

**PiREN
Seine**



ArchISEINE : une approche géohistorique du bassin de la **Seine**

ArchISEINE : une approche géohistorique du bassin de la Seine

Sous la direction de :

Laurence Lestel^[1], David Eschbach^{[1][2]}, Ronan Steinmann^[1], Nadine Gastaldi^[3]

Avec la participation de :

**Simona Georgescu^[1], Pierre Alexandre^[1], Julie Davodet^[1], Juliette Audet^[1], Fabiola Lozano^[1],
Annie Dumont^[4], François Boyer, Joséphine Rouillard, Alexandre Galibert^[1], Aurélien Baro^[1],
Alexandre Brault^[1], Christophe Bonnet^[1], Philippe Marty^[1]**



Sommaire

INTRODUCTION

6

CHAPITRE 1 : La ressource en cartes

8

1. Le contexte de création des cartes des rivières du bassin de la Seine 10
2. Le recensement des cartes historiques 11
3. Les caractéristiques du fonds récolté 14
4. La représentation graphique des objets techniques relatifs à la rivière 18

CHAPITRE 2 : La mise à disposition des cartes

22

1. La numérisation et le géoréférencement des cartes 24
2. La présentation en ligne pour un accès large 25
3. Les expositions virtuelles : un accompagnement pour la compréhension des cartes 26

CHAPITRE 3 : Reconstruire l'histoire des cours d'eau à l'aide des cartes et plans anciens 30

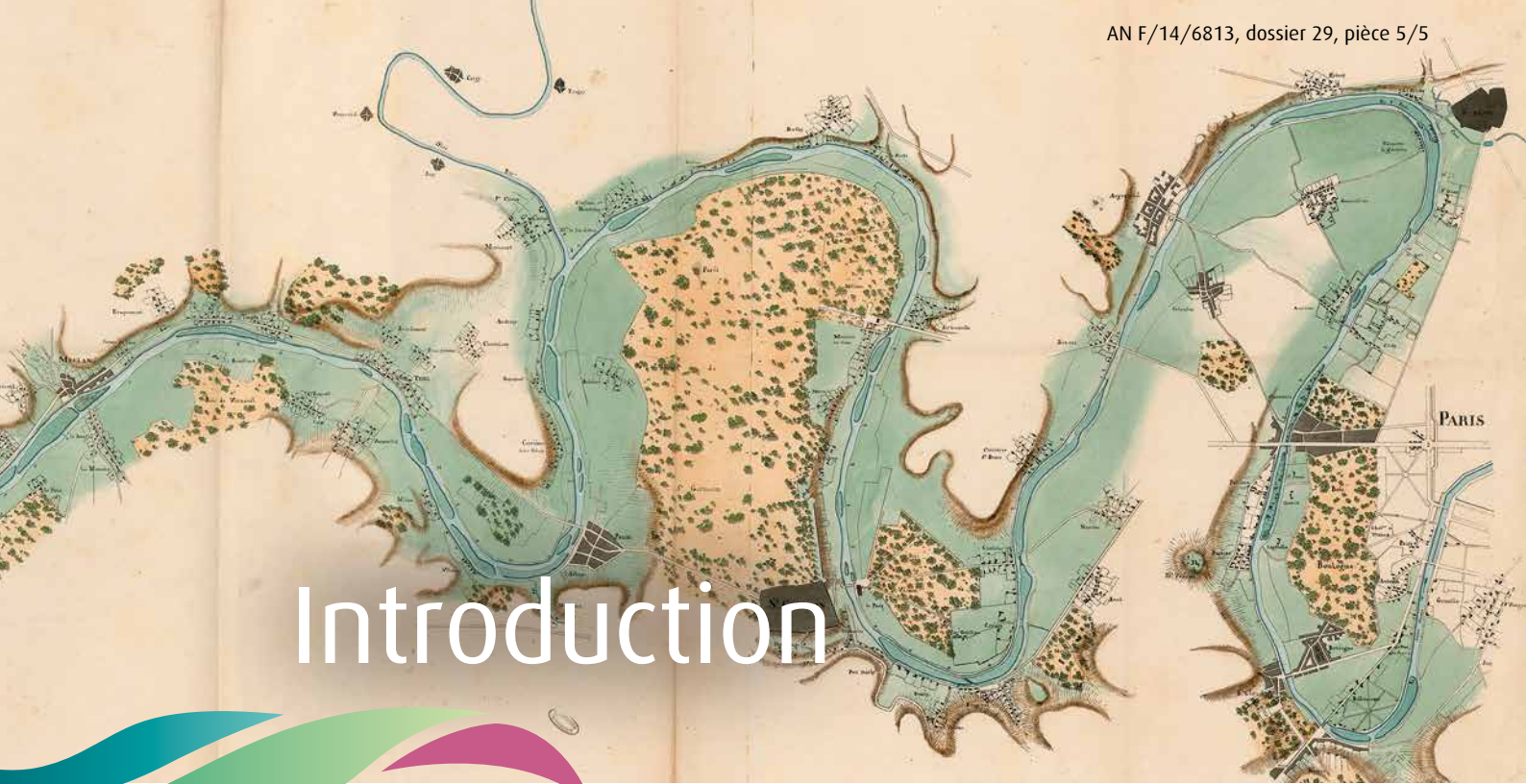
1. La disparition des îles de la Seine 32
 - Typologie des modifications 32
 - Évolution des usages des îles 37
2. L'évolution historique de la Seine dans le secteur de la Bassée aval 40
 - Site d'étude 40
 - Histoire des aménagements 41
 - Sources documentaires anciennes 42
 - Utiliser les sources anciennes pour reconstruire les évolutions morphologiques passées 46
 - Que nous enseigne l'analyse des paramètres morphométriques ? 50
 - Quelles informations supplémentaires nous apportent les profils en long ? 51
3. Conclusion 54

CONCLUSION GÉNÉRALE 56

Références 57

Glossaire 60

Sigles 62



Introduction

ArchISEINE est un projet du PIREN-Seine né de la volonté de décrire l'évolution du territoire du bassin de la Seine en tenant compte des pressions anthropiques exercées depuis le XIX^e siècle. Les évolutions territoriales étudiées ici sont celles du système fluvial dont l'évolution est retracée grâce à un corpus de cartes et documents anciens collectés dans le cadre de ce projet.

De nombreuses études ont été menées par des archéologues, des géographes ou des géomorphologues pour comprendre l'histoire des paysages (Chouquer, 2007) et l'évolution des systèmes fluviaux (Amoros et Petts, 1996 ; Bravard et Piegay ; 2000). Plus spécifiquement, on peut citer les travaux menés sur la Loire (Burnouf et Carcaud, 2000), la Seine (Bravard, 2000 ; Lescure *et al.*, 2011) ou encore le Rhône (Fruget et Dessaix, 2003). L'arrivée de nouveaux outils et notamment le Système d'Information Géographique (SIG) a permis de renforcer ces approches en favorisant le croisement des données spatiales et temporelles (Noizet, 2006 ; Arnaud, 2008 ; Robert, 2011), donnant lieu à des réflexions méthodologiques pour utiliser au mieux les potentialités de cet outil (Jacob-Rousseau, 2009 ; Jacob, 2010).

Dans son ouvrage « *La carte avant les cartographes* », Nicolas Verdier (2015) montre que la carte n'a pas toujours été considérée comme indispensable pour décrire un territoire. Ainsi, sous l'Ancien Régime, les feudistes peuvent constituer les terriers permettant d'établir les droits seigneuriaux sans

recourir à une représentation graphique. Mais au XVIII^e siècle, l'usage de la carte s'est considérablement répandu. Elle est devenue un support essentiel à la compréhension du territoire et de son évolution, mais aussi un instrument stratégique et géopolitique indispensable (Harley *et al.*, 1995). L'avènement de la carte en France est lié à la création de l'Académie des Sciences par Colbert en 1666. Des méthodes cartographiques précises ont été développées. La triangulation est née sous l'égide de Jean Picard ainsi que de la célèbre dynastie du géographe Jean-Dominique Cassini qui a procédé à la couverture cartographique de la France dans son ensemble. Au XVIII^e siècle, la création de l'École des Ponts et Chaussées permet la formation pratique des élèves qui ont dans leur cursus l'obligation de participer au levé de la carte du Royaume. Progressivement, les fonctions de la carte évoluent et passent du statut d'objet à celui d'outil, utile aux projets d'aménagement d'un territoire et nécessaire à la prise de décision. Il s'agit d'une « *mutation profonde de la cartographie. [...] Pour les ingénieurs des Ponts et Chaussées du XVIII^e siècle, [...] faire une carte c'est en partie résoudre la question* » (Verdier, 2009).

L'origine des fonds cartographiques étudiés ici provient de l'intérêt des ingénieurs des Ponts et Chaussées à représenter aussi bien les routes et les ponts que les rivières, dont ils ont la charge de l'aménagement.

Cet intérêt pour la représentation cartographique des cours d'eau est aujourd'hui encore au cœur des questions d'aménagement et de gestion des territoires. En 2015, une instruction du gouvernement demandait aux services de l'État d'établir une cartographie complète des parties du réseau hydrographique qui doivent être considérées comme des cours d'eau. Cette demande place la carte comme auxiliaire de décisions judiciaires, puisque son but est de distinguer les cours d'eau — soumis aux obligations de protection au titre de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE, 2000) — des fossés, non contraints à ces mêmes obligations.

Le projet ArchiSEINE quant à lui ne cherche pas ici à étudier comment les cartes ont été appropriées par les autorités, ni comment elles sont utilisées pour appuyer des politiques, ou encore dans quelles conditions elles ont été levées. Ce fascicule s'intéresse à la manière dont la carte ancienne peut être mobilisée pour, en premier lieu, caractériser l'état d'un milieu à un moment donné, état qui, à ce temps « t », intègre les héritages des dynamiques passées. La comparaison de cartes de différentes périodes permet ensuite de reconstruire la trajectoire des rivières du bassin de la Seine, tenant compte à la fois des évolutions spatiales, temporelles, et des changements impulsés par l'homme. Cette démarche diachronique caractéristique des approches géohistoriques s'intègre dans la continuité des travaux pionniers de Braga et Gervasoni sur le Po (1989), ou ceux plus récents de Hohensinner *et al.*, sur le Danube (2013) d'utilisation de cartes anciennes pour reconstituer l'évolution de ces fleuves.

Le fascicule comprend trois parties. La première décrit le corpus de sources utilisées, sa constitution et ses caractéristiques. La deuxième expose la manière dont les cartes anciennes sont traitées et présentées au public sur un site web dédié. La troisième donne deux exemples d'utilisation des cartes anciennes pointant l'intérêt mais aussi les limites et les précautions méthodologiques nécessaires pour un tel exercice : la disparition des îles de la Seine depuis le XIX^e siècle et l'évolution de la Seine dans le secteur de la Bassée.





CHAPITRE 1



La ressource en cartes

Le corpus de cartes anciennes a été constitué en regroupant l'ensemble des documents cartographiques qui représentaient, avec suffisamment de détails, les fleuves et les rivières du bassin de la Seine. Nous avons privilégié les cartes dont la finalité était de décrire l'espace fluvial : c'est le cas des cartes de navigation ou des cartes d'aménagements. Le fonds le plus important est celui établi par les ingénieurs des Ponts et Chaussées dont les documents sont conservés aux Archives Nationales (AN). Ce fascicule est l'occasion de présenter le travail de récolement de ces cartes, effectué dans le cadre d'un partenariat entre le PIREN-Seine et les Archives nationales

sur deux séries particulières : la série CP/F/14 créée dès le dépôt des documents aux Archives, constituée exclusivement de cartes et plans, sans les rapports qu'ils accompagnaient ; et la série F/14, formée des cartons d'archives contenant les rapports des ingénieurs, et contenant également des cartes dont l'inventaire n'avait jamais été entrepris jusqu'à aujourd'hui.

