessous) :

Les crues et les glaces de l'hiver dernier ont très sensiblement modifié le régime de la Moselle aux abords des usines de Gripport, dans cette partie de la rivière où le lit est essentiellement mobile et qu'elles y ont effectivement ouvert un faux bras (A) venant déboucher dans le canal de fuite du moulin de Gripport immédiatement en aval de cette usine. [...] Les eaux de ce faux bras occasionnent non seulement un remous très fort sous les roues motrices mais aussi un ensablement presque continu du canal de fuite. [...] Le Sieur Ferry a déjà été autorisé en 1855, en vue d'éviter tous les inconvénients signalés ci-dessus, à établir la digue en pierres B,C,D,E dont la partie BC a été complètement détruite pendant l'hiver dernier.

Fig.25 : Extrait du « rapport d'ingénieur sur la demande en autorisation de fermer un faux bras de Moselle présentée par la dame veuve Ferry, née Lallemand, propriétaire des usines de Gripport » Pont et Chaussées, 1861 (Archives départementales de M. et M.).

Plus en aval en rive gauche, la prairie de Gripport appartenant aux frères Pierre et Antoine Dutac et Naville de Chateauxvieux est irriguée également.

[...] Ayant interpellé les pétitionnaires sur le mode qu'ils proposent d'employer à cet égard, ils nous ont répondu que leur intention était d'utiliser les eaux que mettent en jeu le moulin de Gripport en les introduisant immédiatement à l'aval des roues et sans relèvement de leur niveau en ce point, dans un canal insubmersible qui formerait à la fois canal de fuite du moulin et canal d'amenée des eaux d'irrigations

Fig.26 : Extrait du « procès verbal de la visite des lieux de Gripport par l'ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées 13 aout 1846. Archives départementales de Meurthe et Moselle

d. La construction du canal de l'Est et la déconnection de certains bras

Contrairement au tronçon Charmes, la construction du canal de l'Est dans les années 1880 a été responsable de la déconnection de certains bras au niveau du secteur Chamagne/Gripport. Par exemple, le canal d'amené des usines et du moulin de Gripport, déconnecté par la construction du canal, est encore visible sur la photographie aérienne de 1949.

On peut observer cette déconnection sur la figure ci-dessous (fig.27), le canal de l'Est recoupe alors le canal de fuite du moulin ainsi que la prise d'eau d'irrigation des Dutac.

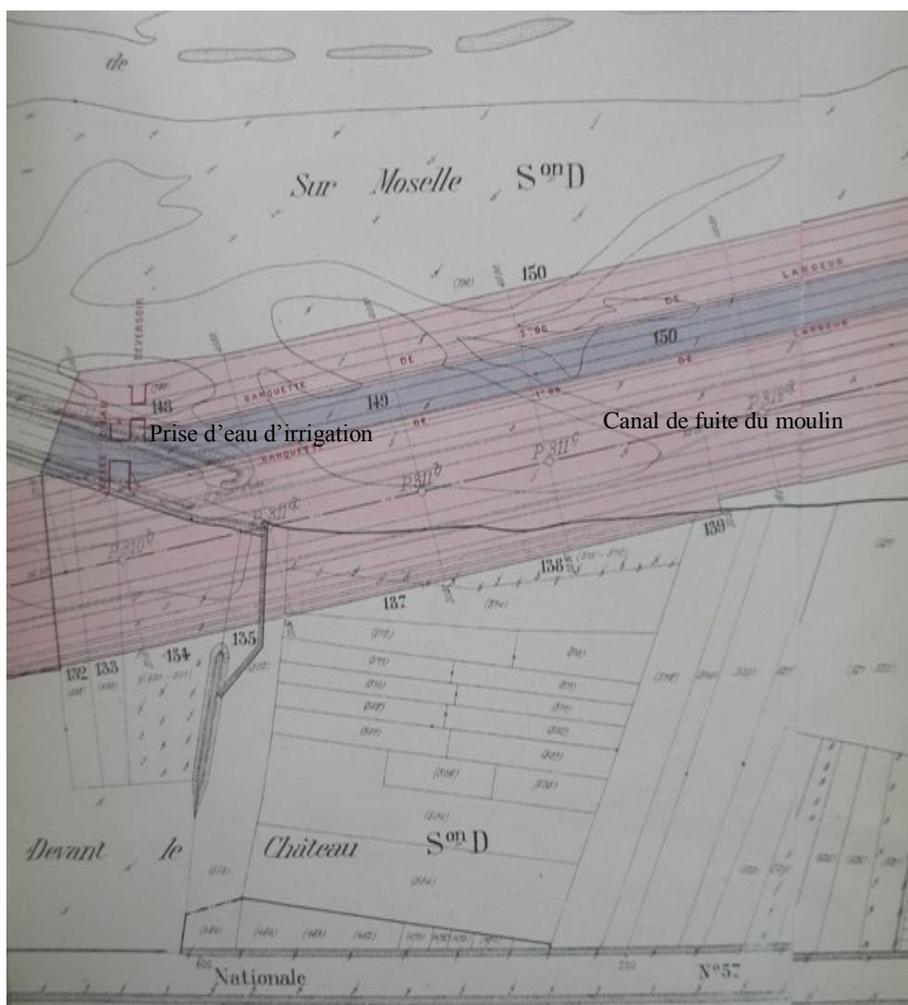


Fig.27: extrait du plan parcellaire au 1/1000^{ème} de la commune de Gripport. Canal latéral de la Moselle. Pont et chaussées.1887. Archives départementales de M et M.(en rose : le canal et ses dépendances).

e. Un aspect plus « naturel » au Nord du tronçon

Contrairement à la partie Sud du tronçon dont l'endiguement est observable jusqu'à aujourd'hui, la partie la plus au Nord semble divaguer de manière plus naturelle.

Les différentes vues en plan (cf. annexe 4) nous montrent cette évolution. En 1949, la Moselle présente un lit divaguant fortement. D'importantes superficies de grèves témoignent d'une forte charge solide. La photographie aérienne de 1965 montre que le tracé de la Moselle est plutôt du style méandrique. De 1965 à aujourd'hui, ce tracé évolue par glissement des méandres.

3. Le secteur Bainville-aux-miroirs

a. L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle

Le secteur de Bainville aux miroirs, à l'époque des Naudin, présentait également des secteurs en tresse. A hauteur du village de Bainville, la rivière se divise en deux bras dont l'un, le plus à l'ouest passait non loin du village. Dans le milieu du XVIII^{ème} siècle (cf. carte de Cassini, annexe 5), on voit apparaître un moulin sur ce bras (non visible sur la carte des Naudin). Un droit d'eau à cette époque permet aux trois moulins de Bainville, Mangonville et Roville d'avoir une existence légale (M. et Mme Enel, com. pers.).

A cette époque, la présence d'un bac¹ sur le bras situé à l'Est nous informe sur une profondeur de la rivière relativement importante pour permettre la traversée de cette dernière.

Dans le début du XIX^{ème} siècle. (cf. carte d'Etat major 1830, annexe 5) la Moselle divaguait librement dans le fond de vallée entre le village de Bainville aux miroirs à l'Ouest et le lieu dit Montauban à l'Est. En effet, malgré la présence d'un chemin visible sur la carte, aucun ouvrage en dur ne permettait de traverser les bras de rivière à cet endroit. Cette traversée se faisait toujours à l'aide d'un bac que les habitants de la commune empruntaient pour exploiter leurs propriétés d'outre Moselle.

Au niveau de la prise d'eau du canal du moulin en amont de Bainville, le tracé de la rivière était contraint par le talus de la route royale (actuelle RN).

Le barrage de Bainville, avant d'être reconstruit dans les années 1850 était construit, dans les années 1830, par des piquets en chênes disposés en deux bandes parallèles que l'on comblait avec des pierres (M. et Mme Enel com. pers.).

L'extrait de plan de la figure suivante nous montre la forme du barrage dans les années 1830, la construction de l'époque laisse à présager que cet ouvrage ne devait contraindre que faiblement la mobilité de la rivière. On observe également sur cette aquarelle les traces d'érosion sur le talus de la route royale en amont du barrage.

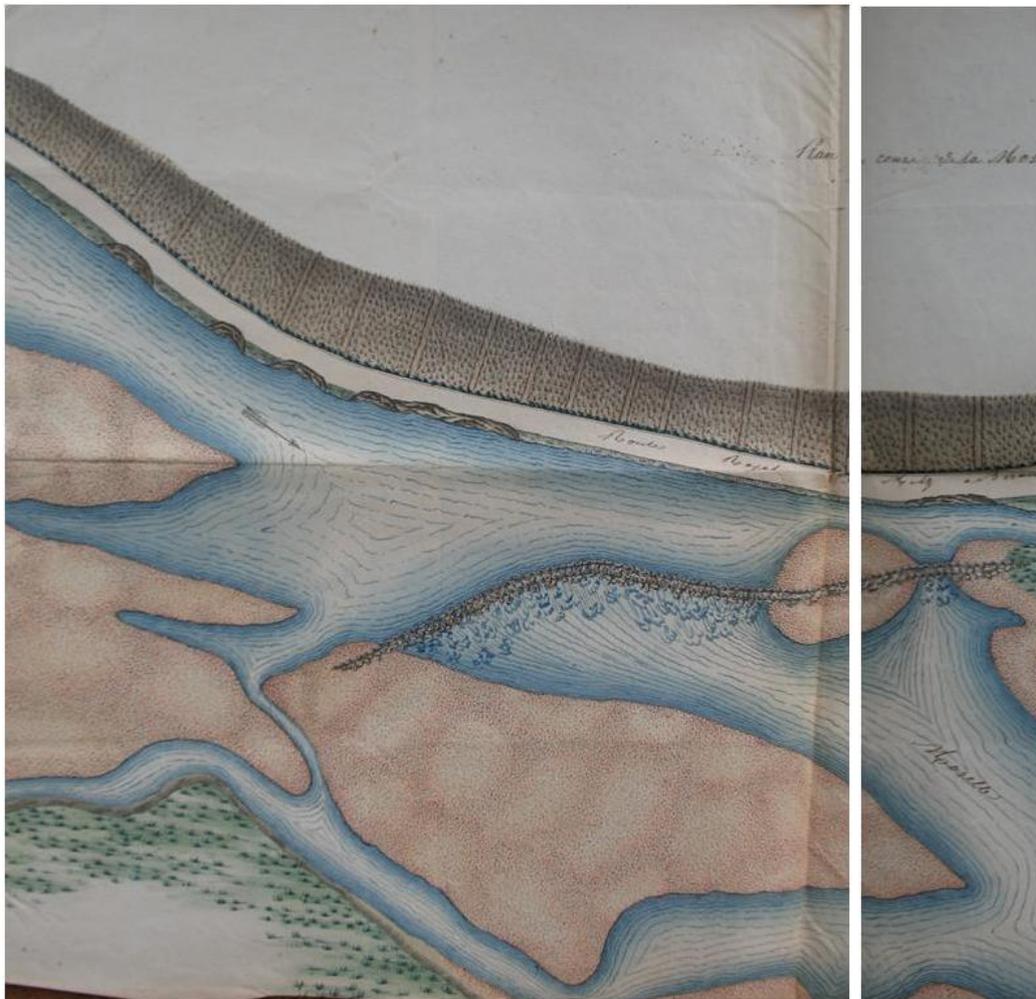


Fig.28 : Extrait d'un plan aquarelle daté des années 1830 présentant le barrage de Bainville.
M. et Mme Enel, com. pers.

¹ Bac : Bateau large et à fond plat de transbordement de véhicules ou de personnes entre deux rives proches (cf annexe 11: photographie du bac de Virecourt, années 1900)

b. Les aménagements lourds du XIX^{ème} siècle

La fin du XIX^{ème} siècle fut marquée par des aménagements lourds dans la vallée sur ce secteur.

➤ Le barrage des usines

Le barrage de Bainville a été reconstruit dans les années 1850. Malgré sa construction en « dur », de nombreuses brèches dues aux crues hivernales sont à déplorer. Des embâcles qui s'accumulaient sur le barrage créaient alors des remous, responsables du déchaussement des pierres de l'ouvrage (M. Enel com. pers.). La figure suivante montre la forme du barrage suite à une brèche occasionnée lors de la crue de l'hiver 1876.

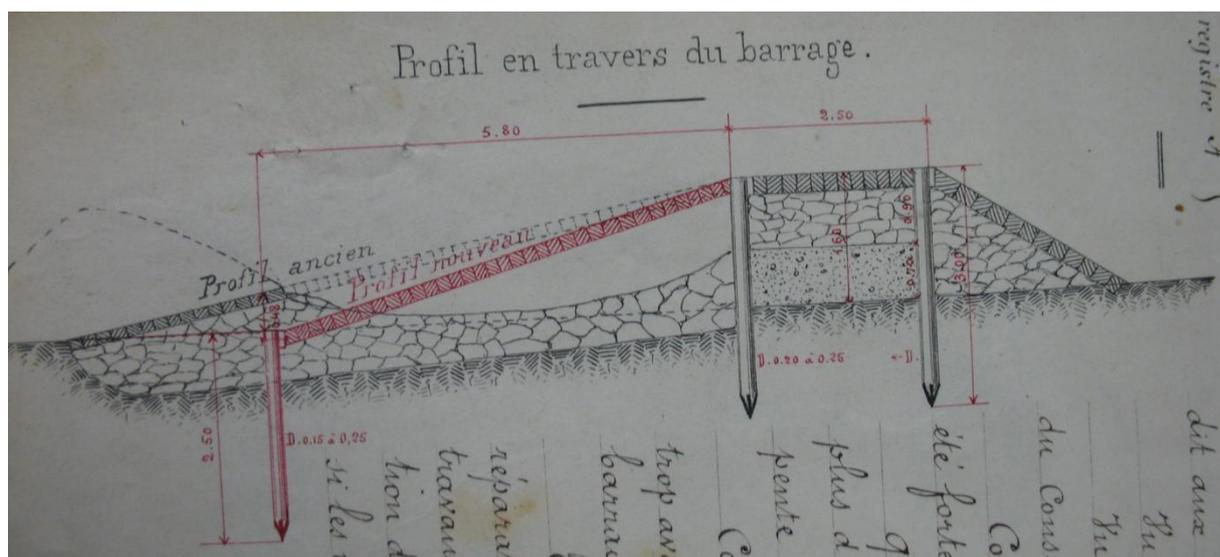


Fig.29 : Réparations du barrage usinier de Bainville aux miroirs. D'après rapport des Ponts et Chaussées. 1876. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

➤ Le pont de Bainville et sa protection

Le pont de Bainville n'est pas visible sur des plans datés des années 1830-40. Il apparait dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle.

La figure suivante datant de 1878, peu avant la construction du canal de l'Est, nous montre la forme du pont. Ce dernier comptait alors 5 piles. Le projet de construction d'une digue en aval de ce pont est visible sur ce plan.