Dans cette partie, nous décrivons le corpus récolté, son importance, ses limites et les objets représentés sur les cartes qui le constituent.

1. Le contexte de création des cartes des rivières du bassin de la Seine

De nombreux fleuves et rivières structurent le territoire français. Leur rôle est essentiel pour le développement des villes qui se sont installées à proximité. Ces espaces fluviaux sont primordiaux sur le plan administratif, politique et socio-économique. Ainsi, la Seine est une voie de communication majeure qui a été essentielle au développement et à l'approvisionnement de Paris. Pour cela, l'amélioration de la navigation est un enjeu crucial qui a fait l'objet de nombreuses réflexions. Contrairement aux chemins de fer, dont le réseau s'est développé grâce à des compagnies privées, le développement du réseau fluvial a connu son essor à partir des années 1830-1840 quand les services de l'État ont repris à leur compte le projet d'un réseau national de voies navigables (Cotte, 2002). Cette décision s'appuie sur les compétences des Ingénieurs des Ponts et Chaussées qui proposent alors des solutions techniques pour permettre un trafic régulier des bateaux grâce aux barrages mobiles améliorés par Thénard, Poirée puis Chanoine. Tous ces ingénieurs maîtrisent également l'art de la cartographie, qui fait partie de leur formation, et accompagnent leurs projets d'aménagements de cartes et plans qui font partie intégrante de leur étude.

Dans ce contexte étatique et de développement scientifique, technique et économique, de nombreuses cartes ont été réalisées et sont encore conservées dans les fonds d'archives. Préalablement identifiées dans le cadre de ce projet, elles sont à la base du travail de relecture des informations qu'elles contiennent et de l'interprétation géohistorique présentés ici.

Les dates des cartes historiques

Les cartes des ingénieurs des Ponts et Chaussées accompagnant un projet sont en général assez précisément datées. La date correspond au mémoire qui l'accompagne. Mais pour les cartes éditées, il faut distinguer la date de levé (date où les relevés ont été faits sur le terrain) de la date d'édition, qui peut intervenir quelques années plus tard. Dans un ensemble de cartes couvrant un vaste territoire, les levés et les éditions peuvent s'étaler sur des dizaines d'années. Si une carte est rééditée, il arrive souvent que seules les informations relatives au thème de la carte soient actualisées, les autres types d'informations n'étant pas modifiés (exemple en Figure 1).

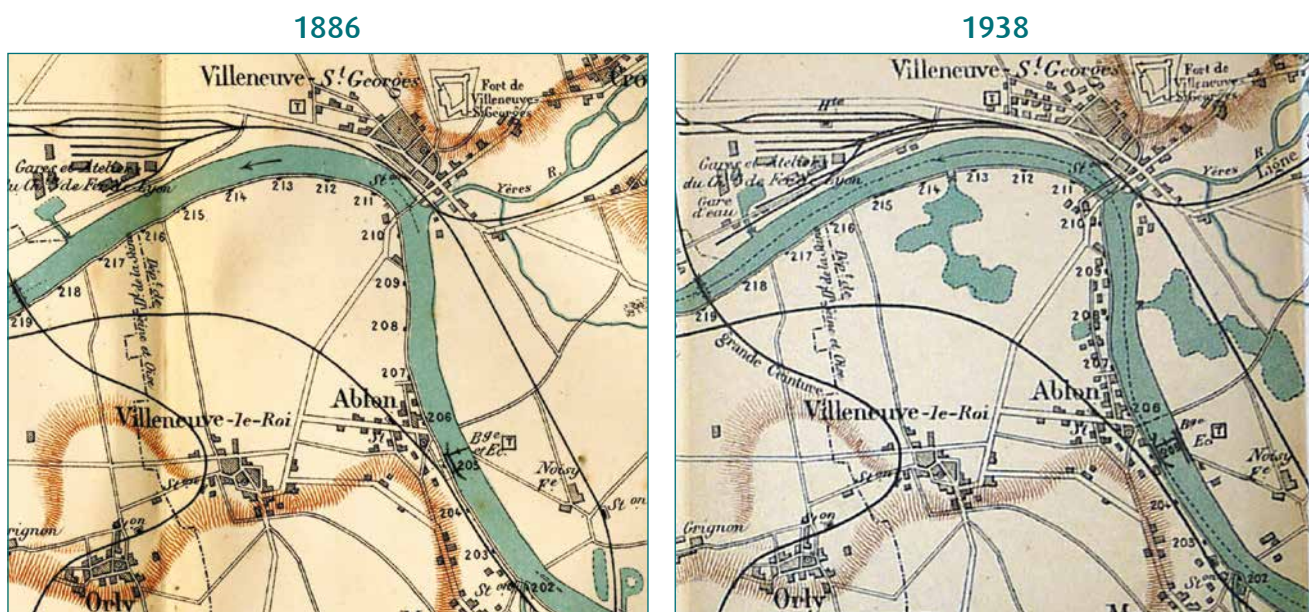


Figure 1. La Seine vers Ablon-Villeneuve-Saint-Georges en 1886 (à gauche) et 1938 (à droite). Cartes de navigation de Vuillaume (© Musée de la batellerie et des voies navigables). Les seules modifications concernent les carrières mises en eau et l'indication de la ligne de thalweg. L'habitat et les autres informations n'ont pas été réactualisés entre ces deux éditions.

2. Le recensement des cartes historiques

La finalité d'ArchISEINE est de constituer une base de données spatialisée des documents historiques qui concernent les rivières et les fonds de vallées du bassin de la Seine. Grâce à ce travail de compilation, il est possible de mener des analyses fines de l'impact de l'anthropisation des cours d'eau. Le recensement des cartes tient compte de cet objectif. Il a consisté non pas à recenser l'intégralité des cartes représentant tout ou une partie du bassin de la Seine, mais à privilégier certains fonds dont nous détaillons ici les avantages et les limites.

L'échelle des géographes

Une carte est dite à petite échelle quand le coefficient de réduction de la carte est élevé et qu'elle couvre donc un grand territoire, comme par exemple les cartes au 1/250 000^e.

Une carte est dite à grande échelle quand le coefficient de réduction de la carte est faible. Elle couvre donc un territoire restreint et présente un niveau de détail élevé, comme par exemple une carte au 1/5 000^e.

Cartes couvrant l'ensemble ou une grande partie du bassin

Ces cartes ont été levées à une échelle suffisamment fine (grande échelle des géographes) pour pouvoir observer un maximum de détails. Il est possible de visualiser un certain nombre de ces cartes sur le site Géoportail porté par l'Institut Géographique National (IGN). C'est le cas de la carte de Cassini (XVIII^e siècle), la carte d'État-major (milieu du XIX^e siècle), la carte type 1950 ainsi que le fonds contemporain type IGN SCAN 25 (Figure 2)¹.

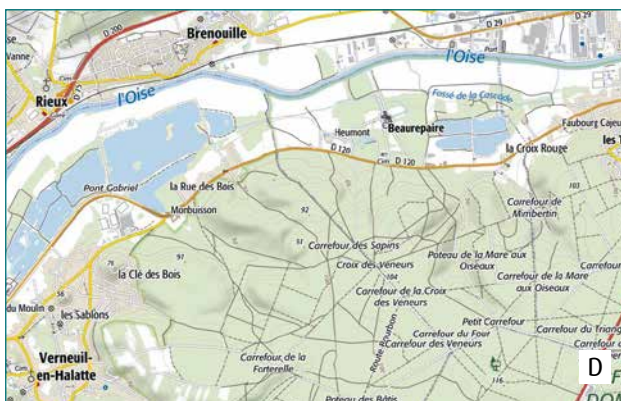
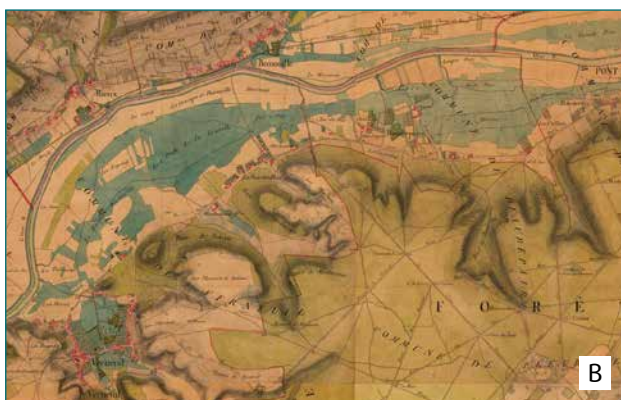


Figure 2. L'Oise en aval de Pont-Sainte-Maxence.
A) Cassini. B) Carte de l'état-major (1818-1824).
C) Carte 1950. D) Carte IGN © IGN.
Site Géoportail consulté en 2018.

¹ Site géoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr/>

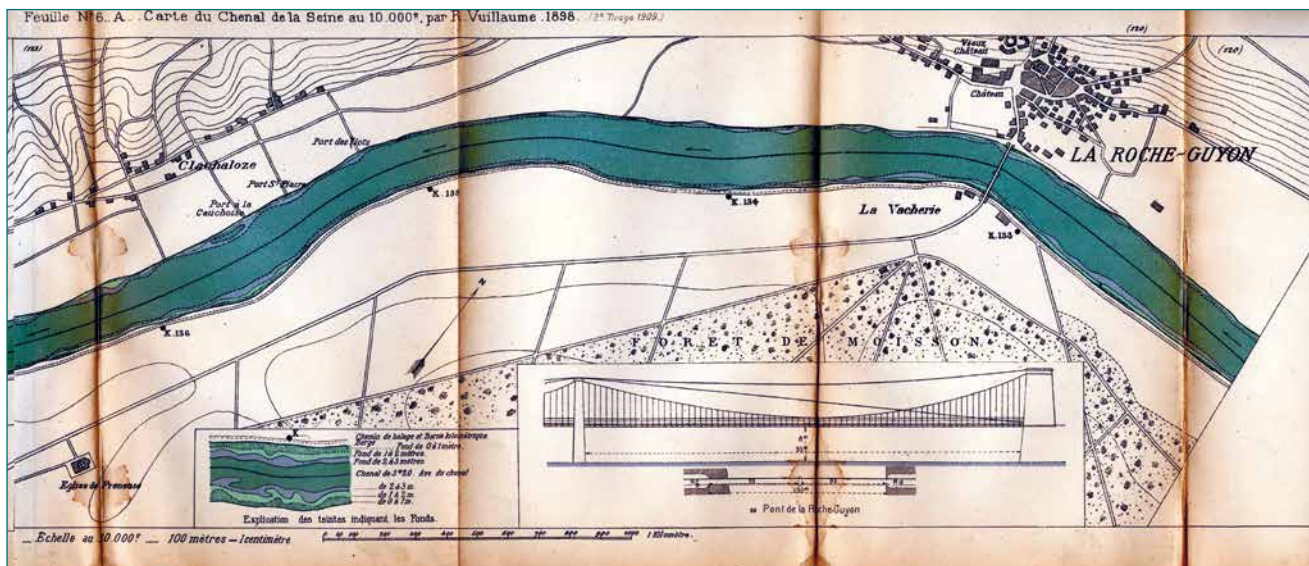


Figure 3. Extrait d'une carte de navigation de Raoul Vuillaume au 1/10000e. La Seine en 1898 à La Roche-Guyon.
© Musée de la batellerie et des voies navigables.

Cartes spécifiques à la navigation

Ce type de cartes a été trouvé au Musée de la batellerie de Conflans-Sainte-Honorine (Figure 3), à l'IGN et à Voies Navigables de France (VNF). Malgré leur intérêt du fait de leur précision et de leur justesse supposées, elles n'ont pas pu être recensées. Certaines peuvent être détenues dans les délégations régionales de VNF, d'autres par le Port autonome de Paris, dont nous avons cependant certaines cartes qui ont été réalisées par commande auprès de l'IGN.

Les dépôts des Ponts et Chaussées

Etant donnée l'implication très ancienne des ingénieurs des Ponts et Chaussées dans la réalisation des cartes des rivières de France, le dépouillement des archives relatives à leurs missions de terrain promettait une richesse qui continue de se révéler de jour en jour au gré des prospections dans les archives. Si une partie de ces archives se trouve dans les départements concernés (archives départementales, série S pour les dépôts antérieurs à 1940), nombre de ces dossiers ont été traités par l'administration centrale sous la responsabilité du ministère de l'Intérieur, puis sous celle du ministère des Travaux Publics, créé en 1830. Deux entités ont favorisé le regroupement des dossiers à l'échelle nationale : le Conseil général des Ponts et Chaussées qui était chargé de « donner son avis sur toutes les questions d'art (questions techniques) et de comptabilité qui lui

seront soumises » (Archives nationales, 2009) ; le Dépôt des cartes et plans du ministère des Travaux Publics, formé dès le Premier Empire et enrichi par les envois des ingénieurs des départements tenus d'y déposer une copie de leurs projets (Archives nationales, 2009). Ces cartes constituent un fonds spécifique, le fonds des Cartes et Plans CP/F/14, qui a été entièrement dépouillé dans le cadre d'ArchISEINE (Figure 4). Ces cartes ne sont pas accompagnées des rapports qui les ont suscités, rendant parfois leur interprétation délicate².

Un versement exceptionnel de documents par l'administration des Ponts et Chaussées touchée par les inondations de 1910 a conduit à la constitution d'un fonds F/14 de 2407 mètres linéaires (unité de compte des archives). Sa lecture a révélé que chaque carton d'archive contenait en moyenne une dizaine de cartes ou croquis accompagnant les rapports des ingénieurs. Ce fonds est encore en cours de dépouillement³.



Figure 4. L'Aisne en 1827. Un exemple de carte du fonds des Cartes et Plans des Archives nationales.
La carte fait plus de 12 m de long. AN CP/F/14/10049, dossier 1, pièce 6.

² Malgré la richesse exceptionnelle de ce fonds, certaines cartes réalisées par des ingénieurs des Ponts et Chaussées n'ont pas été trouvées. C'est le cas de la carte de la Petite Seine levée avant travaux en 1837, détenue par la Bibliothèque nationale de France, qui sera présentée dans la partie 3.2.

³ Ces dépouillements ont lieu dans le cadre d'un partenariat entre les Archives Nationales et le PIREN-Seine.

Les acteurs des cartes : les ingénieurs des Ponts et Chaussées

Lever des cartes fait partie de la formation des élèves de l'École des Ponts et Chaussées depuis sa création au XVIII^e siècle. Le bureau des dessinateurs et le dépôt des Cartes et Plans, sous la houlette du premier directeur de l'École Jean-Rodolphe Perronnet (1708-1794), sont chargés de former les élèves, et de lever les plans de toutes les routes du royaume de France. Les missions s'élargissent au cours du XVIII^e siècle pour couvrir également les fleuves, rivières et canaux. La carte devient alors un véritable outil de projet : « La planche y est en même temps projet et carte et c'est à partir d'elle que les décisions sont prises. La représentation graphique est donc au cœur du raisonnement sur l'aménagement du territoire » (Verdier, 2009). Les cartes sont alors dessinées selon les recommandations de Buchotte qui a écrit un manuel spécifique pour la formation de ces ingénieurs (Buchotte, 1722).

De nombreux outils permettent de retracer la carrière des ingénieurs impliqués dans ces travaux d'aménagement des rivières navigables du bassin de la Seine. Leurs dossiers de carrière sont conservés

aux Archives nationales (fonds F/14), beaucoup ont eu droit à une notice nécrologique publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées*. Une courte biographie de ces ingénieurs, centrée sur leur activité relative aux rivières du bassin de la Seine, est présentée sur le site ArchiSEINE, avec un lien vers les cartes géoréférencées correspondantes.

Ainsi Alexis-Hubert Robillard (1782-1864), nommé ingénieur en 1808, dont les projets de 1833 relatifs à la canalisation de l'Yonne (Figure A) seront repris par Charles-Antoine Poirée, qui propose le premier barrage mobile expérimenté sur l'Yonne en 1834, à Basseville (près de Clamecy) puis par Jacques Chanoine (1805-1876) qui propose un plan d'amélioration de la navigation de l'Yonne en 1837 (Figure B). Les travaux, entrepris en 1861, seront pratiquement achevés en 1873 (Verdier de Pennery, 1959).

.....

<http://archiseine.sisyphes.jussieu.fr/site/fr/taxonomy/term/1179>

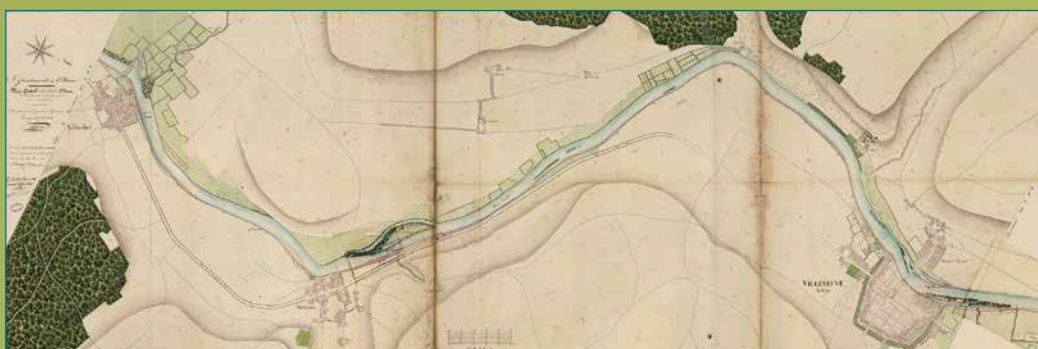


Figure A. Plan de Robillard avec les travaux envisagés sur l'Yonne entre Armeau et Villeneuve-le-Roy (actuelle Villeneuve-sur-Yonne). AN CP/F/14/10083, dossier 1, pièce 33i.

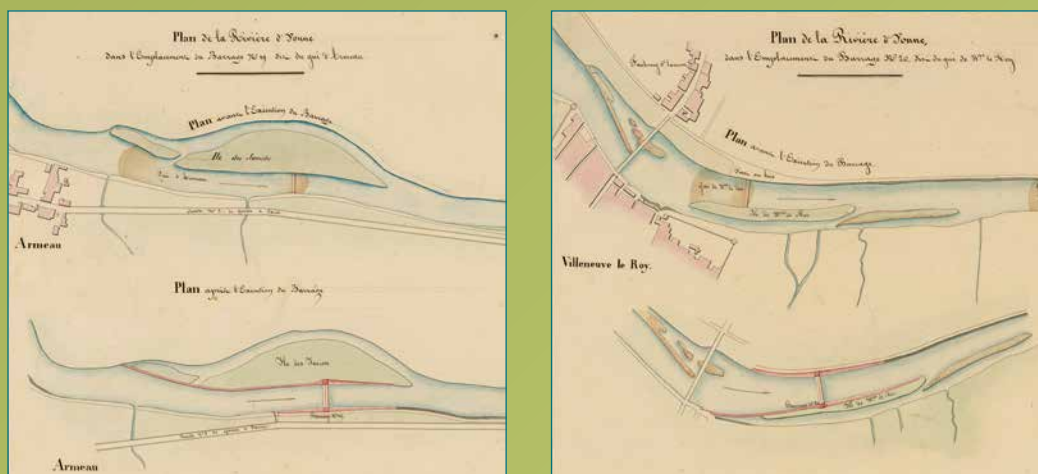


Figure B. Plans de Chanoine des deux écluses réalisées à Armeau et Villeneuve le Roy (actuelle Villeneuve-sur-Yonne). AN CP/F/14/10083, dossier 1, pièces 15 et 16.

3. Les caractéristiques du fonds récolté

L'historien est tributaire des archives et de la manière dont elles ont été constituées. Ces archives ayant principalement trait à la navigation, elles comprennent essentiellement des documents relatifs à des rivières navigables (voir encart ci-dessous) : la Seine, l'Yonne, la Marne et l'Aisne (Figure 5). Mais ces dossiers ne reflètent pas complètement la production initiale des ingénieurs. En effet, ceux-ci établissaient de nombreux plans, croquis, profils en travers et profils en long qui sont commentés dans leurs rapports, mais qui n'ont pas été conservés ou n'ont pas été archivés. Les documents préservés sont le reflet des préoccupations au moment de leur sauvegarde. Leur utilité pour une étude diachronique du paysage telle qu'elle peut être entreprise aujourd'hui avec l'aide des SIG n'était pas alors perçue par les ingénieurs ou les archivistes.

Ces cartes ont été réalisées pour une meilleure connaissance des cours d'eau, selon plusieurs thématiques :

- Les cartes de navigabilité permettent d'assurer un meilleur transport des denrées alimentaires et des matériaux vers Paris. Outre des cartes générales du bassin de la Seine indiquant les ports et les péages d'octroi, à petite échelle (donc peu précises), existent des cartes très détaillées où hauts-fonds (aussi appelés bassiers), obstacles, bancs, rétrécissements, etc. sont indiqués (Figure 6). Ces cartes montrent à quel point la navigation en Seine pouvait être délicate avant sa chenalisation. L'essor de la navigation à vapeur et du tourisme fluvial au XIX^e siècle ont donné lieu à la publication de nombreux ouvrages relatant ces difficultés de navigation (par exemple Coic et Duleau, 1830). Les débuts du yachting ou navigation de plaisance, également au XIX^e siècle, conduiront à l'édition de cartes dédiées à cette activité (comme les cartes de Vuillaume, dont un extrait est présenté en Figure 3)⁴.

Rivières navigables

Ces rivières font l'objet d'un cadre juridique depuis l'Ancien Régime. Placées sous l'autorité du roi, leur usage est soumis à des règles à respecter, comme la largeur à laisser libre sur les bords pour le halage (24 pieds). Durant la période révolutionnaire et le

XIX^e siècle, ce principe de gestion de tous les cours d'eau navigables par l'État est maintenu. Sujettes à classement, elles font maintenant partie du Domaine public fluvial (depuis 2011 régi par le Code général de la propriété des personnes publiques) et sont gérées par Voies Navigables de France (Le Sueur, 2015).