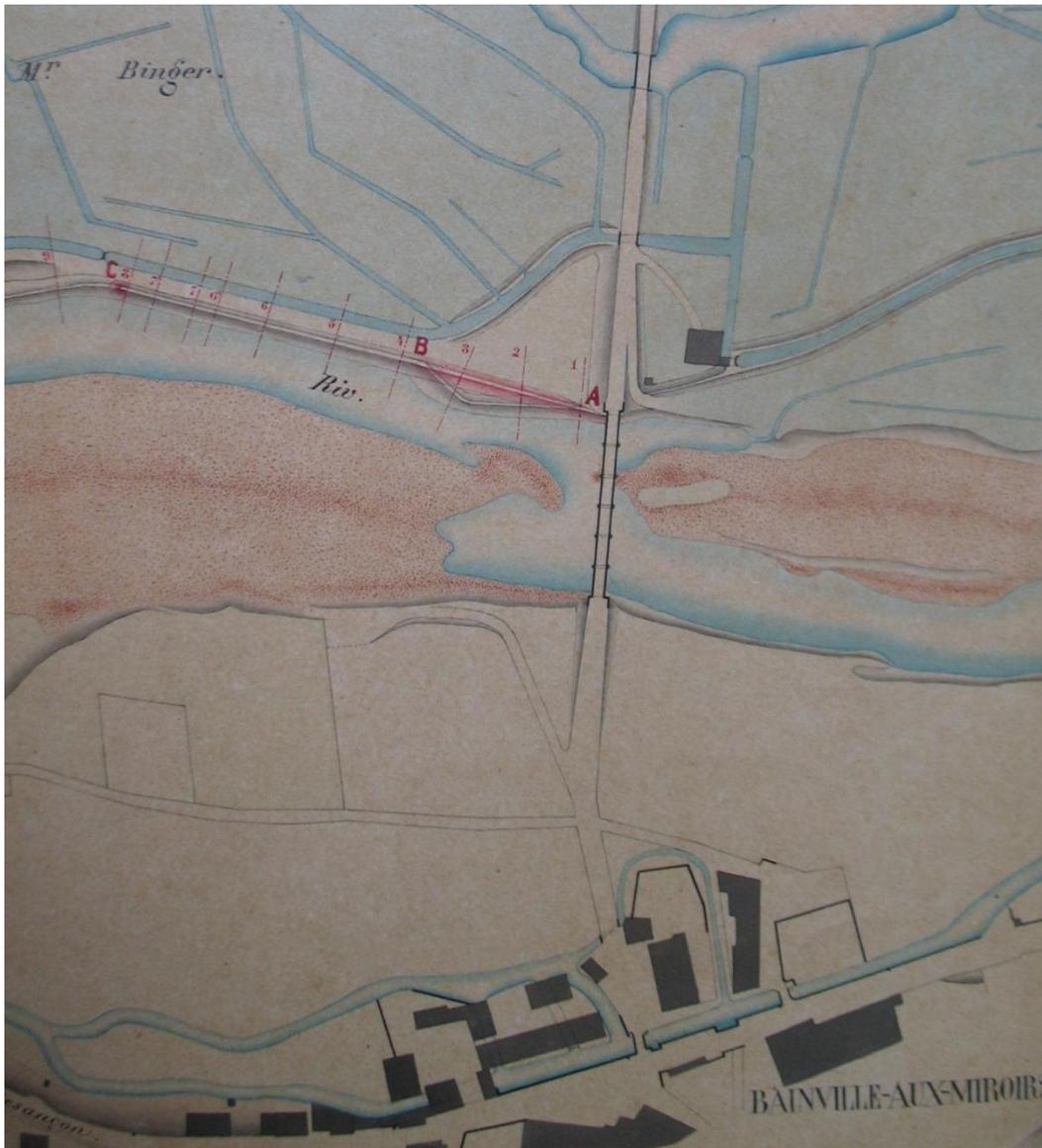


Fig.30 : Le pont de Bainville. Extrait d'un plan des Ponts et Chaussées concernant la réparation d'une défense de rive. 1878. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

➤ Les aménagements concernant l'irrigation des prairies de M. Binger

Suite aux succès des frères Dutac concernant les travaux gigantesques réalisés pour l'irrigation des prairies d'Epinal à Chamagne, Mr Binger et Berment entreprirent des travaux similaires sur la commune de Bainville aux miroirs à partir de 1850.

Un réseau d'irrigation fut donc construit afin de fertiliser les prairies et augmenter les productivités de ces dernières.

La figure 31 montre les aménagements réalisés à l'époque. Un détail du réseau d'irrigation est présenté en annexe 12.

La figure ci-dessous est un extrait d'une carte d'Etat major du début du XIXème siècle. On y observe un reliquat de bras de tressage (J-R. Malavoi, com. pers) qui fait suite au ruisseau de Chamagne. On peut deviner la position de ce bras de tressage sur la carte des Naudin.

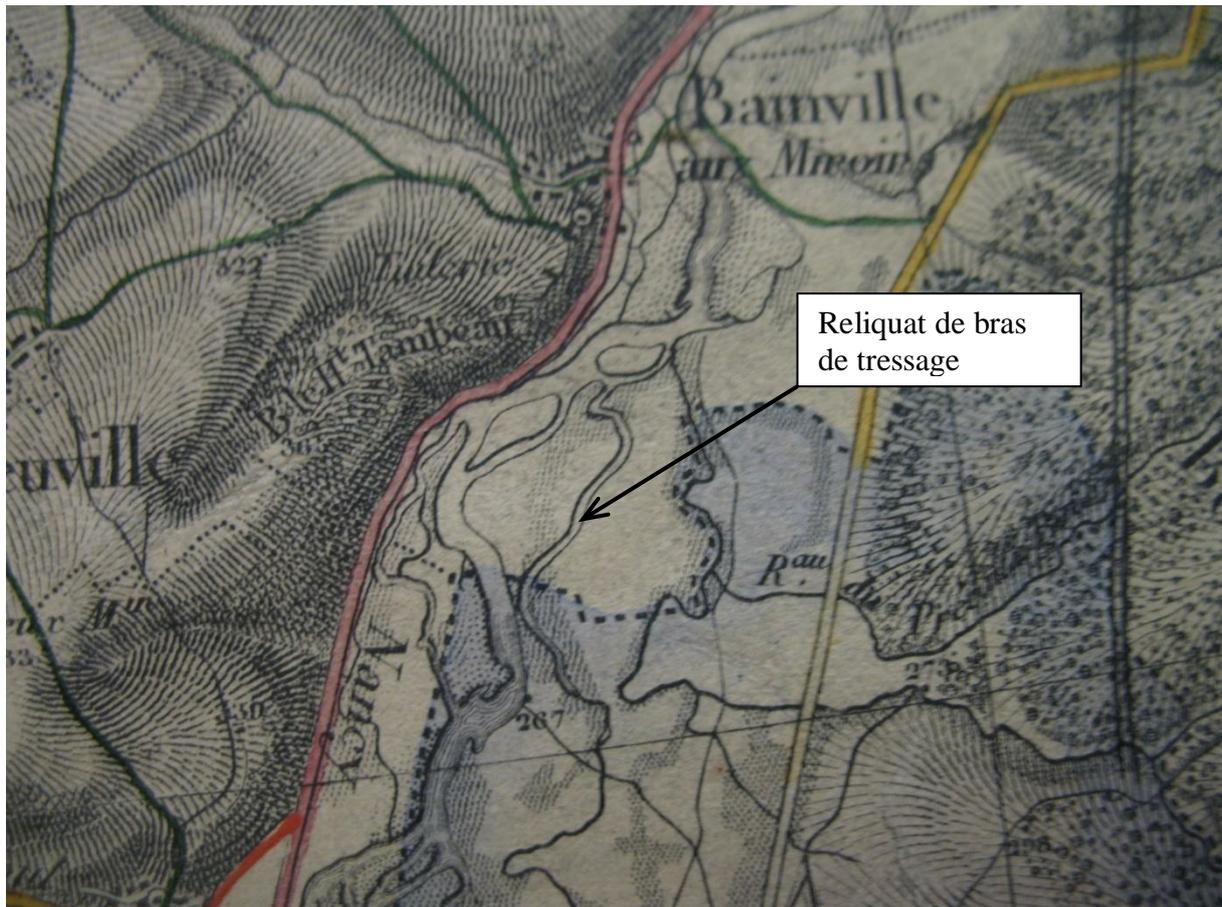


Fig.32 : Département de la Meurthe, extrait de la carte topographique de la France, carte d'Etat major au 1/80000^{ème}. 1839. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

Ce reliquat de bras de tressage a donc été probablement, après quelques travaux de curages préalables, utilisé pour servir de canal d'irrigation principal de M. Binger.

Afin de surélever la ligne d'eau pour permettre l'alimentation de ce canal d'irrigation principal, un barrage a été construit sur un des bras de la rivière quelque dizaines de mètres en amont du pertuis d'entrée d'eau. La figure ci-dessous nous présente la forme et la position de ce barrage :

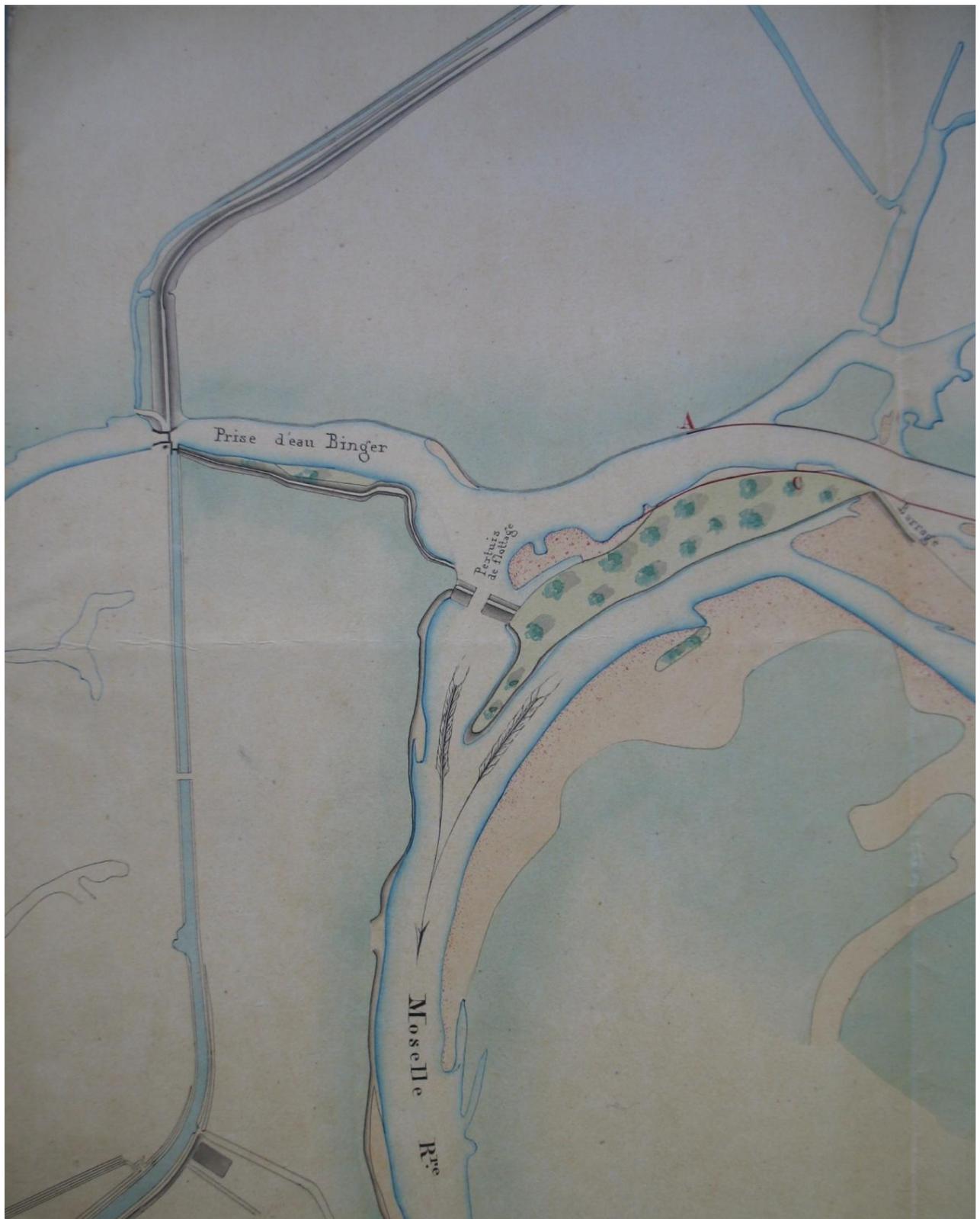


Fig.33 : L'entrée du canal principal d'irrigation de M. Binger. Extrait de plan des Ponts et Chaussées. 1875. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

Le barrage du « petit bras » visible sur ce plan possédait un pertuis de flottage². Certains textes des Ponts et Chaussées présents aux archives départementales de Meurthe et Moselle font état de protection de berges et d'endiguement dans les années 1860/1870 qui, selon les ingénieurs de l'époque, amélioreraient le flottage du bois.

Les lignes en rouge visibles sur la figure précédente permettent de délimiter un chenal de dragage, qui permettait d'extraire le gravier obstruant la prise d'eau de M. Binger (fig.34)

Vu la pétition, en date du 24 mars 1875, par laquelle le sieur Binger, propriétaire à Nancy, demande l'autorisation :

- 1) De draguer le dépôt de gravier qui s'est formé dans la Moselle, territoire de Chamagne, en amont de son barrage-déversoir, et qui obstrue la prise d'eau d'irrigation de ses prairies de Bainville.
- 2) De compléter le curage du canal d'aménagé de la dite prise d'eau, entrepris l'an dernier en exécution d'un arrêté préfectoral du 23 juillet 1874.

Fig.34 : Extrait d'un rapport d'ingénieur des Ponts et Chaussées relatif à l'extraction de gravier à Bainville.1875. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

➤ La problématique du grand court circuit

Depuis 2000, la rivière a créé un court-circuit en amont de Bainville-aux-miroirs. Ce court-circuit effectue un angle droit pour rejoindre le lit principal. Il pourrait à terme emprunter d'anciens chenaux de crues et menacer un pont et une route ainsi que certaines habitations en aval. Outre cette menace sur les infrastructures en aval, la réactivation du grand court circuit pourrait entraîner le contournement du barrage de Bainville qui aurait pour effet des problèmes d'alimentation du canal de l'Est et des deux microcentrales encore en activité (Bainville et Mangonville).

Le tracé actuel du grand court circuit a été représenté sur la figure 31 montrant les aménagements majeurs du XIX/XXème siècle. Nous pouvons voir que le grand court circuit emprunte, sur une certaine distance, le canal d'irrigation principal de M. Binger. Pour rappel, ce canal d'irrigation a été très probablement implanté sur l'emplacement de reliquat de bras de tressage.(cf.fig 32)

La menace des infrastructures situées en aval suite au passage de l'eau dans les canaux d'irrigations était déjà d'actualité dans les années 1930-40. C'est le cas notamment du pont qui passait au dessus du canal principal d'irrigation au niveau de la propriété Bingerville.

M. Julien avait alors racheté les prairies de M. Binger mais avait délaissé l'entretien des systèmes d'irrigations, entretien pourtant à la charge du propriétaire. Un arrêté préfectoral (en annexe 13) obligea M. Julien à effectuer les travaux nécessaires pour empêcher les eaux de la Moselle de réemprunter son canal d'irrigation. Une protection en béton encore visible aujourd'hui en amont du pertuis d'entrée d'eau Binger devait alors contenir le flux d'eau lors des crues et rediriger cette eau vers le cours principal de la rivière. La forme de cette protection l'atteste.

c. La construction du canal de l'Est

L'analyse des différentes vues en plan (annexe 5) nous montre que la rivière a été contrainte en amont du barrage de Bainville entre les années 1870 et 1910. La figure suivante montre le projet de construction du canal de l'Est.

² Flottage du bois: Le flottage du bois est l'une des plus anciennes méthodes de transport sur de longues distances. Du Moyen Âge jusqu'à la fin du XIX^e siècle, en Europe occidentale, le flottage est le mode de transport le plus courant et le moins onéreux pour le bois.

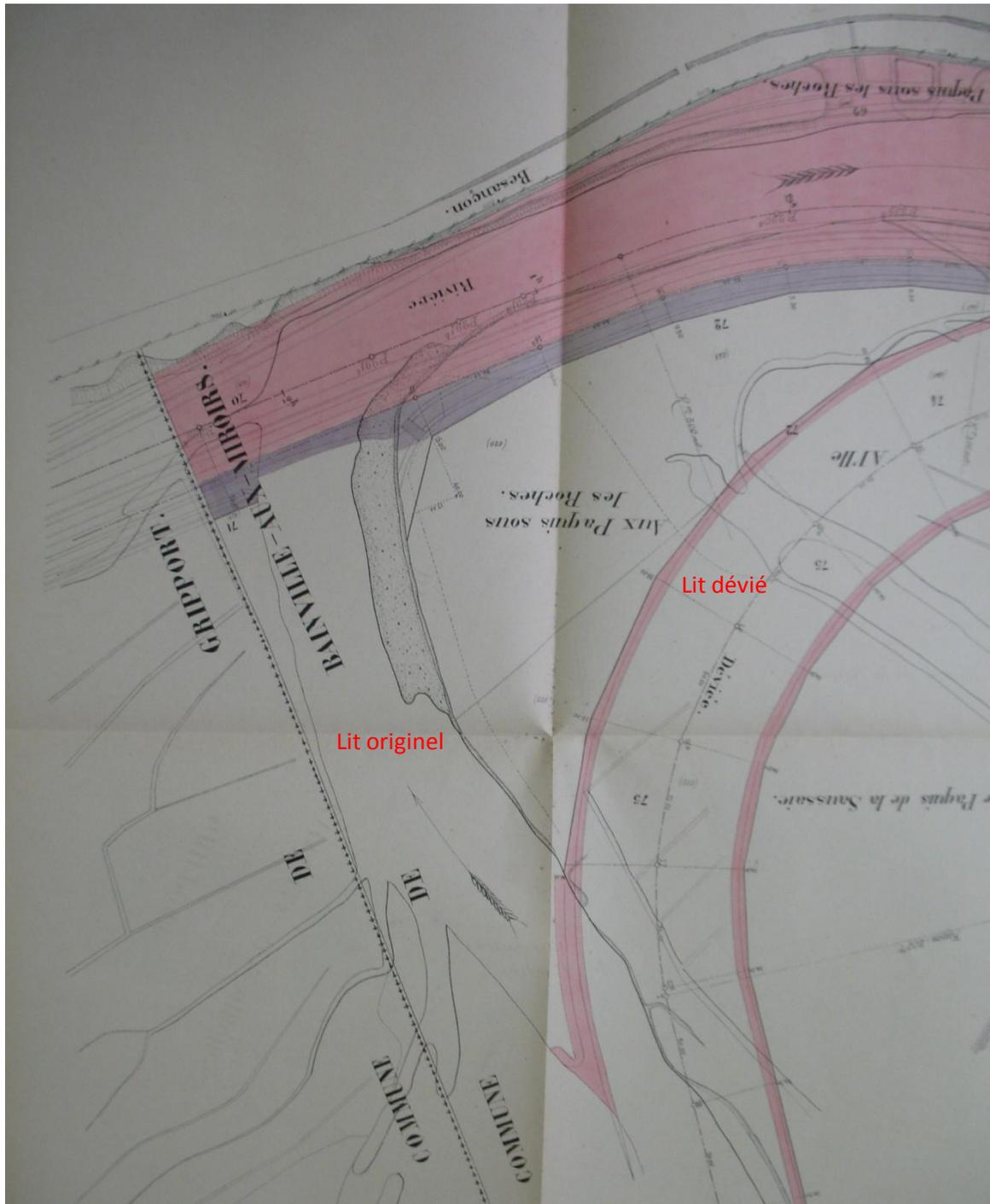


Fig.35 : extrait du plan parcellaire au 1/1000^{ème} de la commune de Bainville. Canal latéral de la Moselle. Pont et chaussées.1887. Archives départementales de M et M. (en rose : le canal et ses dépendances)

On observe d'après le plan parcellaire de Bainville-aux-miroirs que la Moselle décrivait naturellement un angle droit avec la route puis longeait cette dernière. La construction du canal de l'Est dans les années 1890 eut pour conséquence la déviation d'une partie du cours de la rivière.

La construction du canal de l'est s'est accompagnée également d'une modification du barrage des usines. Le flottage du bois ne faisant plus partie des activités des habitants de la vallée, le pertuis de flottage du barrage n'a donc pas été reconstruit, la prise d'eau du canal d'amené des usines a été décalée par rapport à sa position originelle, son emplacement actuel se situe sur l'emplacement du pertuis de flottage (cf. annexe 14)

d. L'évolution récente de la Moselle

Le secteur de Bainville-aux-miroirs a échappé aux extractions de granulats et a donc gardé un caractère relativement « sauvage ».

- En amont du barrage de Bainville :

Dans les années 1965, on observe un cours sinueux mais relativement stable, les bancs sont disposés de façon axiale.

Entre 1965 et aujourd'hui, on observe l'apparition d'un train de méandres en amont du barrage. La rivière évolue alors rapidement avec l'augmentation du rayon de courbure de ces méandres ainsi que la migration vers l'aval de ces derniers.

Cette migration rapide des méandres est à mettre en relation avec l'exploitation massive de granulats dans le lit mineur en amont. L'évolution de la sinuosité d'un méandre est commandée par un rapport entre la charge solide et la pente. A pente constante, une diminution de la charge entraîne un surplus d'énergie que le cours d'eau ne peut dissiper qu'en creusant et en accentuant sa sinuosité.

De plus, le corridor de gravières que l'on trouve au niveau de Socourt/Chamagne concentre l'écoulement et augmente la vitesse dans le lit mineur, qui renforce cet effet sur la migration des méandres.

Ce phénomène de migration des méandres est la cause d'une réactivation du grand et du petit court circuit, qui peut causer un risque pour le contournement du barrage de Bainville.

- En aval du barrage :

En aval du barrage de Bainville se développe un méandre dont le rayon de courbure ne cessera d'augmenter jusque actuellement. Ce phénomène aura par exemple pour conséquence la capture de la rivière par la partie terminale du petit court circuit.

4. Le secteur de Mangonville

Entre Mangonville et Virecourt, la Moselle passe du bord Ouest de la vallée au côté Est, tout en décrivant une succession de méandres dont certains menacent de se recouper de façon naturelle.

Ce secteur est l'un des secteurs de la portion qui a gardé le plus son «coté sauvage». En effet, aucune extraction de granulats et très peu d'aménagements anthropiques lourds sont venus bouleverser la divagation naturelle de la rivière à cet endroit.

a. L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIX^{ème} s

La carte de Naudin montre que la Moselle sur cette portion était divisée en deux bras majeurs qui se rejoignent un peu en amont de Virecourt. Un troisième bras à l'ouest de la vallée, côté Mangonville, correspond au canal d'aménagé des trois moulins (de Bainville, Mangonville et Roville). Etrangement, le Moulin de Mangonville est indiqué moulin de « Binville » sur la carte des Naudins. Ce moulin est nommé « Moulin de Chauru » sur la carte de Cassini. Sur cette dernière carte, un bras de rivière semble « naître » du canal d'aménagé des 3 moulins. Il s'agit en fait d'un bras secondaire de rivière, l'échelle trop importante de la carte de Cassini (1/86400^{ème}) est probablement à l'origine de cette mauvaise représentation cartographique.

Au début du XVIII^{ème} siècle, la Moselle était fortement active sur ce secteur. Plusieurs petits changements de lit de la Moselle sont datés de cette période. Le moulin de Chaurupt à Mangonville a d'ailleurs été détruit suite à ces changements de lit en 1723 (J-C Bonnefont et N Carcaud, 1997).

b. Les aménagements lourds du XIXème siècle

Une cartographie des aménagements lourds sur le secteur de Mangonville est présentée en figure 38. Néanmoins, comme énoncé antérieurement, cette portion est restée relativement naturelle, le peu de témoins retrouvés dans les archives concernaient des défenses de rives, afin de protéger les terrains communaux et certaines infrastructures de la mobilité latérale de la Moselle.

➤ La protection du Moulin de Chaurupt

À la fin du XIXème siècle, de lourds travaux furent entrepris aux frais de la commune de Mangonville afin de consolider une digue déjà en place qui permettait de protéger le Moulin de Chaurupt.



Fig.36 : Digue de défense à Mangonville. Extrait d'un plan issu d'un rapport des Ponts et Chaussées. 1877. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

La figure précédente nous indique l'emplacement de cette digue. La défense de rive à rétablir est représentée par le trait rouge délimité par A et B.

D'après le rapport d'ingénieur des Ponts et Chaussées de l'époque : Le conseil municipal de Mangonville attribue les dégâts causés par les crues de la Moselle à la digue insubmersible (C, D et E) que M. Binger a établi en aval du pont de Bainville-aux-miroirs afin de protéger ses terrains situés rive gauche.

La nouvelle digue construite, de 260m de long environ, d'une largeur de 2m en couronne, formée d'un noyau en gravier protégé par un perré³, est actuellement encore visible.

➤ La protection de terrains communaux.

Outre la défense de ce moulin, le XIX^{ème} siècle est également marqué par des travaux de défense de rives destinées à la protection de terrains communaux. La figure 36 présente un plan des Ponts et Chaussées de 1868, sur lequel on peut observer un « barrage de défense de rives exécutés par la commune de Mangonville en 1855. », au niveau du lieu dit « les grands Paquis ». Aucun vestige de cet ouvrage n'est actuellement visible.

Les sapements de berges devaient être relativement intenses à cette époque, cet ouvrage a subi des dégâts importants dans les années suivantes, comme l'atteste la figure suivante.

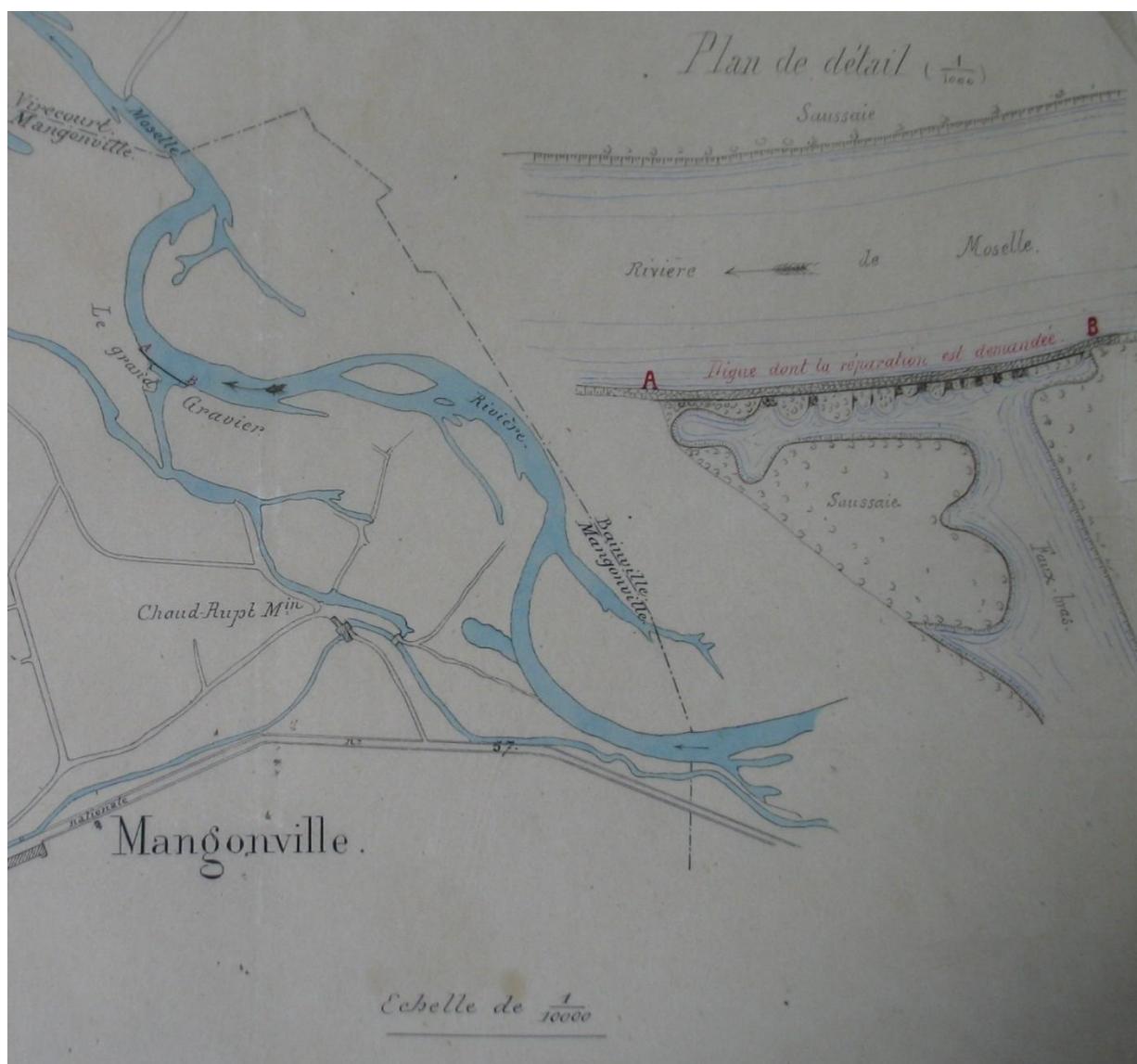


Fig.37 : Demande de réparation d'une protection de rives au niveau de Mangonville. Extrait de plan de Ponts et Chaussées. 1880. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

³Perré : Revêtement en pierre qui protège les abords d'un ouvrage, et empêche l'eau de les dégrader.

c. L'évolution récente de la Moselle

L'analyse des différentes vues en plan (cf.annexe 6) nous montre l'évolution de la Moselle les 2 siècles passés. Entre 1830 et 1880, la tendance quant à la forme des méandres s'est inversée. Ceci peut être mis en relation avec la présence de la digue construite pour protéger le moulin de Chaurupt qui a littéralement bouleversé les conditions d'écoulement naturelles de la rivière. D'abord peu marquées, les méandres apparus dans la fin du XIXème siècle n'ont ensuite cessé de s'accroître. Le recul rapide des berges livre alors d'abondantes quantités de sédiments engraisant le lobe des méandres. On observe également une légère translation vers l'aval de ce train de méandres.