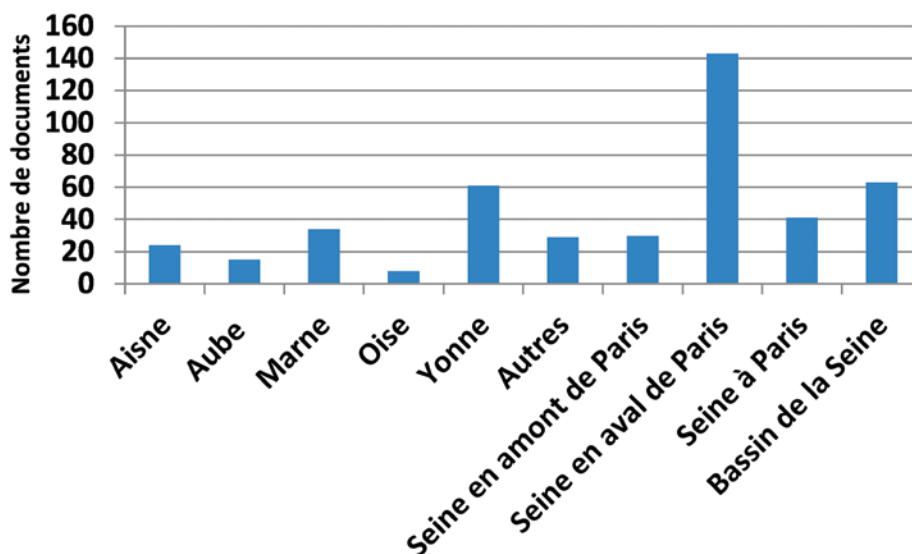


Figure 5. Nombre de documents par rivière du fonds CP/F/14 des Archives nationales (dépouillement partiel, situation en 2017).



Figure 6. Extrait d'une série de cartes de la Seine de Paris à Rouen par Philippe Buache [1731-1766] indiquant les principaux obstacles à la navigation. AN CP/F14/10078, dossier 1, pièce 2b.

- Les cartes de projets représentant les travaux d'aménagement à venir ou réalisés (voir encart page 13), et leurs conséquences en termes de navigabilité de la rivière illustrée par des profils en long sur lesquels sont précisés les tirants d'eau après travaux (Figure 7).
- Les cartes à grande échelle accompagnant les plaintes, contestations, pétitions, réclamations, pourvois liés aux conséquences de l'aménagement de la rivière, ou concernant la servitude du chemin de halage. Ces croquis accompagnent le rapport de l'ingénieur des Ponts et Chaussées chargé d'évaluer la situation (Figure 8).
- Quelques cartes représentant l'étendue des inondations dans la plaine alluviale suivant la hauteur d'eau atteinte pendant les crues de la rivière (Figure 9).
- Certains de ces projets peuvent ne pas avoir vu le jour, illustrant le fait qu'une représentation cartographique n'est pas nécessairement l'expression d'un paysage existant (Figure 10).

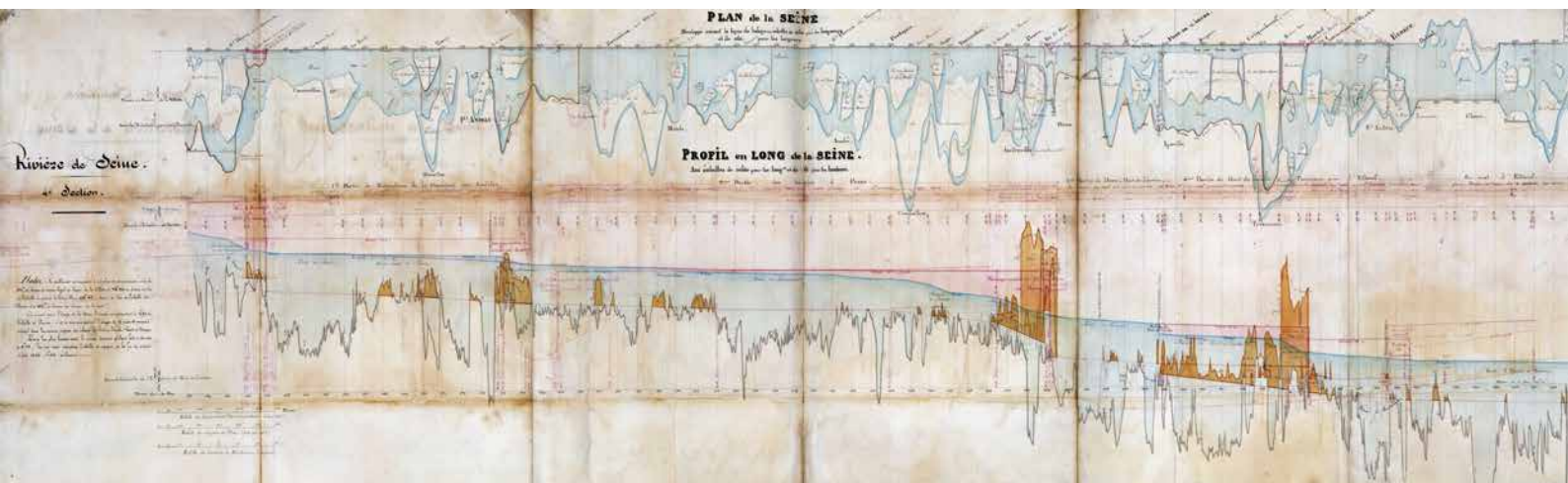


Figure 7. Illustration de l'impact des travaux prévus en Seine aval de Vernon à Rouen. Plan et nivellement de la Seine dressés par Méru, ingénieur en chef à Évreux en 1843. AN CP/F/14/10078, dossier 2, pièce 25.

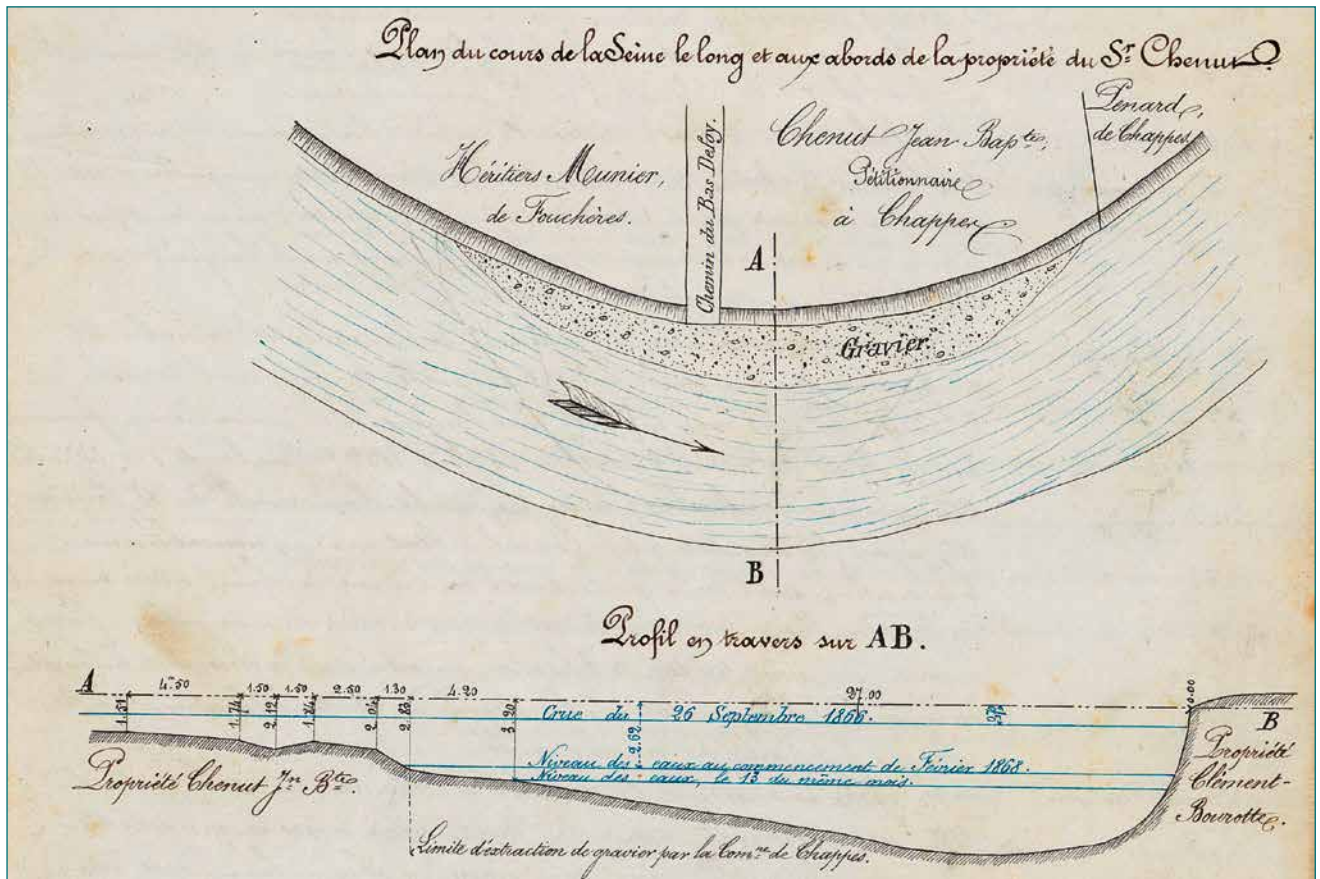


Figure 8. Réclamation du sieur Chenut Jean-Baptiste, contre l'arrêté préfectoral qui a déterminé les limites de la rivière de la Seine dans la commune de Chappes. AN/F14/6526, dossier 3, pièce 50/1.

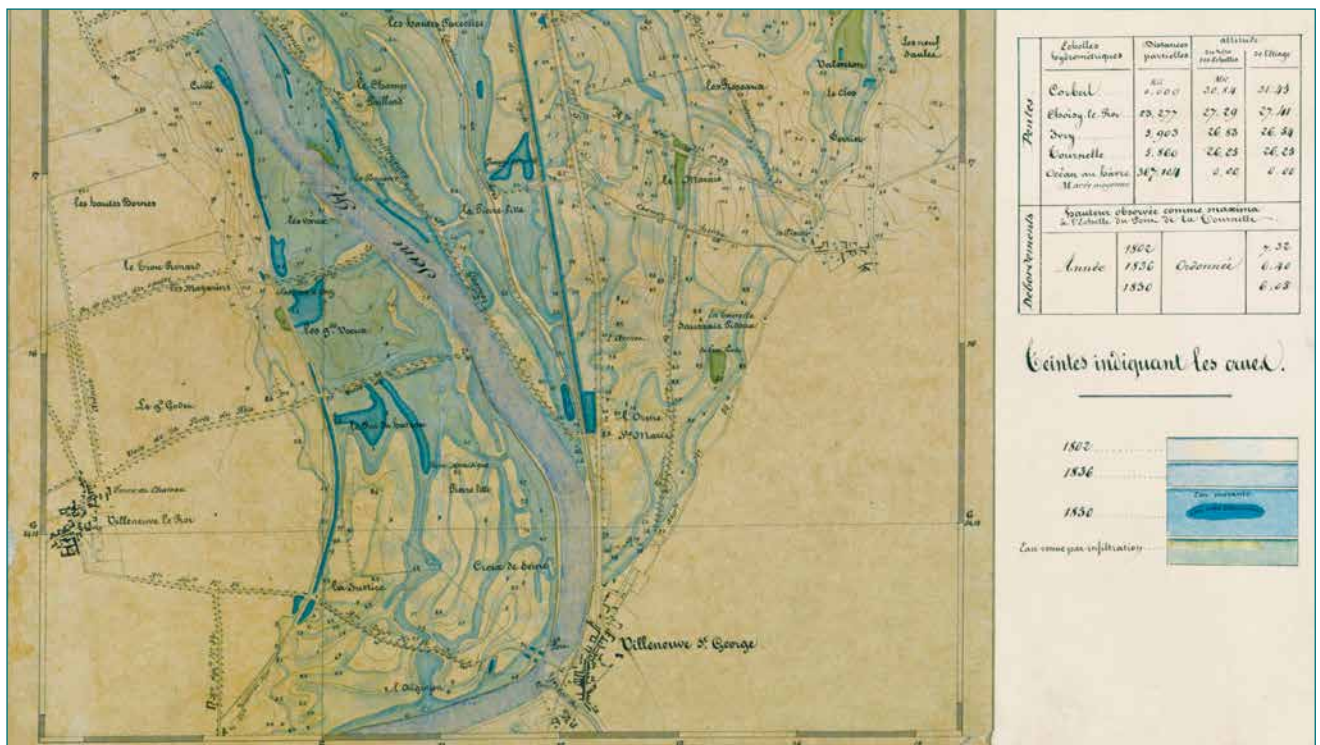


Figure 9. Carte des zones inondées à Choisy pendant les crues de 1802, 1836 et 1850. AN CP/F/14/10078, dossier 2, pièce 36.