La dynamique latérale de la Moselle sur ce secteur est donc très soutenue, cette dernière n'étant pas freinée par des contraintes anthropiques directes. La digue protégeant les terrains communaux de Mangonville dans les années 1850 ne semble plus opérationnelle dès le début du XXème s. En effet, on observe entre les années 1910 et 1949 (Annexe 6) que la Moselle a connu une translation latérale vers l'Ouest, la protection de berge n'étant plus existante.

Néanmoins, cette mobilité latérale est actuellement limitée par la présence d'une contrainte naturelle majeure en rive droite, il s'agit du talus de Virecourt (Marnes + terrasse alluviale). Cette contrainte est apparue entre les années 1965 et 1994, on observe suite à l'apparition de cette dernière une augmentation du rayon de courbure de la courbe située en aval plus importante. En effet, entre 1994 et 2006, le méandre s'est décalé d'une centaine de mètres vers l'Ouest.

5. Le secteur Virecourt Bayon

a. L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème s

Au début du XVIIIème siècle (cf. Naudin annexe 7), la rivière s'écoulait déjà préférentiellement à l'Est de la vallée. On peut observer néanmoins la présence d'un bras secondaire de forme particulière à l'Ouest qui débute en aval direct de Virecourt.

Le moulin de Roville est indiqué sur la carte. Il faut remarquer également l'existence, à hauteur de Roville, d'un bras secondaire sur le canal du moulin, ainsi que la présence de passage à gués⁴.

Afin de traverser la rivière à hauteur de Bayon, un pont de bois a été construit. Ce pont n'est pas représenté sur la carte de Cassini. Les habitants traversaient d'ailleurs la Moselle à l'aide d'un bac jusqu'au milieu du XIXème siècle.

Dans les années 1830 (cf. carte d'Etat Major, annexe 7), la Moselle était constituée d'un lit unique, parfois partagé en deux par la présence d'îles, son tracé restant malgré tout linéaire.

b. Les aménagements lourds du XIXème s

Les recherches historiques approfondies, notamment aux archives départementales de Meurthe et Moselle n'ont pas abouti à la découverte de plans anciens témoignant de l'implantation de contraintes majeures pouvant potentiellement impacter la libre divagation de la Moselle.

Outre les ponts de Bayon, ces travaux se résument à des simples protections de berges pour lesquelles on ne retrouve que très peu de vestiges.

➤ La traversée de la rivière au niveau de Bayon

La figure suivante date de 1878, on peut y observer la présence de deux ponts qui permettaient la traversée de la vallée. Sous le pont le plus à l'Est s'écoulait le lit principal de la rivière. Le plan laisse présager que le deuxième pont servait de passage de l'eau lors de crues.

⁴Gué : Endroit d'une rivière où l'eau est assez basse pour qu'on puisse la traverser en marchant.

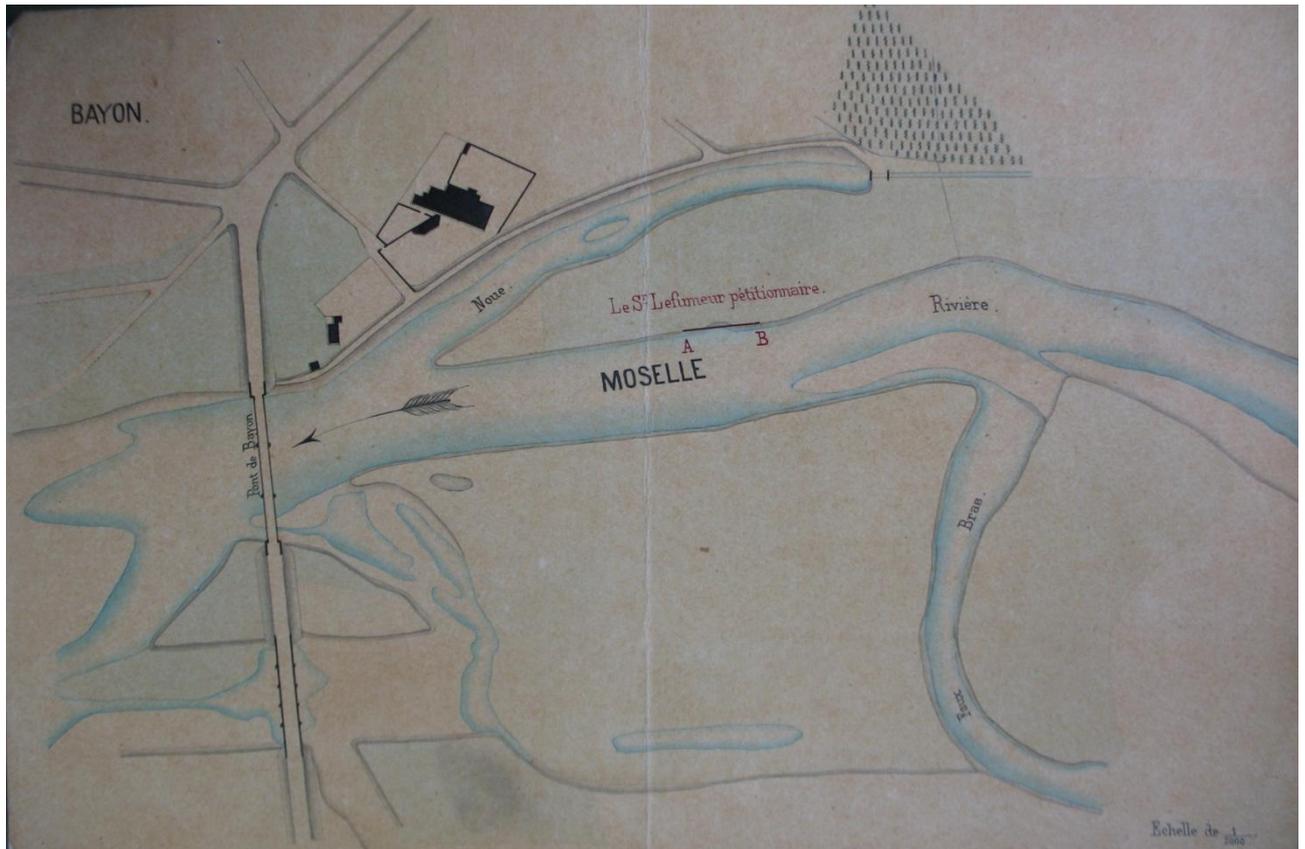


Fig.39 : La rivière an amont direct de Bayon. Plan extrait d'un rapport des Ponts et Chaussées. 1878. Archives départementales de Meurthe et Moselle.

➤ La protection des terrains par le biais de défense de rives.

La figure 39 est extraite d'un plan concernant une défense de rive d'un terrain privé. Le Sieur Lefumeur, propriétaire du terrain, demandait alors à l'époque de réparer un perré en amont du pont de Bayon, il ne s'agissait que d'une simple défense de rive, d'une longueur relativement faible (14m environ d'après le rapport d'ingénieur).

Parmi ces défenses de rives, on trouve également un perré qui longeait tout le talus en amont immédiat de Virecourt construit au XIX^{ème} s. par la compagnie des chemins de fer de l'Est. On en retrouve encore certains vestiges aujourd'hui.

c. L'évolution récente de la Moselle

Actuellement les gravières de Bayon rive gauche dont l'exploitation débuta dans les années 1970-80 ainsi que des enrochements rive droite afin de protéger le captage de Virecourt constituent les contraintes humaines majeures de ce secteur.

La libre divagation rive droite est également limitée par la présence d'un talus qui constitue une contrainte naturelle majeure.

Malgré le fait que la Moselle soit déprimée au pied de ce talus rocheux, elle n'en demeure pas moins active. Les différentes vues en plan nous montrent ainsi notamment l'apparition de deux méandres importants :

- Le premier en amont immédiat de Bayon, dont la trace est observable sur la photo aérienne de 1949 et dont le rayon de courbure était maximal dans les années 1900-1910. Ce méandre fut recoupé entre 1910 et 1949. Malgré cela, on observe une reprise de l'activité érosive vers l'Est comme en témoigne le lit de 1965. Les témoins du passage de la rivière ont désormais été effacés lors des extractions de granulats dans ce secteur.

- Le deuxième méandre, qui s'est formé plus récemment, est située à hauteur de Virecourt. Il a été recoupé à la suite des crues de 1983 (période de retour 20 ans, cf. partie I/B 2)



Fig.40 : la Moselle vue depuis Virecourt. Juillet 1980. Photographie M. et Mme Tacail.

La station pompage, construite initialement en lit majeur, se retrouve au bord même du lit par suite du recul de la berge.

La largeur du lit mineur était relativement importante à cet endroit. En aval de la station de pompage, elle était d'environ 225 mètres (G Maire et A Gobert, 1981).

C. Synthèse des éléments historiques de la portion.

A l'époque médiévale, la Moselle devait être relativement calme et navigable, d'anciens ports fluviaux (ex : Gripport) apparaissent dans le fond de la vallée. Les hommes n'avaient pas hésité à s'établir dans le fond de vallée, comme en témoigne le château de Charmes. A partir de 1550, les conditions climatiques se dégradent (Edelblutte S, 1997). L'augmentation des précipitations et la baisse des températures provoquent un changement de style fluvial de la Moselle. Un réseau de tresses s'établit alors entre Charmes et Bayon (cf. II.C.3). Les dégâts sont alors importants sur les constructions établies en fond de vallée lorsque le climat le permettait. Le moulin de Chaurupt fut d'ailleurs détruit en 1723 du fait de changement de lit de la rivière (Bonnefont J-C., Carcaud N., 1997). Les protections de berges à l'époque, à l'instar des barrages, étaient alors peu efficaces car faits que de fascines⁵ et de terre.

Le XIX^{ème} siècle est marqué par des aménagements majeurs qui ont bouleversé considérablement la libre divagation de la Moselle. Parmi ces aménagements, on observe notamment les travaux gigantesques des irrigateurs (notamment Pierre et Antoine Dutac, Sieur Naville, Binger et Bermont...). L'endiguement de la rivière, notamment sur le secteur Charmes/Chamagne permettaient, non seulement de sauvegarder les terres de la mobilité « destructrice » de la rivière, mais également de pouvoir construire des barrages, destinés à détourner l'eau de la rivière vers des canaux principaux d'irrigations. Des canaux secondaires permettaient de répartir l'eau sur différentes parcelles, ce qui assurait l'irrigation et la fertilisation des terrains graveleux, notamment par l'apport d'éléments fertiles, matière organique et argiles, que l'eau transporte. Des vestiges de ces canaux d'irrigations ainsi que des ouvrages (pertuis d'entrée d'eau, porte d'irrigation) relatifs à leur bon fonctionnement sont encore actuellement visibles.

Afin d'assurer la pérennité de ces améliorations, des digues (évoquées plus haut) sont construites entre le lit mineur et les prairies irriguées. D'autres protections de berges insubmersibles viendront défendre les constructions. C'est le cas notamment de la digue présente en amont du moulin de Chaurupt à Mangonville, encore actuellement en place.

Le XX^{ème} siècle est marqué par les extractions des granulats. Au début du siècle, les sables et graviers étaient alors extraits à la pelle et ne concernait que des quantités minimales, rarement plus de 200m³ par an et par commune, qui servaient à recouvrir les chemins communaux.

La reconstruction d'après guerre ainsi que l'exode rural des années 1950 /1960, et plus localement la construction de la déviation à quatre voies entre Nancy et Epinal qui débuta en 1973, entraîne une forte demande en granulats (nécessaire à la fabrication, entre autres, du béton et du bitume). D'abord en lit mineur, l'extraction de granulats se poursuit en lit majeur avec la création de vastes gravières.

L'impact de l'extraction en lit mineur⁶ sur la morphologie de la rivière a été présenté précédemment (cf. II C 2 b). L'incision du lit de la rivière suite à cette pratique d'extraction massive s'est accentuée avec la mise en place des gravières. En effet, le corsetage des berges, engendré par la protection de ces aménagements en enrochements, entraîne une accélération du courant de la rivière. Les matériaux sont donc plus facilement transportés vers l'aval.

Aujourd'hui, la portion Charmes/Gripport, ainsi que le secteur de Bayon sont affectés par ce type de contraintes. La dynamique de la Moselle est plus naturelle dans le tronçon Bainville/Virecourt.

⁵ Fascine : Fagot de branchages dont on se sert pour combler des fossés, réparer de mauvais chemins et faire des ouvrages de défense.

⁶ L'extraction en lit mineur a été interdite suite à l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994.

IV. Proposition d'ajustement du fuseau de mobilité sur la Moselle entre Charmes et Bayon

Dans son guide technique n°2, J-R. Malavoi propose une délimitation d'un fuseau de mobilité fonctionnel des rivières en 6 sous étapes, dont certaines sont optionnelles :

1. Approche par le concept d'amplitude d'équilibre,
2. Approche par la capacité de transport,
3. Approche géomorphologique de l'évolution historique,
4. Approche prévisionnelle des zones érodables à 50 ans,
5. Etapes de mise en communs du résultat croisé des approches précédentes, complétée par un diagnostic de la qualité écologique des milieux.
6. Approche socio-économique.

Pour Hydratec, le fuseau de mobilité fonctionnel est :

- Le fuseau de mobilité théorique dans les secteurs où il n'y a pas de contraintes anthropiques.
- Le fuseau prenant en compte ces contraintes sur les autres secteurs : le fuseau est alors tracé de telle façon que les contraintes anthropiques considérées soient à l'extérieur.

L'étude Hydratec de 1999 présente dans son atlas cartographique (cf. annexe) le fuseau de mobilité théorique représenté par deux graphismes différents :

- Le fuseau de mobilité théorique n'étant pas soumis à des contraintes anthropiques : un trait continu jaune et orange.
- Le fuseau de mobilité théorique sur un tronçon où le fuseau est soumis aux contraintes anthropiques : un trait continu jaune bordé d'un trait pointillé orange.

Ce fuseau théorique est cartographié d'après la méthode énoncée dans le guide technique n°2 du bassin RMC. Il est construit en prenant en considération 2 sous étapes majeures :

- La cartographie de l'amplitude historique.
- La cartographie de l'amplitude d'équilibre.

Les fuseaux cartographiés sont présentés sur l'enveloppe délimitant l'espace maximal mobilisable (EMAX)

Comme énoncé dans l'introduction, les secteurs étudiés par Hydratec en 1999 représentent un linéaire de 490 km de cours d'eau.

La portion de Moselle entre Charmes et Bayon présente la particularité d'être extrêmement mobile. Certains secteurs de défluviation actuels se trouvent hors du fuseau tracé par Hydratec. Un ajustement de ce tracé est donc envisageable.

A. Approche géomorphologique de l'évolution historique

1. L'espace de divagation historique : approfondissement de la méthode Hydratec

a. Rappel de la méthode utilisée par Hydratec

L'amplitude historique est déterminée essentiellement par analyse de documents cartographiques ou photographiques anciens.

Le document de référence étant le guide technique n°2 du bassin RMC, le parti a été pris de ne considérer que les derniers 150 ans environ. L'étude précise bien que des documents antérieurs, notamment la carte de Cassini de la 2^{nde} moitié du XVIII^{ème} siècle, n'ont pas une précision suffisante

en planimétrie pour être utilisées. C'est le cas également pour la carte des Naudin datant de la 1^{ère} moitié du XVIII^{ème} siècle ou de documents antérieurs (cf. III.A.2).

Trois séries de tracés ont été retenues et superposées sur une carte IGN au 1/25000^{ème} :

- La série correspondant sensiblement à la moitié du 19^{ème} siècle (cartes d'état major au 1/80000^{ème})
- Une série des années 50 au 1/25000^{ème}.
- La série la plus récente (IGN de 1994) au 1/25000^{ème}.

Ces séries de tracés historiques ont été superposées au moyen de calques, de logiciels de dessins, de système d'information géographique. Le résultat de cette approche et la visualisation des tracés anciens, est présenté sur l'annexe (cartographie Hydratec)

b. Approfondissement de la méthode Hydratec

➤ Sur les outils utilisés

Les logiciels de cartographie actuels sont plus performants que ceux utilisés il y a 10 ans. Par exemple, pour la superposition du tracé des cartes d'état major, la méthode utilisée par Hydratec a été de digitaliser directement le tracé des cours d'eau sur les photocopies en noir et blanc de cartes au 1/80000^{ème} fournies par l'IGN. Ce tracé a ensuite été agrandi au 1/25000^{ème}. Il en résulte de cette méthode une perte de précision par rapport à un géoréférencement et une digitalisation classique (cf. III .A.1).

Sur les séries de tracés retenues

Les tracés retenus par Hydratec (1830, 1950 et 1994) ont été judicieusement choisis pour l'étude de l'amplitude historique des différents cours d'eau. Une période relativement importante était alors couverte (plus de 150 ans).

De plus, les documents utilisés permettaient une cartographie rapide du tracé des différents cours d'eau. En effet, l'échelle des documents cartographiques utilisés, 1/25000^{ème} et 1/80000^{ème}, permet de travailler sur des tronçons importants avec un minimum de support.

Néanmoins, sur des secteurs très mobiles⁷ comme celui de la Moselle entre Charmes et Bayon, le manque d'information entre 1830 et 1950 ne permet pas de visualiser l'intégralité de l'évolution historique. Cette étude historique peut donc être affinée par l'utilisation d'un plus grand nombre de documents anciens.

Les séries de tracés retenues pour la présente étude, géoréférencés sur référentiel IGN au 1/25000^{ème} ou orthophotoplans de 2006 dont les lits ont été digitalisés sont :

- Lit 1830 : Levés de la carte d'Etat Major de 1830. échelle 1/40000^{ème}. IGN
- Lit 1870-80 : Diverses plans des Ponts et Chaussées. Échelle 1/10000^{ème}. Archives départementales de Meurthe et Moselle et des Vosges.
- Lit 1900-10 : Carte du service géographique de l'armée, 1908, Archives 54
Carte d'Etat major 1911, 1/80000^{ème}
- Lits 1949, 1965, 1994 : photographies aériennes, IGN
- Lit actuel : Orthophotoplans de 2006, IGN

Sur l'échelle des documents utilisés.

La méthode utilisée par Hydratec concernant l'approche géomorphologique historique est valable pour les grands cours d'eau (largeur supérieur à 15m), mais reste très imprécise pour les petits cours d'eau. Par exemple, 25m représente 1mm sur une carte au 1/25000^{ème} et 1/3 de mm au 1/80000^{ème}.

⁷ Pour rappel : le méandre le plus en aval de la sinuosité de Mangonville a subi une translation vers l'Ouest d'environ 100mètres entre 1994 et 2006, ce qui représente entre 8 et 10m par an

De plus, le cartographe de l'époque, afin d'améliorer la lisibilité de la carte au 1/80000^{ème} a pu volontairement amplifier la largeur des cours d'eau et des voies de communications. Ceci gêne considérablement l'interprétation de la carte ancienne.

Par exemple, sur la carte d'Etat major au 1/80000^{ème} de 1911 au niveau de Socourt (cf. fig.14), on peut observer que le lit est 3 fois plus large que lit actuel (150m contre 50m actuellement). Cette observation peut se faire également au niveau des voies de communication.

2. Cartographie de l'espace de divagation historique et ajustement

a. Méthode de cartographie de l'espace de divagation historique retenue

Les tracés digitalisés suite au géoréférencement des plans, cartes et photographies aériennes anciennes (méthode présentée en III.A.1) ont été superposés sur fond orthophotoplan de l'IGN datant de 2006. L'enveloppe externe de ces tracés sera définie comme l'espace de divagation historique.

Seuls les lits mineurs actifs au moment de la réalisation du document cartographiques ou photographiques historiques doivent être représentés (J-R. Malavoi, 1998). Cependant le choix à été fait pour cette étude de cartographier également les bras morts qui, de toute façon, ont été datés grâce à l'étude historique globale.

b. Ajustement de l'espace de divagation historique

Outre les différents tracés historiques, la création de nouveaux passages a également été prise en compte pour la délimitation de cette enveloppe. Des observations de terrains, pouvant être complétées par l'analyse de photographies obliques prises lors de crues, peuvent en effet nous informer sur les flux préférentiels d'eau en crue et donc le passage de la rivière dans un avenir proche.

Deux cas de figures peuvent apparaître :

1. Soit la zone de défluviation est comprise dans l'espace de divagation initiale (délimitée par les tracés du cours de la Moselle de 1830 à 2006)
2. Soit cette zone est hors de l'amplitude historique, auquel cas l'espace de divagation initiale sera ajusté.

1^{er} cas : zone de défluviation comprise dans l'espace de divagation historique initiale.

La figure 41 présente une de ces zones au niveau de Mangonville, à hauteur du moulin de Chaurupt. Ce secteur est un secteur d'accumulation de la charge sédimentaire dont le lit tend à l'exhaussement (cf. II.C.2). Des observations de terrains réalisées au mois de mars 2009 (cf. photos sur fig.41) ont permis de suivre cette défluviation qui tend à recouper la sinuosité de Mangonville dans sa totalité. Au moment de l'observation, le débit à Tonnoy était relativement peu élevé, de l'ordre de 150m³/s, ce qui représente trois fois le module.

Environ 200m après l'origine de la défluviation, les eaux de crues rejoignent (cf. photo 2) un canal qui sert de décharge du trop plein d'eau du canal d'amené du moulin de Chaurupt.

Sur ce secteur, on peut observer dans la prairie pâturée une dépression (cf. photo 4), probablement un vestige d'un ancien lit de la rivière. Ce témoin d'un ancien lit non daté n'a pas été inclus dans l'espace de divagation historique.

2^{ème} cas : zone de défluviation hors de l'espace de divagation historique, ajustement de l'enveloppe.

La figure 42 présente un secteur en aval des gravières de Griport. Lors de montée des eaux importantes, une défluviation se produit. L'eau s'écoule alors vers la forêt où elle emprunte des chenaux de crues, probablement des vestiges de drains d'irrigations. A certains endroits des traces d'érosion sont visibles, notamment dans les chenaux de crues qui tendent à se surcreuser.

A l'instar du grand court circuit actuel, cette situation peut évoluer jusque qu'à la création d'un bras secondaire de la Moselle dans un avenir proche. A cet endroit, l'ajustement de l'espace de divagation historique est donc envisageable.

c. La visualisation de l'évolution du style fluvial.

L'espace de divagation historique est présenté sur la figure suivante. La position des différents tracés nous permet de visualiser l'évolution du style fluvial.

La rivière présentait alors une dynamique se rapprochant du tressage dans le début du XIX^{ème} siècle dans la partie amont de Bainville. Ce secteur a subi un endiguement quasi généralisé entre Charmes et Gripport suite aux extractions de granulats et la création de gravières dans le lit majeur. Cet endiguement avait déjà débuté dans le milieu du XIX^{ème} siècle avec les aménagements lourds des frères Dutac et leurs travaux d'irrigation (cf. III.B).

La Moselle en aval de Bainville est restée « naturelle » depuis le début XIX^{ème} siècle. Peu de contraintes anthropiques majeures ont empêché la libre divagation de la rivière ces deux derniers siècles. On notera seulement la construction d'une digue de protection du moulin de Chaurupt à Mangonville (cf. III.B), qui semble t-il, a repoussé l'écoulement et initié le train de méandres visible actuellement. On notera également la présence du talus de Virecourt, contrainte naturelle majeure pour la libre divagation de la Moselle vers l'Est.

B. L'amplitude d'équilibre des rivières à méandres

1. Rappels du concept

Depuis plus de 50ans, des chercheurs (hydrauliciens ou géomorphologues) ont tenté d'établir des relations entre les paramètres géométriques du cours d'eau afin d'approcher la géométrie d'équilibre dynamique des lits fluviaux. Ainsi, ils ont pu établir une relation entre l'amplitude des sinuosités des rivières à méandres et la largeur de ces cours d'eau.

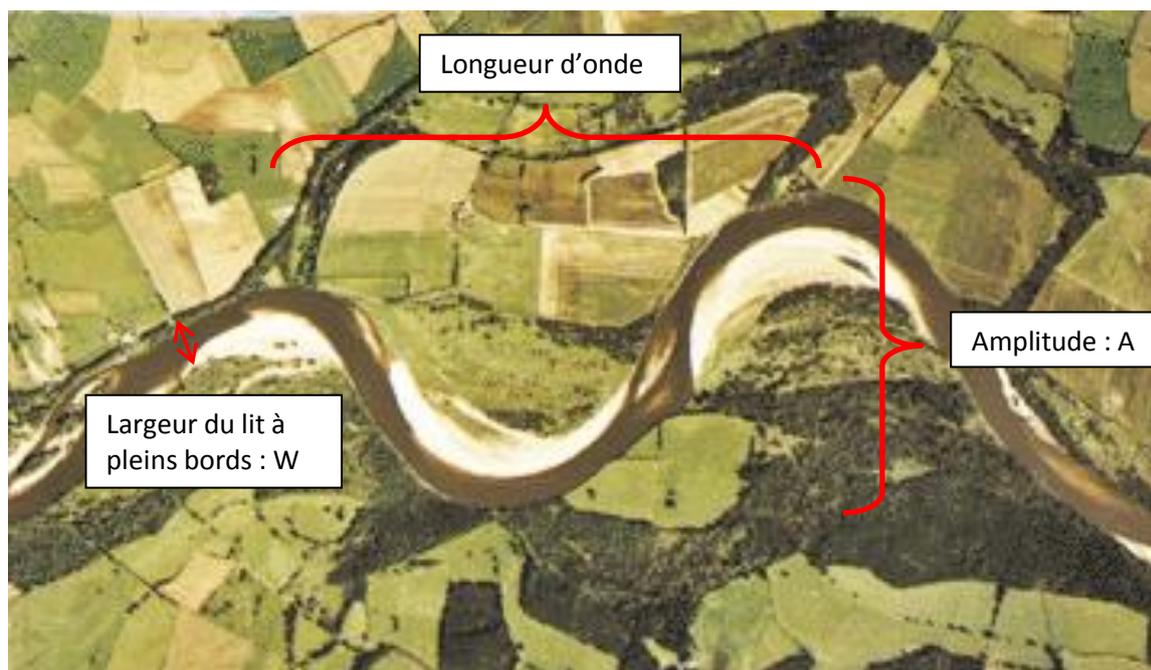


Fig.44 : Quelques paramètres géométriques d'un cours d'eau. Photographie tirée du guide technique n°2. J-R. Malvoï. Nov. 1998.

La géométrie d'équilibre probable des rivières peut, en complément de la cartographie de l'espace de divagation historique, être utilisée dans la définition d'un fuseau de mobilité théorique.

2. Méthode utilisée par Hydratec pour la cartographie de l'amplitude d'équilibre des rivières à méandres.

Une analyse bibliographique approfondie réalisée par Hydratec en 1999 sur la relation établie entre l'amplitude des sinuosités et la largeur du lit mineur, des résultats de mesures réalisées sur les secteurs d'études du bassin Rhin Meuse ainsi que d'une autre étude de cas concernant la Loire a permis de proposer une méthode pour la cartographie de l'amplitude d'équilibre.

Hydratec a alors retenu comme valeur théorique de l'amplitude d'équilibre $A=10W$ (A représente l'amplitude d'équilibre et W la largeur du lit à pleins bords).

Leur méthode de cartographie de l'amplitude d'équilibre était donc la suivante :

« Il suffit de délimiter de part et d'autre de l'axe du lit actif un fuseau d'une largeur totale égale à 10 fois la largeur du lit mineur. Le plus simple consiste à prendre le milieu du lit actif comme axe de symétrie et de reporter 5 fois la largeur de part et d'autre de l'axe.

NB : « Si des contraintes humaines majeures, dont on sait déjà qu'elles ne seront pas remises en question, limitent la dynamique fluviale sur l'une ou l'autre des berges, la différence d'amplitude est reportée sur l'autre berge. »

La largeur du lit mineur a été déterminée à partir des cartes au 1/25000^{ème} de 1994 par tronçon homogène. Le lit n'étant pas toujours régulier, c'est une largeur moyenne qui a été retenue pour chaque tronçon.

Le tableau ci-dessous est tiré du rapport d'études d'Hydratec de 1999. Ils présentent les caractéristiques de méandres «matures» ou au moins «convenablement formés» observés sur la Moselle.

| CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DE SINUOSITES DES SECTEURS D'ETUDE | | | | | |
|---|------------|----------------|------|------|-------|
| Rivières | N° Planche | Lieux | A(m) | W(m) | A/W |
| Moselle | 5 | Igney | 650 | 50 | 13,00 |
| | | Aval Chatel/M | 250 | 40 | 6,25 |
| | 6 | Aval Gripport | 300 | 45 | 6,60 |
| | 7 | Aval Bainville | 600 | 60 | 10,00 |
| | | Neuviller | 375 | 50 | 7,50 |

Fig.45 : Caractéristiques dimensionnelles de sinuosités des secteurs d'étude. Rapport Hydratec. 1999.

Le méandre en aval de Gripport présente une largeur du lit à pleins bords moyenne de 45m. La sinuosité aval de Bainville une largeur de 60m.

3. L'ajustement de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre.

Le fuseau de mobilité relève d'un principe de précaution à un instant t. Cependant, la mobilité de la Moselle induit des évolutions de ce fuseau.

Par conséquent, nous avons retracé l'amplitude d'équilibre de la Moselle sur la portion Charmes/Bayon en utilisant les données des sinuosités retenues par Hydratec. On considère la partie Charmes/Bainville comme homogène (secteur contraint cf fig. 10) et la partie Bainville/Bayon également homogène (secteur subnaturelle).

On considère donc : $W=45m$ pour le tronçon Charmes/Bainville
 $W=60m$ pour le tronçon Bainville/Bayon.

L'amplitude d'équilibre, tracé en prenant 5 fois la largeur du lit mineur de part et d'autre de l'axe du lit actif de la rivière en 2006 (date des orthophotoplan utilisées.), se superpose grossièrement au tracé de 1999 dessiné par Hydratec.

Néanmoins sur certains secteurs, de petites différences apparaissent.

La figure suivante (fig. 46) montre les différences entre le tracé Hydratec de 1999 et un essai de tracé actualisé.



Fig.46 : L'ajustement de l'amplitude d'équilibre Hydratec.

Pour rappel : Fuseau de mobilité théorique = Amplitude d'équilibre + espace de divagation historique.

Or, suite à la cartographie de ces deux enveloppes, Hydratec s'est rendu compte que sur la Moselle, l'espace de divagation historique était inclus dans l'amplitude d'équilibre. Ce qui signifie que le fuseau de mobilité théorique Hydratec 1999 = amplitude d'équilibre Hydratec 1999.