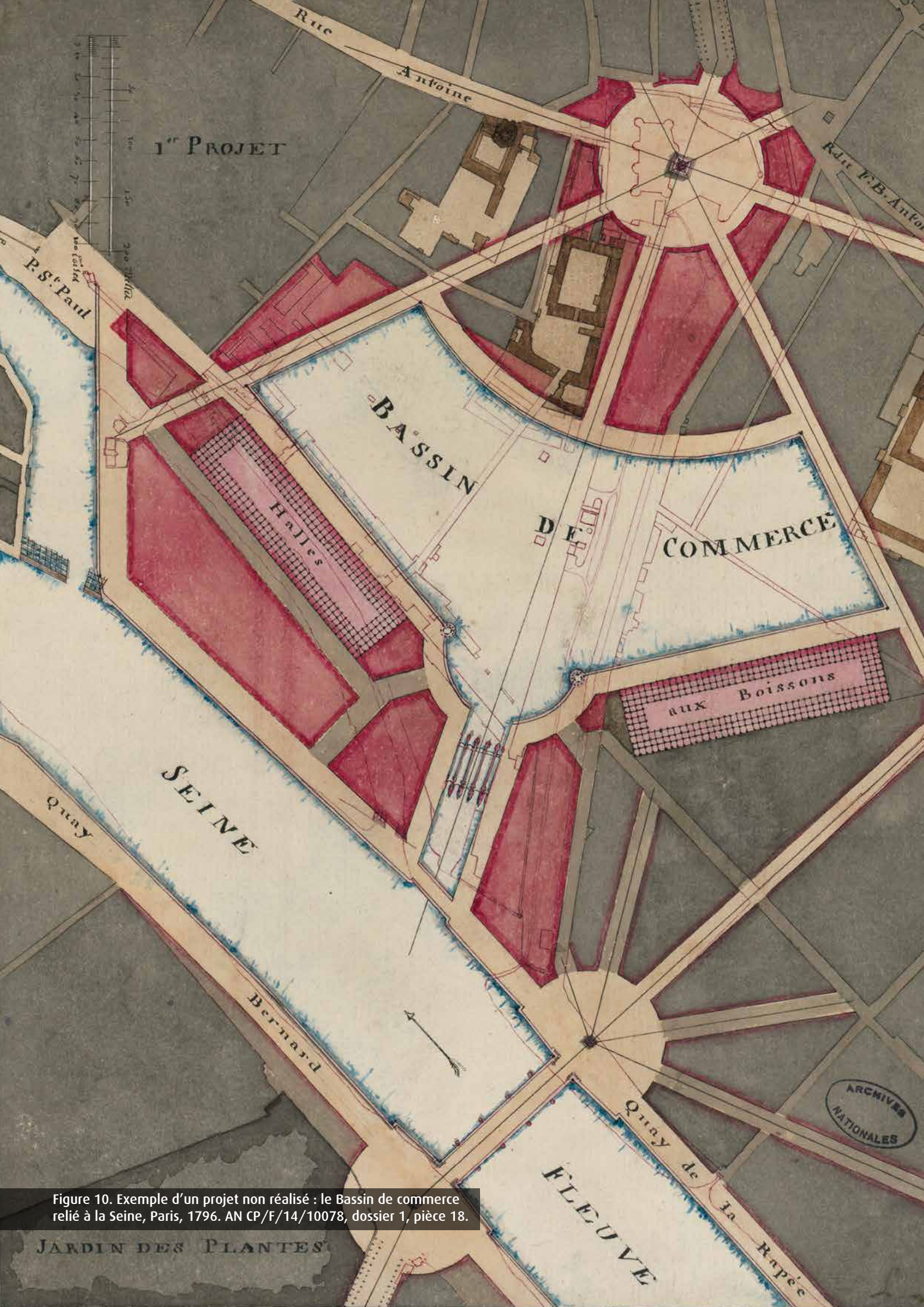


Figure 10. Exemple d'un projet non réalisé : le Bassin de commerce relié à la Seine, Paris, 1796. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 18.

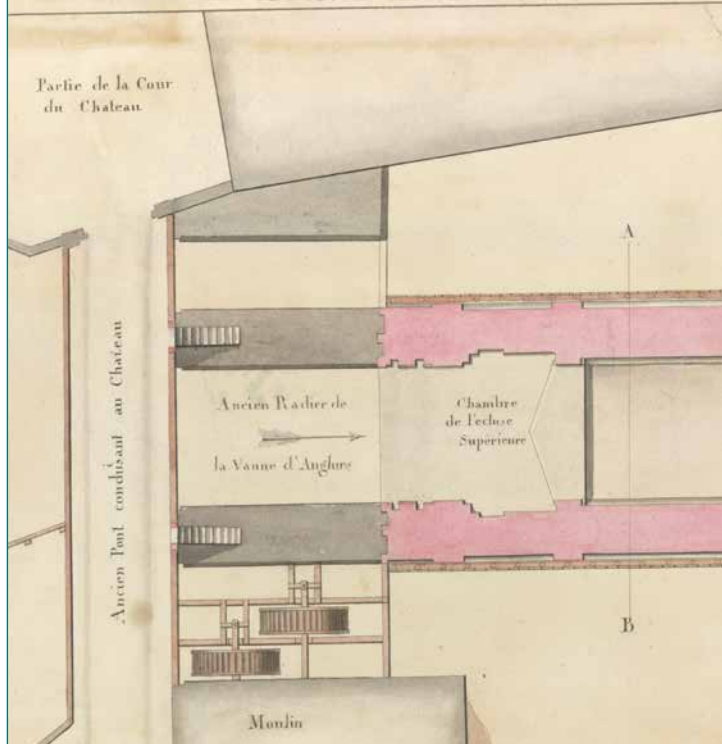
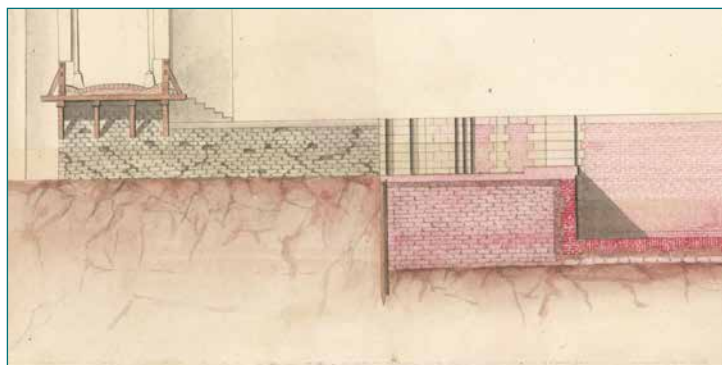
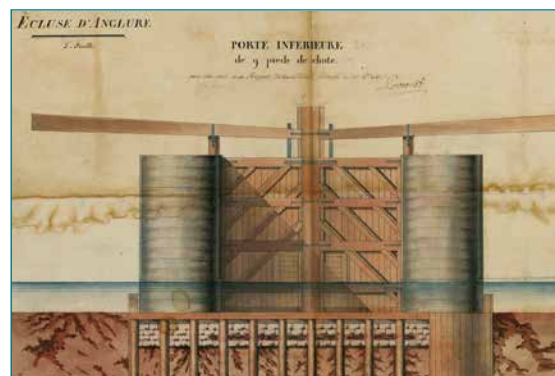
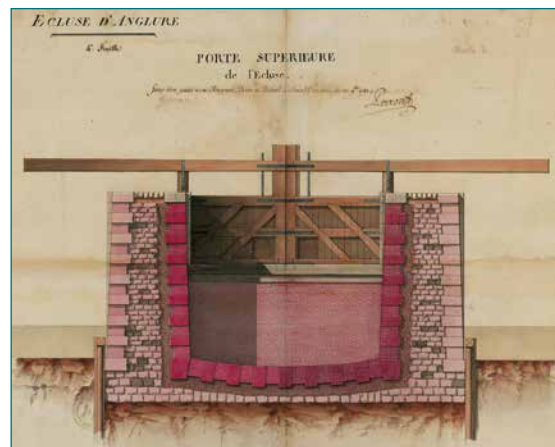
JARDIN DES PLANTES