Les différences obtenues entre les deux tracés d'amplitude d'équilibre (vert cartographie basée sur le lit de 1994, et en rouge sur le lit de 2006) s'explique de deux façons :

1. Par une différence d'appréciation de la limite entre deux secteurs :

La ligne pointillée verte correspond à la limite déterminée en 1999 entre le tronçon homogène amont (dont la largeur moyenne du lit à pleins bords $W=45m$) et le tronçon homogène aval ($W=60m$). Elle coupe le point d'inflexion du premier méandre de la sinuosité de Mangonville.

La ligne pointillée rouge a été placée environ 300m en amont de la verte, peu avant la sinuosité de Mangonville. L'enveloppe d'amplitude d'équilibre qui en découle (amplitude d'équilibre essai en rouge) prend en compte une morte rive droite non incluse dans l'enveloppe Hydratec de 1999.

2. Par la mobilité du lit entre 1994 et 2006 :

Sur une rivière très mobile telle que la Moselle dans sa portion «sauvage», la position du lit peut évoluer rapidement (de l'ordre de 5 à 10m par an sur certains secteurs). Par conséquent les différences observées entre le tracé d'Hydratec de 1999 et l'essai de 2009 peuvent s'expliquer par la mobilité de la rivière entre 1994 et 2006. En théorie, si la rivière s'est décalée de 100m d'un côté ou de l'autre de la rivière, le fuseau nouvellement tracé doit s'accompagner également de la même translation latérale.

C. L'ajustement du fuseau de mobilité théorique d'Hydratec.

L'analyse historique approfondie sur le secteur de la Réserve Naturelle Régionale de la Vallée de la Moselle, ainsi que les remarques prises en compte sur l'amplitude d'équilibre au niveau de Mangonville, ont permis d'ajuster le fuseau de mobilité théorique de la rivière dessiné par Hydratec en 1999. Cet ajustement est présenté sur la figure suivante (Fig.47)

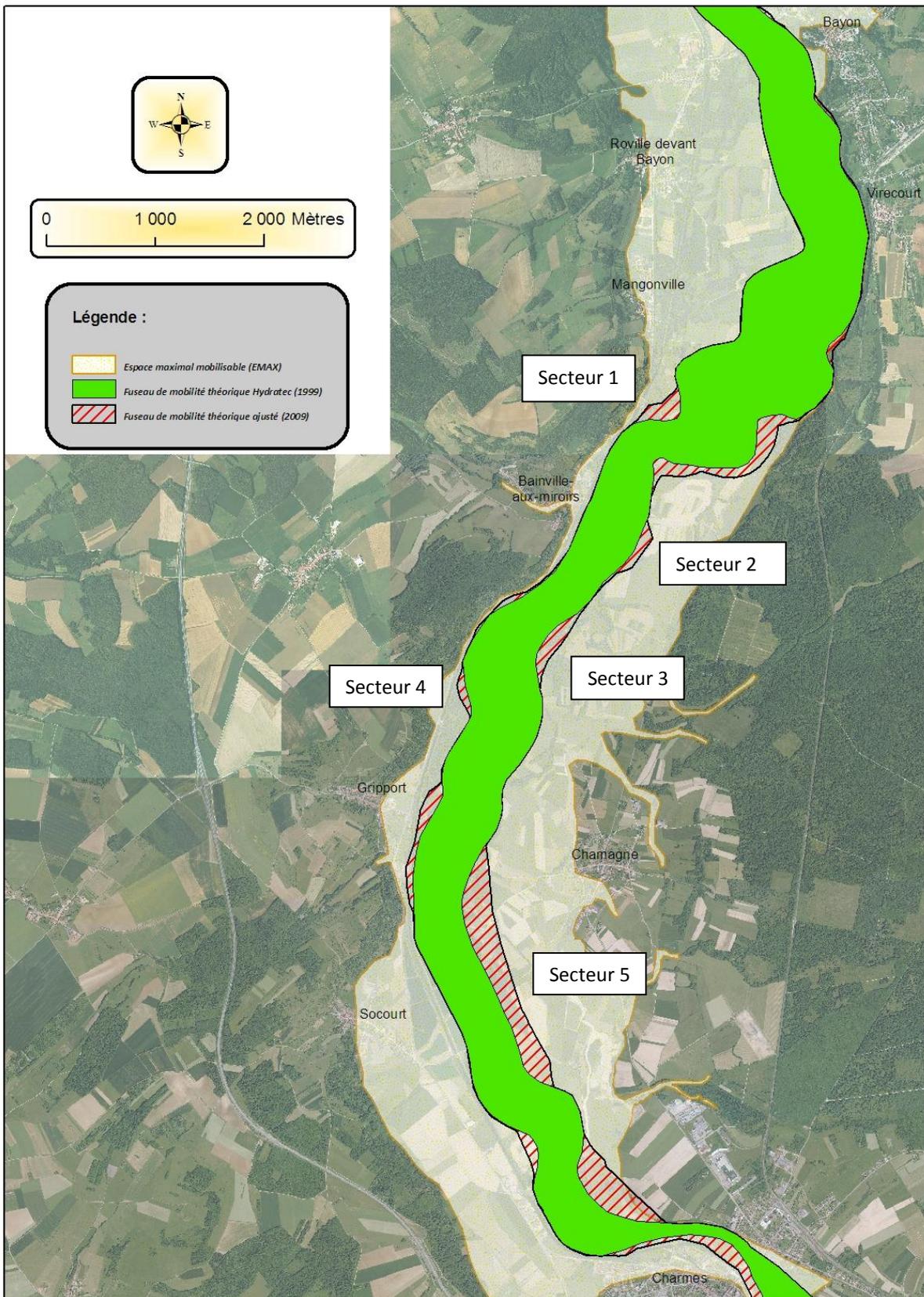
L'espace maximal mobilisable, ou espace de mobilité maximal (EMAX) a été représenté.

L'EMAX (cf. II.A.2.) permet de relativiser l'intensité des processus actuels d'érosion latérale par rapport à leur intensité au cours des derniers milliers d'années. En effet, le fuseau de mobilité théorique, même ajusté, balaye moins de la moitié (parfois moins de 1/3) de l'EMAX.

Globalement, du Nord au Sud, les grosses différences entre l'enveloppe de 1999 et l'enveloppe ajustée s'expliquent par :

1. Sur Mangonville : l'ajustement de l'amplitude d'équilibre complété par l'historique (rives droite et gauche)
2. Au Sud de Bingerville : le passage de la rivière en 1830 (rive droite)
3. Au niveau du grand court circuit (rive droite) : la prise en compte du passage de la rivière actuellement, appuyée par les tracés de la fin du XIX^{ème}. s.
4. En aval des gravières de Gripport : le passage à court terme de la rivière rive gauche
5. De Gripport à Charmes (rive droite et gauche) : l'analyse historique précise (passage de la rivière en 1830)

Fig. 47 : L'ajustement du fuseau de mobilité théorique.



D. La prise en compte des contraintes anthropiques actuelles

Le fuseau de mobilité ajusté présenté précédemment est théorique. Il ne prend pas en compte des contraintes qui ne peuvent être supprimées et qui tendent à fixer le lit mineur.

La Moselle sur le secteur de la RNR présente un caractère encore «sauvage», avec une dynamique de la rivière plus ou moins «naturelle». Néanmoins, ils existent des aménagements dans la vallée qui contraignent la libre divagation de la rivière. Certaines peuvent être remises en cause, d'autres non.

L'objectif de cette dernière partie sera d'analyser les différentes contraintes rencontrées sur la zone d'étude afin de délimiter l'enveloppe finale du fuseau de mobilité fonctionnel de la Moselle.

La cartographie de cette enveloppe finale se basera sur les données d'Hydratec de 1999, auxquelles viendront se greffer de nouvelles contraintes apparues depuis 1999.

1. Synthèse des contraintes anthropiques limitant potentiellement la mobilité de la Moselle

a. Classification des contraintes

D'après Hydratec, on peut classer ces contraintes en deux grandes catégories :

- Celles que l'on doit prendre en compte incontestablement :
 - Zones bâties : Zones urbaines, villages, hameaux, fermes,
 - Voies de communications majeures : routes nationales, départementales, voies ferrées, canaux. Ceci concerne les voies de communications elles même et leurs ouvrages (ponts).
- Celles dont la situation doit être examinée pour déterminer si on les prend en compte :
 - Voies de communications communales,
 - Barrages,
 - Captages (puits, champs captant)
 - Gravières et plan d'eau,
 - Pylônes EDF,
 - Canalisations (hydrocarbures, gaz, produits chimiques...)

b. Zones bâties et voies de communications

➤ Les zones bâties :

Pour les zones bâties le long de la rivière, la limite du fuseau de mobilité fonctionnel est tracé en longeant les zones bâties.

Pour les bâtiments éloignés de la rivière (généralement des bâtiments isolés), une distance de sécurité de l'ordre de 25m est prise en compte au droit des bâtiments.

Les voies de communication :

Pour les voies de communications transversales (traversées de la rivière), le fuseau de mobilité fonctionnel vient s'entourner sur le pont et s'élargit ensuite pour rejoindre le fuseau théorique en aval.

Le pont de Bainville est un cas particulier. En effet, un chenal activé en crue est situé rive droite. Ce chenal participe au bon fonctionnement dynamique de la rivière. Ce chenal pourrait être d'ailleurs encore plus activé en cas de contournement du barrage de Bainville (cf. problématique grand court circuit III.B.3). C'est pour cette raison que le fuseau de mobilité fonctionnel de 1999 englobe ce chenal.

Pour les voies de communications longitudinales, le fuseau de mobilité fonctionnel vient s'appuyer contre elles.

C'est le cas notamment du canal de l'Est sur le secteur d'étude. La construction de cette voie de communication majeure du début XX^{ème} siècle a en effet entraîné la déconnexion de certains bras de rivières (cf. III.B.2). Actuellement, la Moselle «bute» par endroit sur le canal, des enrochements maintiennent alors les berges (par exemple en amont du barrage de Bainville).

c. Le cas des barrages

Sur le secteur d'étude, seul le barrage de Bainville-aux-miroirs est encore présent. D'autres ouvrages construits antérieurement ont été détruits (cf. fig.21). Par conséquent, les barrages ne peuvent pas être considérés comme des points fixes du tracé du cours d'eau comme par exemple, le pont d'un axe routier majeur.

d. Les canalisations et captages AEP

Concernant ces contraintes, des études techniques et économiques pourraient être réalisées afin d'envisager le déplacement de la contrainte et ainsi l'extension du fuseau de mobilité fonctionnel. De plus, si une de ces contraintes arrête de fonctionner, le fuseau de mobilité fonctionnel serait alors le fuseau de mobilité théorique.

➤ Le cas des canalisations

Sur le secteur d'étude, un pipe line traverse la vallée. Le déplacement en plan de la rivière peut mettre en danger cette canalisation. Pour cette raison, cette canalisation est considérée comme un point dur. La mobilité de la rivière au droit de cette contrainte n'est pas admise.

➤ Le cas des captages.

Plusieurs captages sont présents sur le secteur d'étude (Virecourt, Mangonville, Chamagne...). Les captages présents dans le fuseau de mobilité théorique d'Hydratec sont considérés comme des points durs. Le fuseau de mobilité fonctionnel est donc tracé en laissant les captages en dehors du fuseau.

e. Les gravières et plans d'eau

L'extraction de granulats dans le lit mineur entraîne des phénomènes d'érosion progressive et régressive aboutissant à une incision du lit de la rivière. Cette incision modifie considérablement de régime hydrodynamique naturel de la rivière.

Outre ces extractions en lit mineur, le processus d'enfoncement du lit s'est poursuivi dans certains secteurs au niveau desquels des aménagements avaient été réalisés à proximité immédiate de la Moselle (par exemple les gravières). Les protections en enrochements de ces aménagements ont engendré un corsetage des berges de la rivière provoquant ainsi une accélération des écoulements et le déplacement des matériaux en aval.

Si les extractions en lit mineur ont cessé depuis une vingtaine d'années, elles se sont poursuivies et généralisées en lit majeur à l'exception du tronçon entre Bayon et Chamagne. Ce secteur a cependant subi les répercussions des extractions en amont et en aval (cf. II 2.)

La capture d'une rivière par une gravière entraîne un piégeage, partiel ou total, de la charge alluviale en charriage, ce qui peut générer une érosion progressive (vers l'aval). Ce phénomène peut causer certains dégâts (affouillement...) sur les ouvrages de franchissement situés à proximité de la gravière capturée.

Ainsi, selon Hydratec, les gravières de volume suffisamment important pour bloquer la charge alluviale en charriage doivent être exclues du fuseau de mobilité fonctionnel.

Sur la Moselle, le transport solide moyen annuel a été évalué à 30000m³. La surface d'une gravière de 3m de profondeur est de l'ordre d'un hectare seulement pour stocker cette charge. D'après Hydratec, une gravière de 1 à 2 ha est donc, pour la Moselle, une gravière de volume important vis-à-vis de son effet potentiel sur le transport solide.

La plupart des gravières doivent être exclues du fuseau de mobilité, que ce soit dans les secteurs à risques (proximité d'ouvrages de franchissement) ou loin des ouvrages à cause l'impact de la capture sur le transport solide et des phénomènes d'érosion liées.

2. L'ajustement du fuseau de mobilité fonctionnel (soumis aux contraintes anthropiques) d'Hydratec

Le fuseau tracé par Hydratec peut être ajusté, notamment du fait de l'intégration de nouvelles contraintes apparues entre 1999 et aujourd'hui, mais également en prenant en compte les ajustements réalisés sur le fuseau de mobilité théorique (cf. IV.C)

La figure 49 montre les différents tracés du fuseau de mobilité :

- **En jaune : le fuseau de mobilité théorique ajusté** (cf. fig. 47) : Il s'agit du fuseau de mobilité théorique Hydratec ajusté suite à une étude historique approfondie ainsi que la prise en compte de certaines remarques concernant la délimitation de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre .
- **En rouge : le fuseau de mobilité fonctionnel (soumis aux contraintes anthropiques) ajusté.** Il est tracé à partir du fuseau de mobilité théorique ajusté en prenant en compte les contraintes anthropiques qui existent dans ce fuseau de mobilité théorique.
NB : Si aucune contrainte n'est présente dans le fuseau théorique ajusté (en jaune), les fuseaux de mobilité théorique et fonctionnel (ajustés) seront superposés.
- **En bleu trait pointillé : le fuseau de mobilité fonctionnel (soumis aux contraintes anthropiques) dessiné par Hydratec en 1999.**

Sur différents secteurs (7 au total), le fuseau de mobilité fonctionnel (soumis à contraintes anthropiques) d'Hydratec a été ajusté.

Du Nord au Sud, ces secteurs correspondent à :

- **Secteur 1 :** En 1999, Hydratec n'a pas pris en compte une morte située en rive gauche de la Moselle à hauteur de Virecourt. Le fuseau de mobilité fonctionnel de 1999 recoupe alors cette morte, témoin du passage de la rivière dans les années 1980. Un ajustement est donc possible à cet endroit en contournant la morte et en rejoignant le tracé d'Hydratec, qui se détache de l'enveloppe de mobilité théorique du fait de la présence des gravières de Bayon, qui représentent une contrainte relativement importante (car nettement supérieures à 3ha, cf.IV.D.1.e)
- **Secteur 2 :** Sur ce secteur, le tracé du fuseau de mobilité fonctionnel a été tracé en prenant en considération plusieurs captages. Il s'agit des captages de Virecourt rive droite ainsi que ceux de Mangonville, rive gauche. Ces derniers sont postérieurs à l'étude Hydratec. Un des ces captages est inclus dans le fuseau de mobilité théorique. Par conséquent, ce captage est une contrainte qui permet d'ajuster le fuseau d'Hydratec.

- **Secteur 3 :** A ce niveau, la différence entre le trait jaune et le trait bleu pointillé s'explique par l'ajustement du fuseau théorique. En effet, aucune contrainte ne vient perturber la mobilité probable de la rivière, le fuseau de mobilité fonctionnel se superpose donc au fuseau de mobilité théorique.
Le moulin de Chaurupt peut apparaître comme une contrainte suite à l'ajustement du fuseau de mobilité théorique. Néanmoins, il se situe à une distance de 20m environ du nouveau tracé, distance de sécurité suffisante.
- **Secteur 4 :** Il s'agit du secteur de Bingerville. Cette propriété peut être une contrainte isolée. Cependant la contrainte prise en compte en 1999 est celle de la voie de communication transversale qui traverse la vallée et relie Bainville-aux-miroirs au lieu dit *Montauban*.
3 ponts sont alors disposés le long de cette route. Le fuseau de mobilité fonctionnel Hydratec pourrait venir s'entourner sous le plus à l'ouest, sous lequel coule la rivière. Mais le tracé de 1999 englobe également le pont du milieu, sous lequel passe un chenal activé en temps de crue.
L'ajustement à ce niveau a permis d'englober la totalité du chenal de crue en amont de ce pont, chenal que le tracé d'Hydratec recoupait.
- **Secteur 5 :** Sur ce secteur, à l'instar du secteur 3, la Moselle présente une dynamique sub-naturelle. La différence entre le fuseau fonctionnel ajusté et celui d'Hydratec s'explique uniquement par l'ajustement du fuseau de mobilité théorique. En rive droite, le grand court circuit a été inclus dans l'analyse historique. En rive gauche, en aval des gravières de Gripport, c'est l'observation de la création de nouveaux passages de l'eau, futures zones de défluviation probable, qui est à l'origine de l'extension de l'espace de mobilité théorique.
- **Secteur 6 :** En rive gauche de ce secteur, se trouvent les deux gravières de Gripport. La Moselle a été capturée suite à la crue de janvier 1995 par ces gravières. Comme nous le montre la photographie suivante.

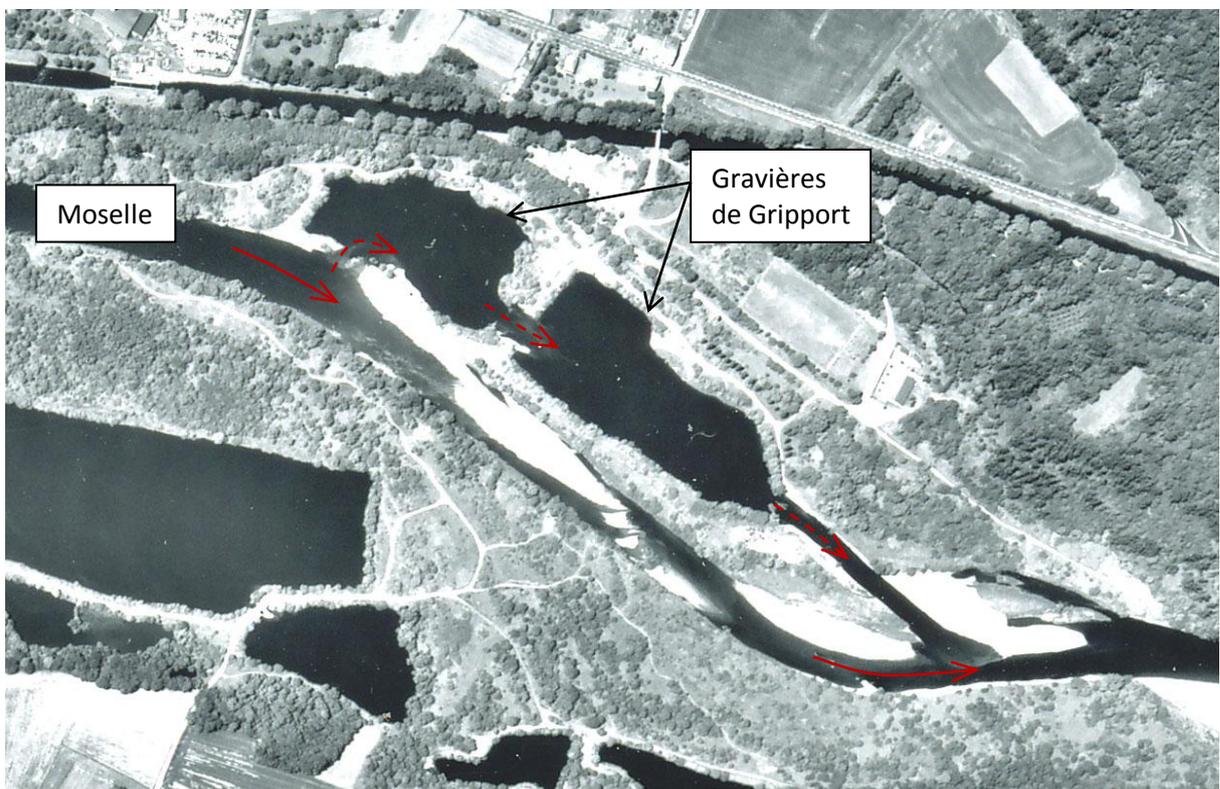


Fig.48 : La capture de la Moselle, 1995. Photographie tirée du rapport d'étude de juillet 2008 (Champalbert expertises, Hydro expertise).

Parmi les scénarios d'aménagement proposés dans le rapport d'étude de 1998 afin de réduire les problèmes provoqués par cette capture (piège de la charge en transit, érosion progressive...cf. IV.1.e), deux d'entre eux permettent de préserver la dynamique latérale du cours d'eau. Il s'agit du remblaiement partiel et du remblaiement important des plans d'eau.

Le fuseau de mobilité fonctionnel ajusté (rouge) sur ce secteur prend en compte ces aménagements. Le tracé d'Hydratec (bleu pointillé) avait considéré ces gravières comme contraignantes vis-à-vis de la libre divagation de la Moselle.

- **Secteur 7** : A hauteur de la ferme du Saulcy, en rive droite, le fuseau théorique d'Hydratec a été ajusté suite aux recherches historiques approfondies réalisées sur le secteur. A cet endroit, un projet d'exploitation de granulats est d'actualité. D'après l'étude d'impact (Bureau d'études Géologiques Appliquées à l'Environnement, octobre 2006), aucune gravière avec protections de berges contraignantes vis-à-vis de la libre divagation de la rivière n'est susceptible de voir le jour. Le projet de réaménagement final du site prévoit en effet de « réhabiliter le site en restaurant les pâtures extensives sous forme d'une mosaïque de prairies inondables, de zones humides et de mares temporaires... ». Ainsi, le fuseau jaune sera à prendre en considération.

V. Conclusion :

Pendant des décennies, les aménagements et extractions de granulats dans le lit mineur et majeur ont affecté le lit de la Moselle dans sa zone de piémont, notamment sur la zone d'étude, entre Charmes et Bayon. Une incision du lit est notamment responsable de dégâts importants, comme le déchaussement d'ouvrages d'arts (ponts, digues...) ou encore l'abaissement de la nappe alluviale, entraînant une déconnexion hydraulique des annexes de la rivière et une réduction de la ressource en eau potable.

Devant ce constat de l'enfoncement des lits fluviaux et de l'impossibilité d'une recharge en cas d'endiguement du lit mineur, est né le concept d'espace de liberté ou de mobilité des rivières. Ce concept de gestion des hydrosystèmes fluviaux s'applique aux cours d'eau à dynamique latérale ou potentiellement active. Il est défini comme étant l'« espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres ». (D'après SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse).

L'arrêté ministériel du 24 janvier 2001 stipule par ailleurs dans son article 2 que : « les exploitations de carrières de granulats sont interdites dans l'espace de mobilité du cours d'eau. ».

Dans ce contexte réglementaire nouveau, des études techniques ont été réalisées afin de définir un fuseau de mobilité des rivières.

En 1999, l'étude sur la « définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse » a été confiée à la société Hydratec. En se basant sur le guide technique n°2 du bassin RMC de 1998 intitulé « détermination de l'espace de liberté des cours d'eau », Hydratec a construit sa cartographie du fuseau de mobilité fonctionnel des rivières potentiellement mobile en prenant en compte :

- D'une part une méthode mathématique qu'est l'amplitude d'équilibre des rivières
- D'autre part une méthode basée sur des caractères objectifs qu'est l'analyse géomorphologique historique.
- Enfin la prise en compte des « points durs » pour finaliser le fuseau de mobilité fonctionnel.

Le document d'Hydratec a été la base de travail sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse depuis maintenant 10ans. Il est donc intéressant de le compléter.

La nouvelle rédaction du SDAGE propose des pistes de réflexion afin d'améliorer la connaissance des cours d'eau à lit mobile et ainsi, ajuster au mieux les fuseaux de mobilité fonctionnels. Il serait intéressant en effet de travailler sur la puissance spécifique des rivières ainsi que sur l'approfondissement de l'étude géomorphologique historique.

Sur le secteur d'étude :

- L'approche de la dynamique de la rivière par la puissance spécifique peut s'avérer infructueuse du fait des contraintes anthropiques en place (par exemple secteur contraint entre Charmes et Gripport.cf. partie II C 2 c).
- L'approche par une analyse historique approfondie nous a permis d'ajuster le fuseau de mobilité fonctionnel (avec ou sans prise en considération des contraintes anthropiques). En effet, le travail sur un petit tronçon (environ 20km de rivière), l'analyse d'un très grand nombre de documents anciens, couplés à des logiciels de cartographie performants nous a permis d'améliorer l'enveloppe dessinée en 1999.
- La délimitation des fuseaux de mobilité repose sur un principe de précaution à un temps t. Ainsi, sur le secteur de la Réserve Naturelle Régionale de la vallée de la Moselle, en 10 ans, certains éléments ont évolué :

- La mobilité de la rivière est à prendre en compte. Avec des taux d'érosion latérale de 10 m/an sur certains secteurs, il semble nécessaire de redélimiter le fuseau d'amplitude d'équilibre.
- De plus, des contraintes apparues entre 1999 et aujourd'hui sont également à intégrer si l'on veut ajuster au mieux le fuseau de mobilité fonctionnel final.

Et à l'avenir, d'autres enveloppes ?

Sur des secteurs à intérêts écologiques et économiques importants comme celui de la vallée de Moselle sauvage, il serait intéressant de proposer des enveloppes de gestion les plus larges possibles.

Par exemple, un des enjeux majeur est l'amélioration de la ressource en eau. La majeure partie des habitants de la ville de Nancy (préfecture de la Meurthe-et-Moselle) s'alimentent en eau potable à partir de l'eau de la Moselle. La zone de prélèvement de la CUGN (Communauté Urbaine du Grand Nancy) est située à Méréville, quelques kilomètres en aval de la zone d'étude. Des captages sont implantés directement au niveau du lit majeur de la portion étudiée (Mangonville, Virecourt...).

Des enveloppes de défense et de gestion de la ressource en eau potable peuvent être envisagées : Comme la conservation de zones végétalisées d'expansion des crues, qui, outre leur rôle de filtre des eaux de submersions, participent également à la rétention de sédiments fins, phénomène retardateur du colmatage des annexes hydrauliques de la rivière.

L'idéal serait d'étendre ces enveloppes de gestion à la totalité du fond de vallée, c'est-à-dire l'enveloppe défini comme étant l'EMAX (espace de mobilité maximal), correspondant aux alluvions récentes.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Fig.1 : Situation du secteur d'étude..... | 5 |
| Fig.2 : Délimitation de l'Espace de mobilité Maximal (EMAX)..... | 8 |
| Fig.3 : Caractéristiques hydrologiques principales de la Moselle aux stations d'Epinal et de Tonnoy. Données Banque HYDRO..... | 10 |
| Fig.4 : Evénement hydrologiques et repères hydrauliques de la période 2002/2004. (J Corbonnois et al.2006)..... | 11 |
| Fig.5 : Les méandres de Mangonville : Comparaison entre la crue de février 1990 et mars 1995..... | 12 |
| Fig.6 : Zone inondable centennale. (Q _{réf}).Secteur Gripport Chamagne/Bainville aux miroirs. Atlas Sogreah..... | 13 |
| Fig.7 : Le principe d'équilibre dynamique (d'après River banks Erosion US Army Corps of Engineers.1985)..... | 14 |
| Fig.8 : Etat du lit mineur de la Moselle. (J.Corbonnois et al. 2006)..... | 15 |
| Fig.9 : Photographie aérienne au niveau de Mangonville (54) (www.survoldefrance.fr/) | 16 |
| Fig.10 : Caractéristiques du lit mineur à la fin des années 1970 (J ;Corbonnois et al.2006)..... | 16 |
| Fig.11 : Evolution de la bande active de la Moselle entre 1975-77 et 2002 (J Corbonnois et al.2006)..... | 17 |
| Fig.12 : La puissance spécifique de la Moselle en 1979 .J Corbonnois, T Beck. 2002..... | 18 |
| Fig.13 : Extrait de la carte des Naudins (env.1730) Secteur Charmes/Bainville aux miroirs. Echelle 1/28880 ^{ème} . IGN..... | 19 |
| Fig. 14 : Ajustement d'une carte ancienne sur référentiel IGN, erreur RMS. Logiciel ArcGIS 9.3..... | 21 |
| Fig. 15 : La digitalisation du lit de la Moselle. Logiciel ArcGIS 9.3..... | 22 |
| Fig.16 : La carte de Lorraine et du Barrois à la fin du XVI ^{ème} siècle. Lithogravure de Nicolas Digout, Nancy. Sans date. Archives départementales de Meurthe et Moselle série Fi..... | 23 |
| Fig.17 : Extrait du tableau d'assemblage du cadastre Napoléonien de la commune de Bayon. 1824. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 24 |
| Fig.18 : Extrait de la carte d'Etat Major au 1/40000 ^{ème} aux environs de Bayon 1830. Source : IGN..... | 25 |
| Fig.19 : Carte du service géographique de l'armée Levés de 1903 révisé en 1908. Archives 54..... | 26 |
| Fig.20 : Extrait du livre « Les Vosges pittoresques et historiques » Charles Charton, 1862..... | 28 |
| Fig.21 : Les aménagements lourds du XIX ^{ème} siècle. Secteur Charmes..... | 29 |
| Fig.22 : photographie de la berge concave au niveau de la courbe aval de la double courbure..... | 30 |
| Fig.23 talus d'érosion au niveau de la ferme du Saulcy témoignant du passage récent de la Moselle..... | 30 |
| Fig.24 : Les aménagements lourds du XIX ^{ème} siècle. Secteur Chamagne Gripport..... | 32 |
| Fig.25 : Extrait du « rapport d'ingénieur sur la demande en autorisation de fermer un faux bras de Moselle présentée par la dame veuve Ferry, née Lallemand, propriétaire des usines de Gripport » Pont et Chaussées, 1861 (Archives départementales de M. et M.)..... | 33 |