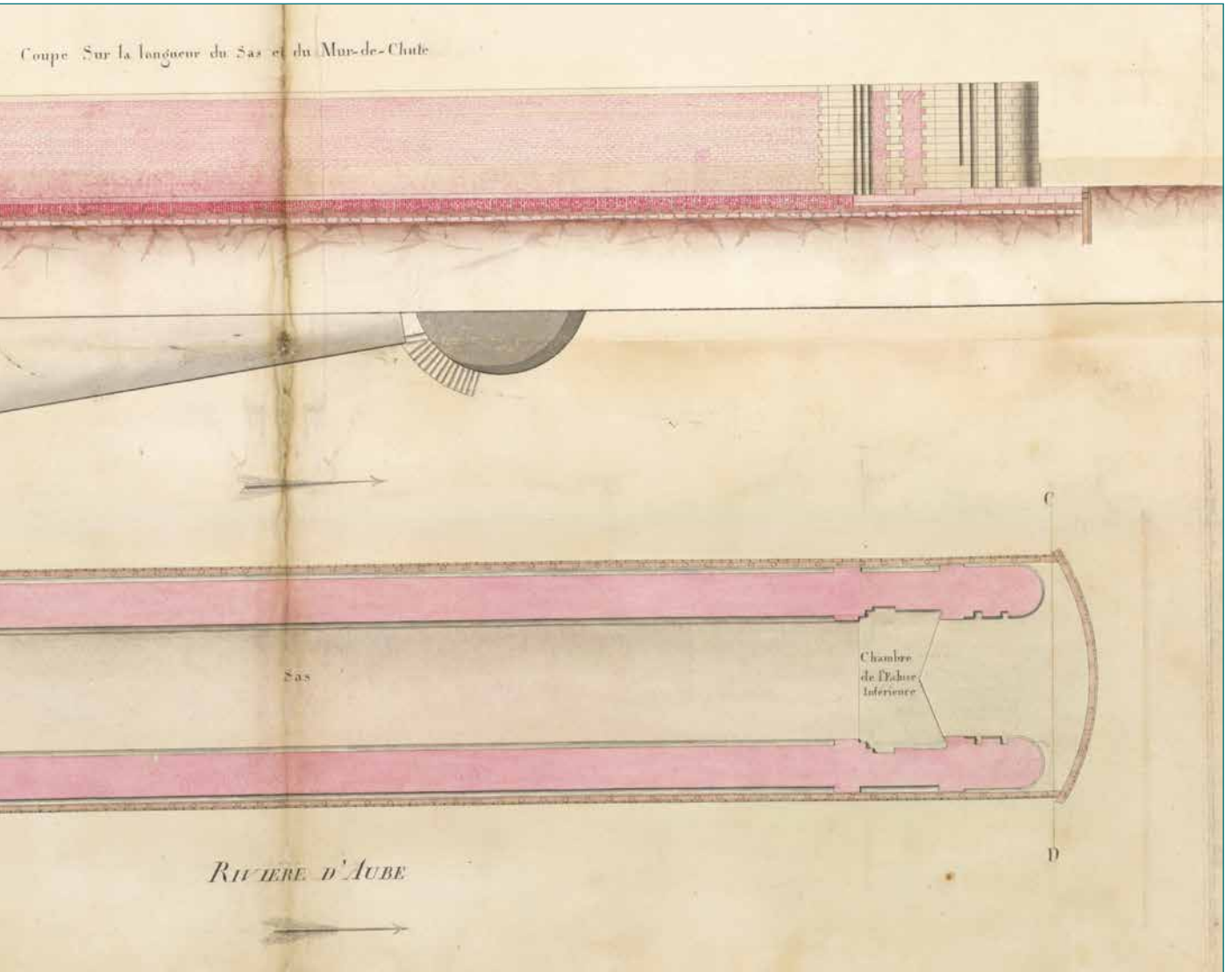
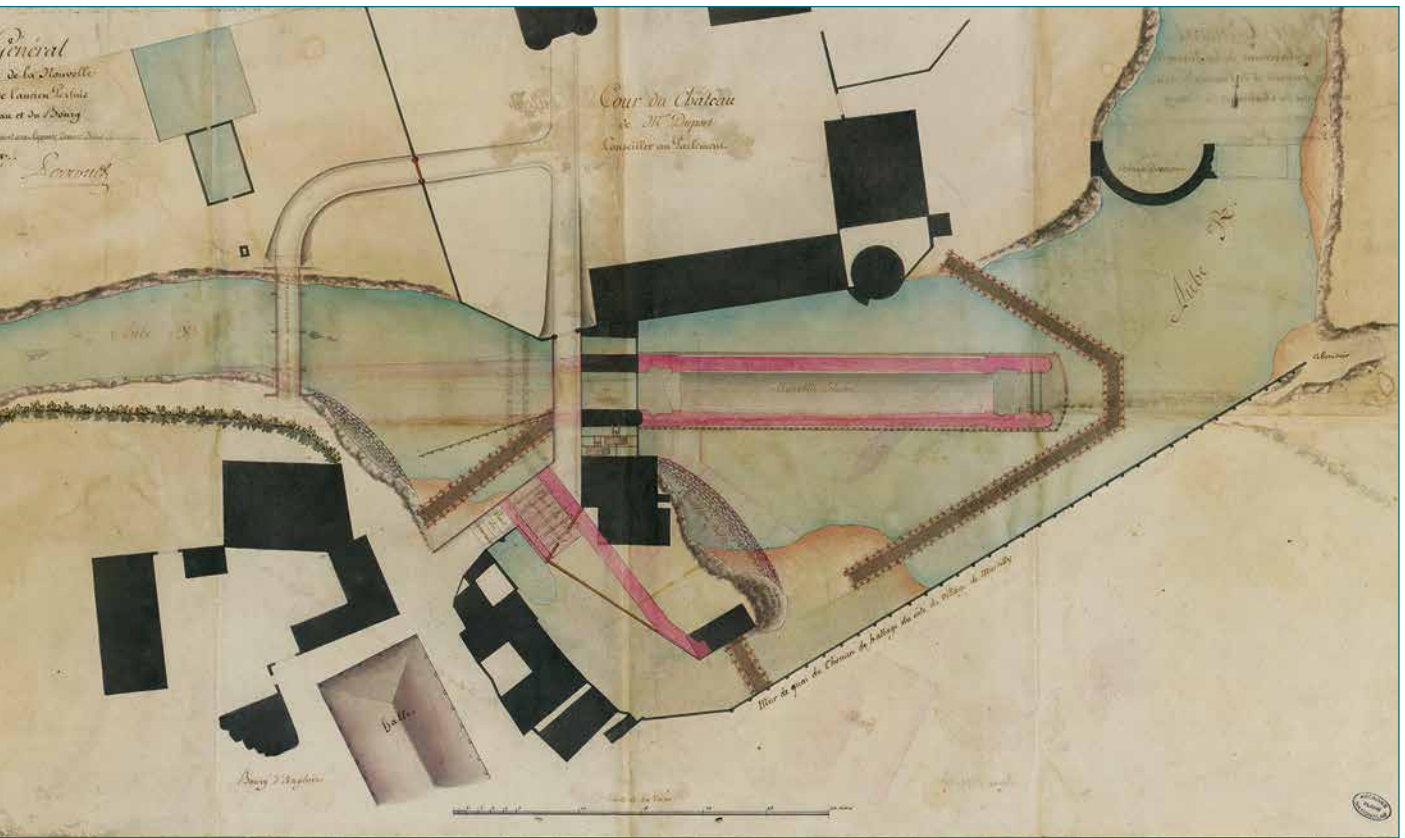
4. La représentation graphique des objets techniques relatifs à la rivière

Outre la représentation des cours d'eau de manière plus ou moins détaillée, la série de documents numérisés dans le fonds CP/F/14 des Archives nationales contient également nombre d'indications relatives aux aménagements techniques des voies d'eau, comme des plans d'écluses (Figure 11), des moulins et des digues (Figure 12), des ponts, des quais, des chemins de halage (Figure 13), etc. Représentés sur des plans à grandes échelles, tous peuvent contribuer à écrire l'histoire d'un lieu, d'une technique, ou d'un ingénieur.

Les plans de la figure 11 montrent par exemple les portes de l'écluse d'Anglure qui ont été construites en bois de chêne, ce qui a nécessité à plusieurs reprises de les consolider au cours du XIX^e siècle. Lhoste, l'ingénieur en charge de ces travaux en 1843, souligne que le meilleur matériau pour des portes d'écluse devrait être le fer forgé, beaucoup plus cher. À défaut de pouvoir employer un tel matériau, il propose un renforcement des portes existantes, dans le but de prolonger leur durée de vie, avec du bois de chêne « choisi parmi le plus beau de la forêt de la Tracone, sans défauts, et coupé depuis deux ans » (AN/F/14/6425, dossier 23). Cette forêt est située à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest d'Anglure.

Figure 11. Plan du projet de la nouvelle écluse d'Anglure sur l'Aube et ses deux portes. Dessinés par Rodolphe Perronet, premier directeur de l'École des Ponts et Chaussées. AN CP/F/14/10050, dossier 1, pièces 2, 5 et 6.





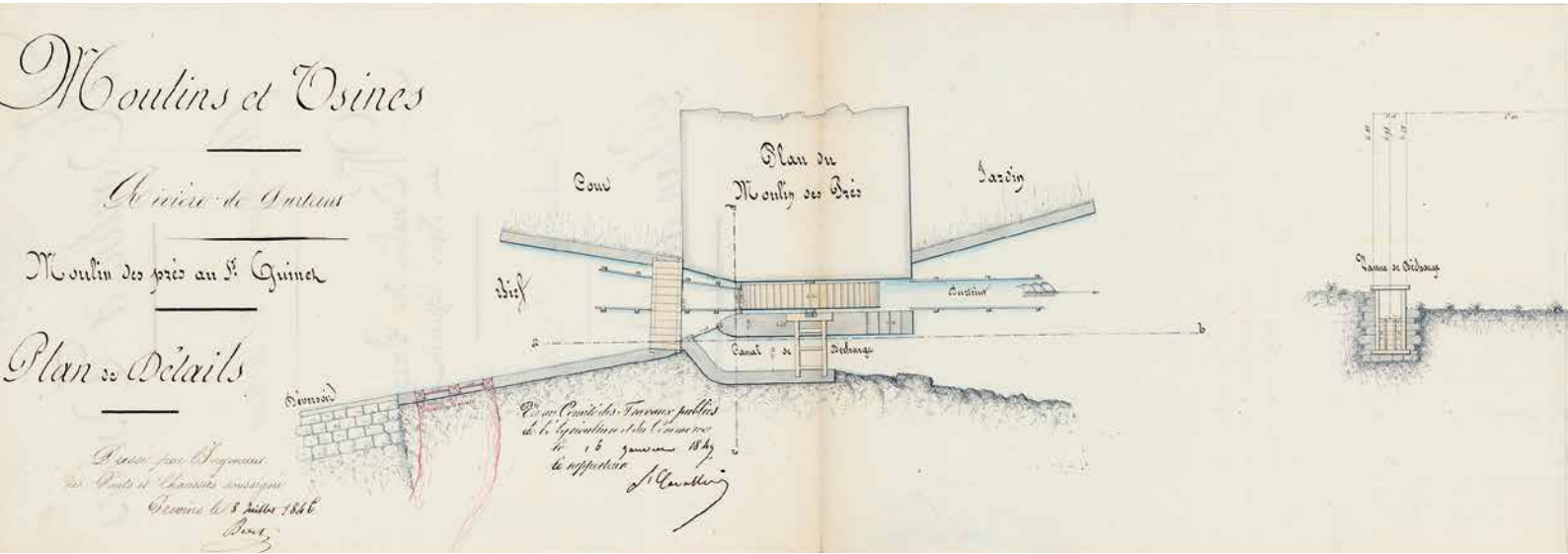


Figure 12. Un moulin et son bief. AN/F/14/6811, dossier 25, pièce 4/2.

À titre d'exemple, ce plan de moulin (Figure 12) montre un dessin technique n'ayant pas trait à une rivière navigable. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées intervenaient également sur ce sujet sensible où toute modification de retenue ou de déversoir de moulin pouvait donner lieu à

contestation de la part des autres « usiniers » propriétaires de moulins sur le même cours d'eau, ici le Durteint. Après calcul, l'ingénieur donne ici un avis favorable en 1846 pour que le déversoir soit exhaussé de soixante-trois millimètres.

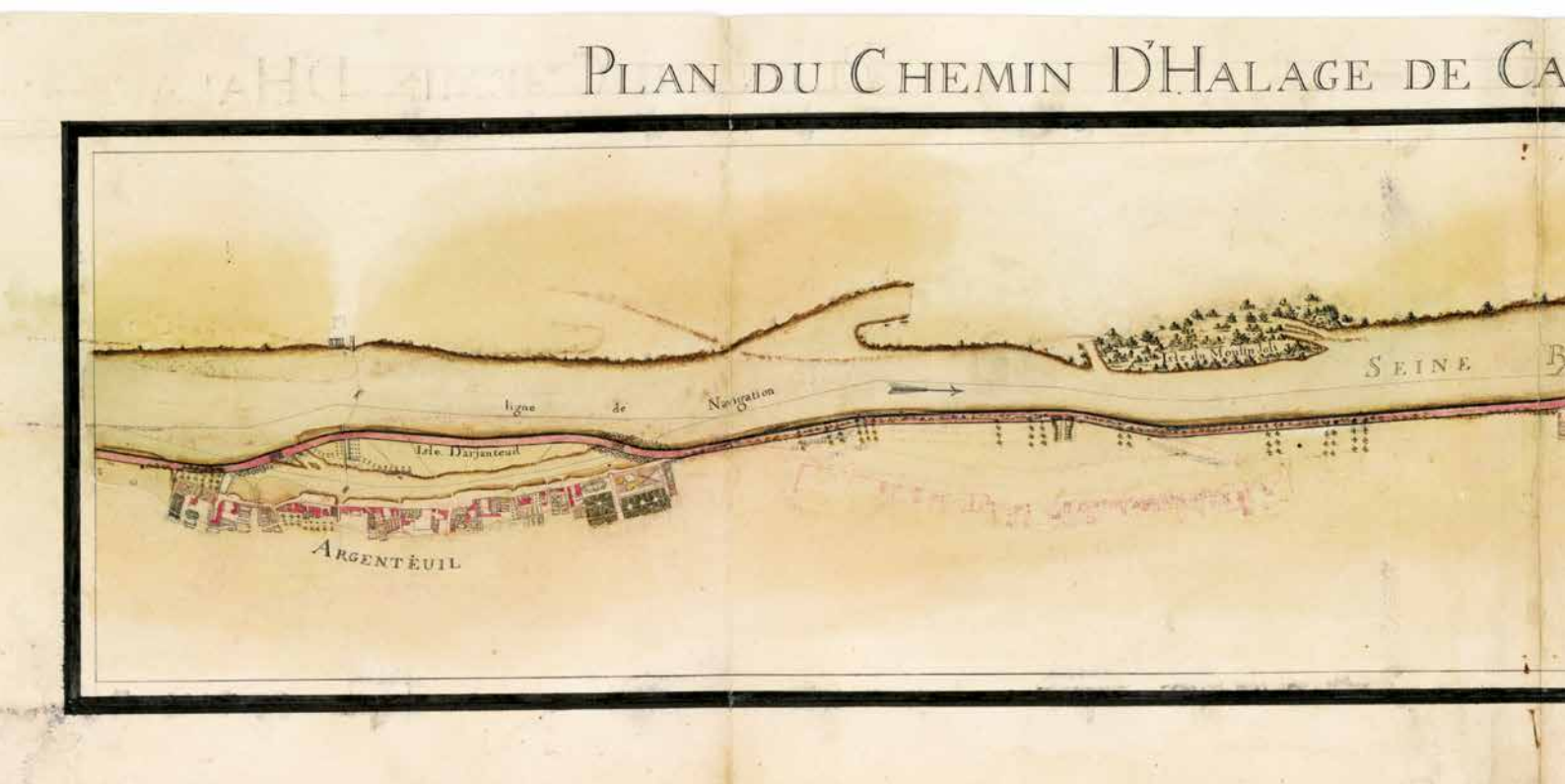
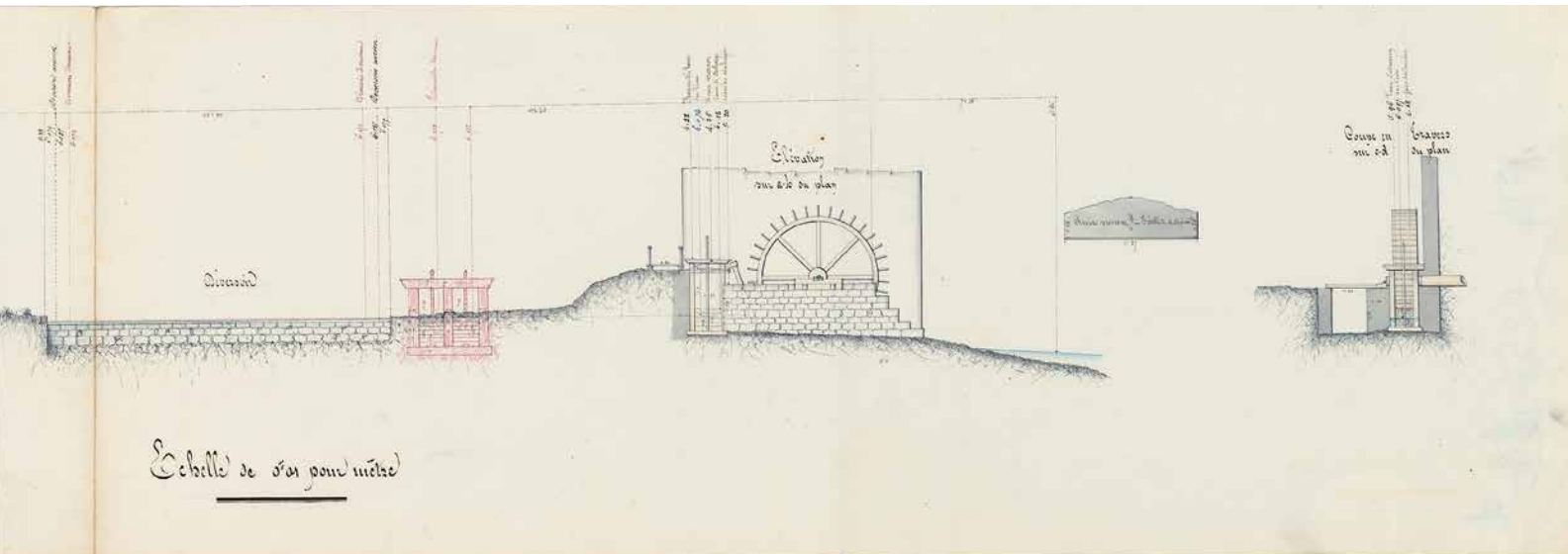
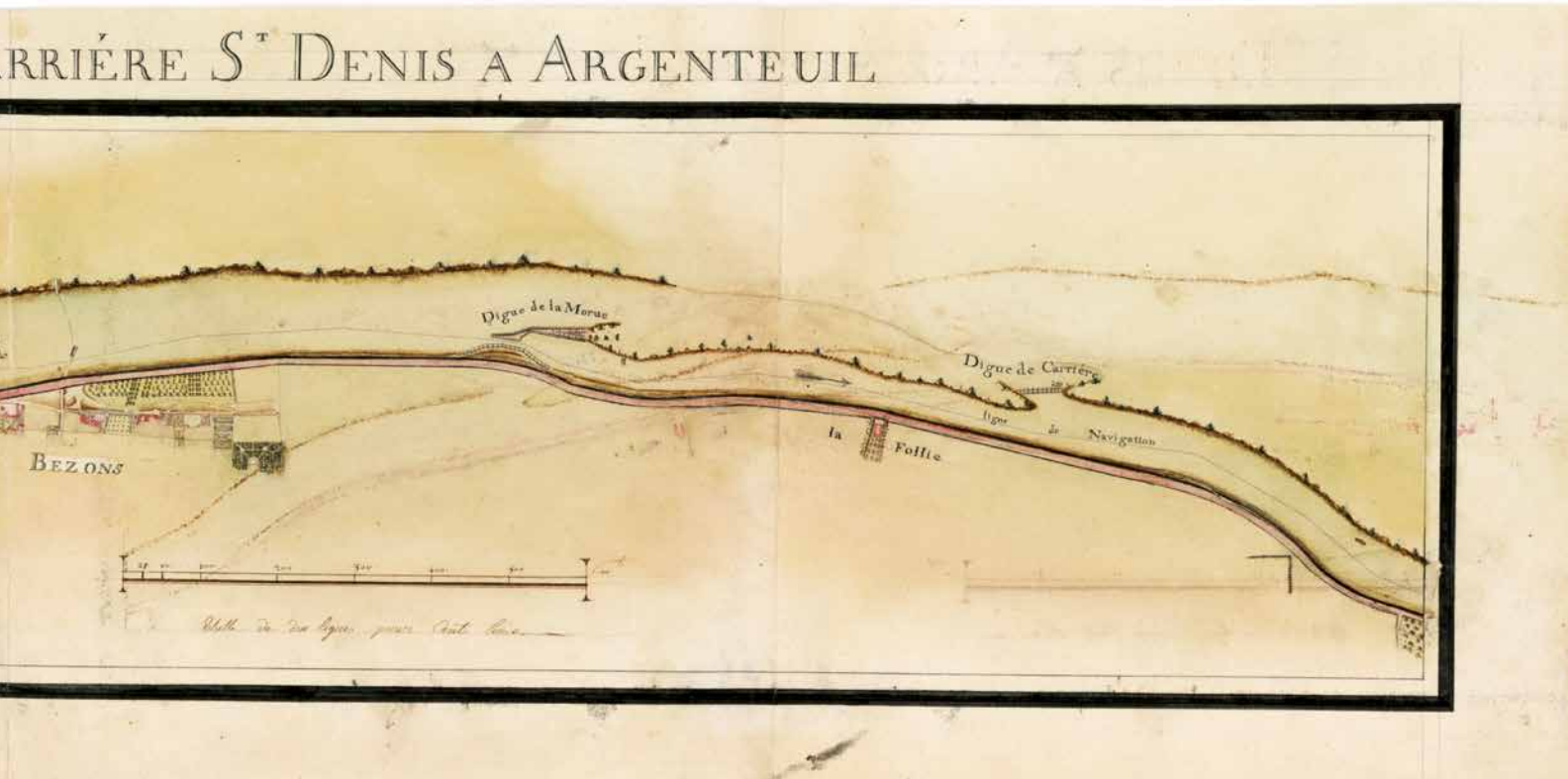


Figure 13. Chemin de halage le long de la Seine, ici rive droite, en aval de Paris en 1774. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 13.