| | |
|--|----------|
| Fig.26 : Extrait du « procès verbal de la visite des lieux de Gripport par l'ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées 13 aout 1846. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 33 |
| Fig.27 : extrait du plan parcellaire au 1/1000 ^{ème} de la commune de Gripport. Canal latéral de la Moselle. Pont et chaussées.1887. Archives départementales de M et M..... | 34 |
| Fig.28 : Extrait d'un plan aquarelle daté des années 1830 présentant le barrage de Bainville. M. et Mme Enel, com. pers..... | 35 |
| Fig.29 : Réparations du barrage usinier de Bainville aux miroirs. D'après rapport des Ponts et Chaussées. 1876. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 36 |
| Fig.30 : Le pont de Bainville. Extrait d'un plan des Ponts et Chaussées concernant la réparation d'une défense de rive. 1878. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 37 |
| Fig.31 : Les aménagements lourds du XIXème siècle. Secteur Bainville aux miroirs..... | 38 |
| Fig.32 : Département de la Meurthe, extrait de la carte topographique de la France, carte d'Etat major au 1/80000 ^{ème} .1839. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 39 |
| Fig.33 : L'entrée du canal principal d'irrigation de Mr Binger. Extrait de plan des Ponts et Chaussées.1875. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 40 |
| Fig.34 : Extrait d'un rapport d'ingénieur des Ponts et Chaussées relatif à l'extraction de gravier à Bainville.1875. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 41 |
| Fig.35 : extrait du plan parcellaire au 1/1000 ^{ème} de la commune de Bainville. Canal latéral de la Moselle. Pont et chaussées.1887. Archives départementales de M et M. | 42 |
| Fig.36 : Digue de défense à Mangonville. Extrait d'un plan issu d'un rapport des Ponts et Chaussées. 1877. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 44 |
| Fig.37 : Demande de réparation d'une protection de rives au niveau de Mangonville. Extrait de plan de Ponts et Chaussées. 1880. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 45 |
| Fig.38 : Les aménagements lourds du XIXème siècle. Secteur Mangonville..... | 46 |
| Fig.39 : La rivière an amont direct de Bayon. Plan extrait d'un rapport des Ponts et Chaussées. 1878. Archives départementales de Meurthe et Moselle..... | 48 |
| Fig.40 : La Moselle vue depuis Virecourt. Juillet 1980. Photographie M. et Mme Tacail..... | 49 |
| Fig.41 : Zone de défluviation au niveau de Mangonville..... | 54 |
| Fig.42 : Zone de défluviation au niveau de Gripport..... | 55 |
| Fig.43 : L'espace de divagation historique..... | 57-58-59 |
| Fig.44 : Quelques paramètres géométriques d'un cours d'eau. Photographie tirée du guide technique n°2. J-R Malavoi. Nov. 1998..... | 60 |
| Fig.45 : Caractéristiques dimensionnelles de sinuosités des secteurs d'étude. Rapport Hydratec. 1999..... | 61 |
| Fig.46 : L'ajustement de l'amplitude d'équilibre Hydratec..... | 62 |
| Fig.47 : L'ajustement du fuseau de mobilité théorique..... | 64 |
| Fig.48 : La capture de la Moselle, 1995. Photographie tirée du rapport d'étude de juillet 2008(Champalbert expertises, Hydro expertise)..... | 68 |
| Fig.49 : L'ajustement du fuseau de mobilité fonctionnel (soumis à contraintes anthropiques)..... | 70-71 |

Bibliographie

Ouvrages, articles, revues :

- Agence de l'eau Rhin Meuse, 1998. Typologie des cours d'eau du bassin Rhin Meuse.
- Arrondissement de l'eau, cellule «rivière et zones inondables», Juin 1996. Entretien et restauration des rivières domaniales. Navigations du Nord Est
- Bassin Rhône Méditerranée Corse, Novembre 1998. Guide technique N°2 Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. 36p+ annexes.
- Beck T., Corbonnois J. Les différents états du lit mineur de la Moselle entre Epinal et Méréville, étapes de la reconstruction d'un nouvel équilibre. *Centre d'études géographique de l'Université de Metz*. 6p+ figures.
- Bonnefont J-C, Carcaud N. 1997. Le comportement morphodynamique de la Moselle avant ses aménagements. *Géomorphologie*, volume 3, Numéro 4, p. 339-353
- Bravard J-P, Petit F. 1997. Les cours d'eau, Dynamique du système fluvial. Editions Armand Colin/Masson.191p.
- Conservatoire des sites Lorrains. Janvier 2008. Bulletin d'information n°51, spécial vallées alluviales.
- Conservatoire des sites Lorrains. Plan de gestion 2003-2009, sites naturels protégé des méandres de la Moselle. 47p + annexes.
- Corbonnois J en collaboration avec Thierry Beck, Loris Giovannacci, Thomas Jacquemot, et Bruno Winkel, Novembre 2006. L'érosion fluviale de cours d'eau Lorrains, d'origine vosgienne : Moselle, Meurthe, Vezouze, Mortagne, Sarre. Rapport final + condensé des résultats principaux. Centres d'études géographiques de l'université de Metz.141p
- Corbonnois J. et al. Fonctionnement des fonds alluviaux de rivières lorraines. 6p
- Dupouey J-L., Bachacou J, Cosserat R., Aberdam S., Vallauri D, Chappart G., Corvisier de Villèle M-A.2007. Vers la réalisation d'une carte géoréférencée des forêts anciennes de France. *Le monde des cartes*, 191, 85-98.
- Koerner W, Dupouey J-L., Buisson-Delandre A., Bachacou J., Bienaimé E., Riéla R, Corvisier de Villèle M-A., Gloersen E., 2003. De la carte des Naudin à la carte IGN : Précision et déformations spatiales de la feuille de Nancy. In « Les Naudin entre Meuse et Vosges », Médiathèque du Pontiffroy, Metz, 47-56.
- La nappe alluviale de la Moselle : un patrimoine pour le département (DDAF 54, agence de l'eau Rhin Meuse janvier 1991). 16 p+annexes
- Maire G., Corbonnois J., 2000 : Evolution morpho dynamique récente de la Moselle entre Charmes et Bayon. Diagnostic de l'état actuel du lit, choix d'un type de gestion de l'espace fluvial. *Géocarrefour*, 75/4, p.305-315
- Malavoï J-R et al. Nov 1998. Guide technique n°2 «Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau» Bassin Rhône Méditerranée Corse.35p.
- Synthèse technique sur la vallée de la Moselle, Conseil Général de Meurthe et Moselle, document provisoire.

- Zones humides Infos, N°51,52 1^{er} et 2^{eme} trimestres 2006. 39p

Thèses, mémoires, rapports d'études :

- B.C.E.O.M, Agence de l'Est, mars 1981. Stabilisation du lit de la Moselle entre Epinal et Neuves-Maisons. 43p. + cartographie.
- B.G.A.E. Octobre 2006. Demande d'autorisation d'installations classées. Extension de carrière alluvionnaire à Charmes et Chamagne. Etude d'impact sur l'environnement. SRDE.159p. + annexes.
- Beture Setame Est, Septembre 1991 : Etude d'aménagement de la Moselle entre Bayon et Gripport. Service de la navigation. 91 p.
- Bourlier L. Aménagement et protection de la moyenne Moselle entre Charmes et Bayon. Rapport de stage à l'arrondissement de l'Eau de la navigation du Nord Est.
- Bouyer D, Claus J, Lecacher Sophie. Mars 2004. Inventaire et caractéristiques des gravières dans le secteur Epinal-Neuves-Maisons. Rapport de DESS. Université de Metz.42p. + annexes.
- Champalbert expertises, Hydro expertise. 2008 Rapport d'étude. Capture de plan d'eau, application au site de Gripport. URPG, Agence de l'eau Rhin Meuse. 102p.
- Ecosphère. Sept 2002 : Aménagement écologique des carrières en eau. Guide pratique. Comité National de la Charte Professionnelle de l'Industrie des Granulats. 195p.
- Edelblutte S. 1997. Paysages et organisation de l'espace en Lorraine (La vallée de la Moselle d'Epinal à Neuves-Maisons). Université Nancy 2. Thèse. 495p.
- Edelblutte S. 2000 : «Logique d'exploitation ou logique de protection» dans la vallée de la moyenne Moselle. Le paysage révélateur des conflits spatiaux liés à l'extraction des alluvions. Géocarrefour, 75/4, p.293-304
- HYDRATEC, Malavoi J-R. et Ecolor. 1999. Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse. Document AERM / DIREN. 75p + dossier cartographique.
- Hydratec. Mai 2002, Définition des espaces de mobilité des cours d'eau dans le secteur de la Bassée. UNICEM
- Jacquot P. 1998. La Moselle : approche de la dynamique du cours d'eau entre Châtel et Flavigny. Rapport de stage. Navigation du Nord Est, Arrondissement de l'eau.59p.
- Jacquot. P.Juin. 1998. L'évolution récente de la Moselle et des paysages de fond de vallée. Mémoires de maîtrise de géographie, U.F.R Science historique et géographique, Université Nancy 2, 125p. + annexes.
- Stern B. 1998. Approche des caractéristiques morphodynamiques de la Moselle entre Langley et Velle. Mémoire de Maitrise. Université Louis Pasteur Strasbourg.67p. +annexes.

Table des matières

| | | |
|------|---|----|
| I. | Introduction Générale..... | 3 |
| II. | Les caractéristiques générales de la rivière et de son bassin versant..... | 7 |
| A. | Les caractéristiques topographiques et géologiques..... | 7 |
| 1. | La géologie du bassin versant (origine de l'apport solide) | 7 |
| a. | A l'amont d'Epinal :..... | 7 |
| b. | A l'aval d'Epinal. | 7 |
| 2. | Délimitation de l'espace de mobilité maximal (EMAX) | 7 |
| a. | Concepts..... | 7 |
| b. | Méthode de cartographie | 7 |
| B. | Les caractéristiques hydrologiques de la rivière et de son bassin versant..... | 9 |
| 1. | L'hydrologie du bassin versant..... | 9 |
| 2. | L'hydrologie de la rivière entre Epinal et Tonnoy | 9 |
| C. | La dynamique fluviale de la Moselle. | 13 |
| 1. | La notion d'équilibre dynamique des rivières..... | 13 |
| 2. | La dynamique de la rivière Moselle sur le secteur d'étude | 15 |
| a. | Etat et dynamique actuelle du lit mineur (d'après les travaux du CEGUM Nov. 2006)..... | 15 |
| b. | L'impact des extractions en lit mineur sur la morphologie de la rivière. | 16 |
| c. | L'apport de la puissance spécifique dans la caractérisation du style fluvial..... | 17 |
| 3. | D'un style fluvial à un autre. | 19 |
| III. | Recensement des témoins de passage de la rivière et des aménagements historiques sur la Moselle | 20 |
| A. | La méthode de cartographie des lits anciens | 20 |
| 1. | Le géoréférencement et digitalisation, principe et degré de précision | 20 |
| a. | Principe du géoréférencement..... | 20 |
| b. | Etapes du géoréférencement..... | 20 |
| c. | La digitalisation des lits..... | 22 |
| d. | Les cartes et photographies aériennes anciennes et récentes, avantages et limites | 22 |

| | | |
|----|---|----|
| 2. | Présentation des documents cartographiques | 23 |
| a. | L'apport de la carte des Naudins | 23 |
| b. | La carte de Cassini | 24 |
| c. | Les cadastres Napoléoniens | 24 |
| d. | Les cartes d'Etat major | 25 |
| e. | Les plans anciens du service des Ponts et Chaussées..... | 25 |
| f. | Les cartes du Service Géographique de l'Armée et l'Institut Géographique National | 26 |
| g. | Les photos aériennes anciennes et récentes. | 26 |
| B. | L'histoire de la vallée de la Moselle entre Charmes et Bayon | 27 |
| 1. | Le secteur Charmes | 27 |
| a. | L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème siècle | 27 |
| b. | Les aménagements lourds du XIXème siècle. | 28 |
| c. | La double courbure du tronçon..... | 30 |
| d. | La dynamique contrainte au Nord du tronçon..... | 30 |
| 2. | Le secteur Chamagne Gripport | 31 |
| a. | Un secteur actuellement endigué | 31 |
| b. | L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème siècle..... | 31 |
| c. | Les aménagements lourds du XIXème siècle | 31 |
| d. | La construction du canal de l'Est et la déconnection de certains bras | 33 |
| e. | Un aspect plus « naturel » au Nord du tronçon | 34 |
| 3. | Le secteur Bainville-aux-miroirs | 34 |
| a. | L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème siècle | 34 |
| b. | Les aménagements lourds du XIXème siècle | 36 |
| c. | La construction du canal de l'Est | 41 |
| d. | L'évolution récente de la Moselle | 43 |
| 4. | Le secteur de Mangonville | 43 |
| a. | L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème s | 43 |
| b. | Les aménagements lourds du XIXème siècle | 44 |
| c. | L'évolution récente de la Moselle | 47 |
| 5. | Le secteur Virecourt Bayon | 47 |
| a. | L'histoire du secteur avant les aménagements lourds du XIXème s | 47 |
| b. | Les aménagements lourds du XIXème s..... | 47 |
| c. | L'évolution récente de la Moselle | 48 |
| C. | Synthèse des éléments historiques de la portion..... | 50 |

| | |
|---|----|
| IV. Proposition d’ajustement du fuseau de mobilité sur la Moselle entre Charmes et Bayon. | 51 |
| A. Approche géomorphologique de l’évolution historique. | 51 |
| 1. L’espace de divagation historique : approfondissement de la méthode Hydratec..... | 51 |
| a. Rappel de la méthode utilisée par Hydratec..... | 51 |
| b. Approfondissement de la méthode Hydratec..... | 52 |
| 2. Cartographie de l’espace de divagation historique et ajustement. | 53 |
| a. Méthode de cartographie de l’espace de divagation historique retenue. | 53 |
| b. Ajustement de l’espace de divagation historique. | 53 |
| c. La visualisation de l’évolution du style fluvial. | 56 |
| B. L’amplitude d’équilibre des rivières à méandres..... | 60 |
| 1. Rappels du concept | 60 |
| 2. Méthode utilisée par Hydratec pour la cartographie de l’amplitude d’équilibre des rivières à méandres..... | 60 |
| 3. L’ajustement de l’enveloppe d’amplitude d’équilibre. | 61 |
| C. L’ajustement du fuseau de mobilité théorique d’Hydratec..... | 63 |
| D. La prise en compte des contraintes anthropiques actuelles. | 65 |
| 1. Synthèse des contraintes anthropiques limitant potentiellement la mobilité de la Moselle. | 65 |
| a. Classification des contraintes..... | 65 |
| b. Zones bâties et voies de communications. | 65 |
| c. Le cas des barrages. | 66 |
| d. Les canalisations et captages AEP | 66 |
| e. Les gravières et plans d’eau. | 66 |
| 2. L’ajustement du fuseau de mobilité fonctionnel (soumis aux contraintes anthropiques) d’Hydratec | 67 |
| V. Conclusion :..... | 72 |