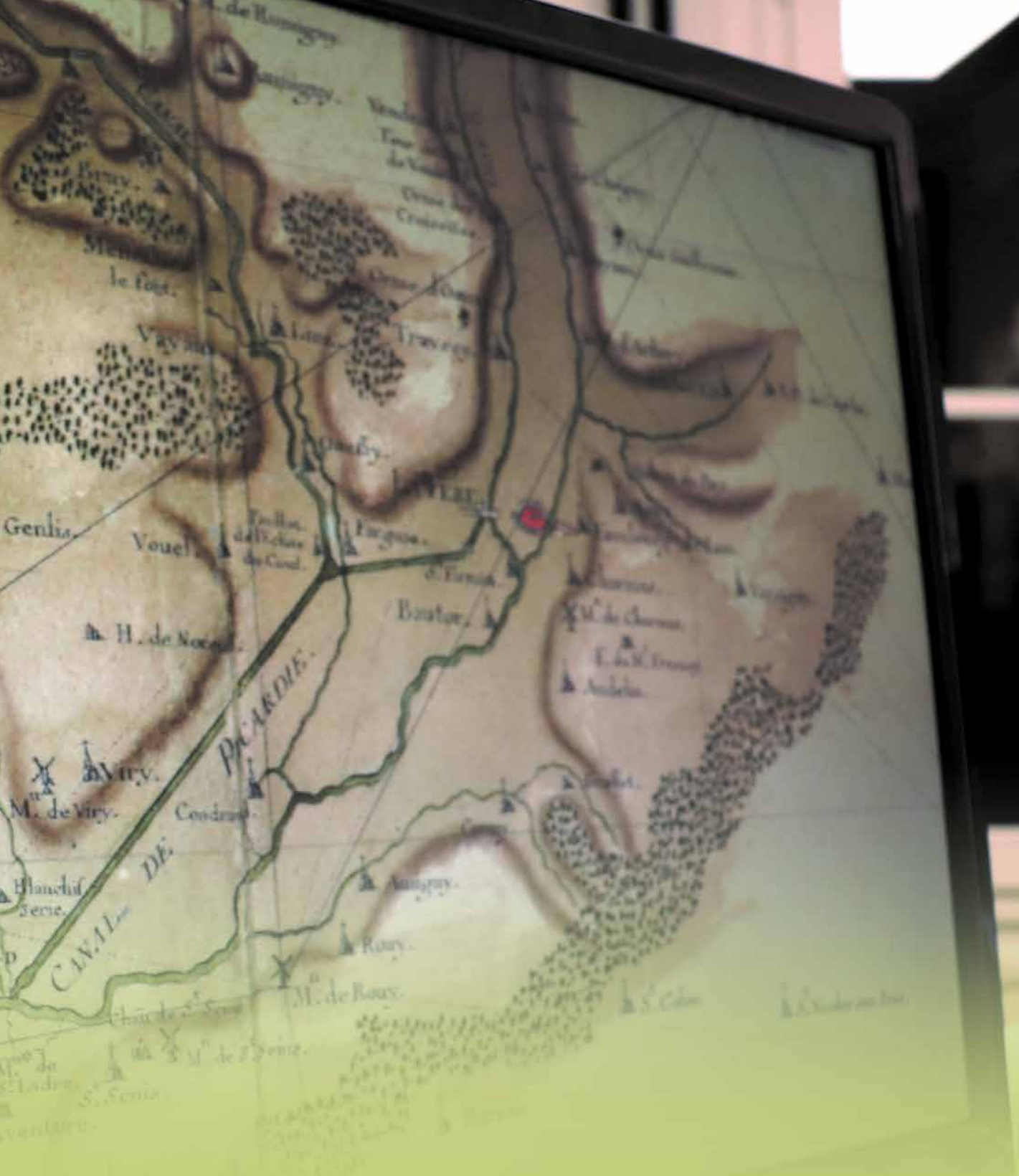
Dans le cas de la figure 13, les chemins de halage, indispensables pour la remontée des bateaux par traction hippomobile, existent par servitude depuis une ordonnance de 1669. Un grand nombre d'observateurs ayant souligné leur manque d'entretien pendant la Révolution française, la loi du 13 nivôse an V réaffirme la nécessité de les préserver. Jusque dans les années 1860,

de nombreux dossiers d'archives sont relatifs aux dépenses nécessaires à l'entretien de ces chemins et à la lutte contre la « corrosion » ou l'érosion des berges provoquant leur effondrement. La concurrence des machines à vapeur va peu à peu conduire à leur abandon. Ils sont maintenant réutilisés comme chemins de loisir.





CHAPITRE 2



La mise à disposition des cartes

Comparer des cartes établies à des périodes différentes, selon des référentiels ayant évolué dans le temps, peut être réalisé en calant toutes ces cartes, préalablement numérisées, sur un fond de carte contemporain. Ainsi, on peut les superposer et lire aisément une évolution

du territoire au cours du temps. Dans le cadre de la collaboration avec les Archives nationales, il a également été convenu que les cartes résultant de ce traitement seraient présentées sur un site web public. L'ensemble de ces opérations sont décrites dans cette partie.

1. La numérisation et le géoréférencement des cartes

La numérisation des cartes a été effectuée à une résolution de 300 dpi après leur restauration par les services des Archives nationales (nettoyage des taches, stabilisation des déchirures, consolidation des calques, etc.). Le géoréférencement d'une carte est l'opération qui permet de situer celle-ci dans l'espace en lui attribuant des coordonnées géographiques dans un système de coordonnées commun à toutes les cartes (RGF Lambert 93, pour la France). Cette opération est menée à l'aide d'un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG ; ici QGIS).

La technique utilisée, dite des « points d'amer » ou points de calage, consiste à choisir des points de repère identiques entre la carte à positionner et la carte actuelle (Figure 14). Les points utilisés correspondent à des éléments n'ayant pas changé au cours des derniers siècles : croisements de chemins, bâtiments, limites de parcelle, etc. Le logiciel contraint les deux points sélectionnés à la même position, ce qui permet de repositionner ou « amarrer » la carte ancienne sur le fonds de carte actuel. Il est bien entendu très important d'éviter de placer des « points d'amer » sur l'objet d'étude dont on cherche à documenter l'évolution, notamment dans le cas où l'objet peut varier dans le temps. Ainsi, dans le cas présent, on ne peut pas prendre comme référence le fleuve lui-même ou ses rives.

Si une carte des années 1970 levée dans un référentiel contemporain ne nécessite que quelques points pour être calée, une carte ancienne implique de trouver de nombreux points de calage, si possible répartis le plus uniformément possible sur l'ensemble du document. Plus de 25 points sont nécessaires, parfois une centaine si l'on dispose de suffisamment de points d'amer. Le géoréférencement est considéré comme correct lorsque l'erreur Quadratique Moyenne (QM) est inférieure à $1/3000^e$ de l'échelle de la carte d'origine (c'est-à-dire un écart entre les éléments géoréférencés et le référentiel actuel de moins de 17 m en moyenne pour une carte au $1/50\ 000^e$ ou de moins de 3,3 m pour une carte au $1/10\ 000^e$) (Conolly et Lake, 2006).

Caractéristiques techniques de l'opération de géoréférencement

- Traitement du canal α par le logiciel GIMP pour rendre transparentes les zones extérieures à la carte déformée après son géoréférencement.
- Choix des points de calage avec l'aide du logiciel QGIS.
- Paramètres de transformation. Méthode Thin Plate Spline, ré-échantillonnage cubique.
- Compression des images par la méthode LZW, avec comme résolution cible les paramètres 1,5 pour la résolution horizontale et -1,5 pour la résolution verticale (ajustable, pour maintenir le poids des images à moins de 300 Mo).

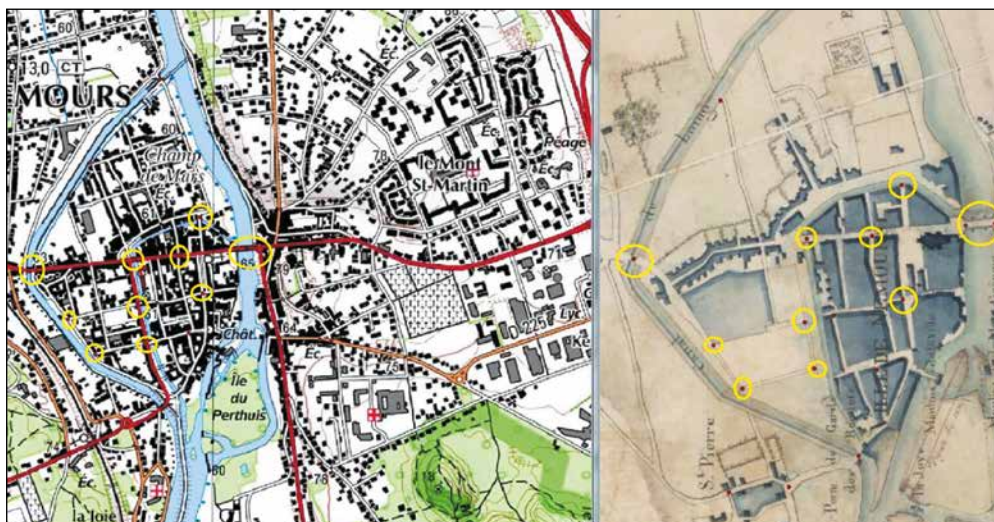


Figure 14. Points de calage. À gauche : fonds © IGN Scan 25. À droite : extrait du plan d'une partie de la rivière de Loing, près de Nemours. AN F/14/10065, dossier 9, pièce 3.

Le géoréférencement nous permet alors de comparer des cartes d'un même territoire levées à différentes périodes, par simple superposition, mais la quantification de l'évolution du territoire nécessite de digitaliser les informations jugées pertinentes pour l'analyse, c'est-à-dire de dessiner ces éléments dans le logiciel SIG. On parle alors de couche « vectorielle » qui correspond aux différents éléments géographiques cartographiés (Figure 15).

2. La présentation en ligne pour un accès large

Aujourd'hui, 90% des décisions opérationnelles sont territorialisées (Cartwright, 2010), conduisant à une généralisation de l'usage des Systèmes d'Information Géographique. La mise en ligne des cartes ou Websig nécessite un logiciel de type IDS (Infrastructure de Données Spatiales), mais souvent ces derniers sont peu adaptés à la présentation des cartes anciennes géoréférencées. La plateforme de mise en ligne de cartes anciennes la plus connue pour la France est le Géoportail de l'IGN (<https://www.geoportail.gouv.fr/>). Nous avons pour notre part choisi une solution *open source* comprenant deux plateformes liées, l'une servant à la présentation des cartes, et l'autre à la visualisation des cartes géoréférencées. L'arborescence du site, développée depuis 2013, est présentée dans la Figure 16.

Le déploiement du site ArchiSEINE

La première plateforme hébergée sur un CMS (*Content Management System* ou *Système de Gestion de Contenu*) classique (logiciel Drupal) à l'adresse archiseine.sisyphes.jussieu.fr contient des renseignements généraux sur le fonctionnement du site, des expositions virtuelles présentant le contexte de la genèse des cartes, et des lexiques. Des liens dans les lexiques et les cartes présentées dans les expositions virtuelles permettent d'accéder directement à ces cartes sur la plateforme de visualisation. Il est également possible de sélectionner les cartes sur cette plateforme grâce à un module de recherche par mot-clé ou par zone géographique.

La deuxième plateforme conçue avec le logiciel libre geOrchestra comporte plusieurs modules dont un catalogue de métadonnées basé sur GeoNetwork, un serveur cartographique Geoserver et une interface de visualisation MapfishApp. Chaque carte est accompagnée de ses métadonnées, c'est-à-dire d'informations sur le producteur de la carte, sa date de levé ou d'édition, son emprise géographique, qui ont été saisies selon la norme INSPIRE (*Infrastructure for spatial information*), une norme européenne visant à permettre le partage de l'information géographique.

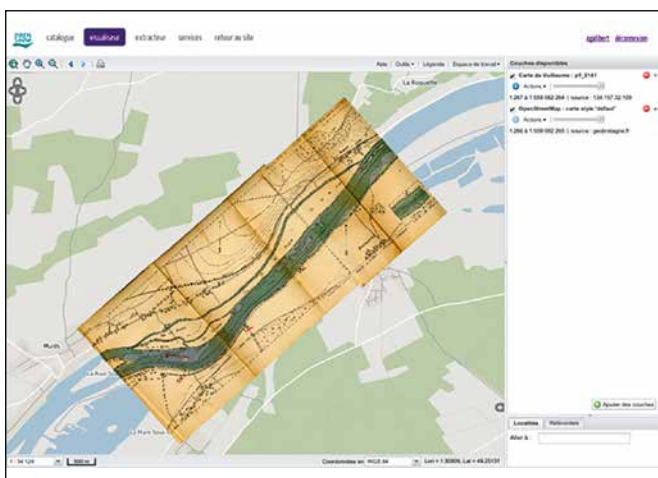


Figure 15. a) Superposition de la carte de navigation de la Seine par Vuillaume 1899 sur un fond OpenStreetMap. Saisie d'écran sur le site ArchiSEINE. b) Superposition des couches résultant de la vectorisation du lit de la Seine dans la Bassée (cartes de 1839, 1943 et 1979) sur un fond © IGN SCAN 25.

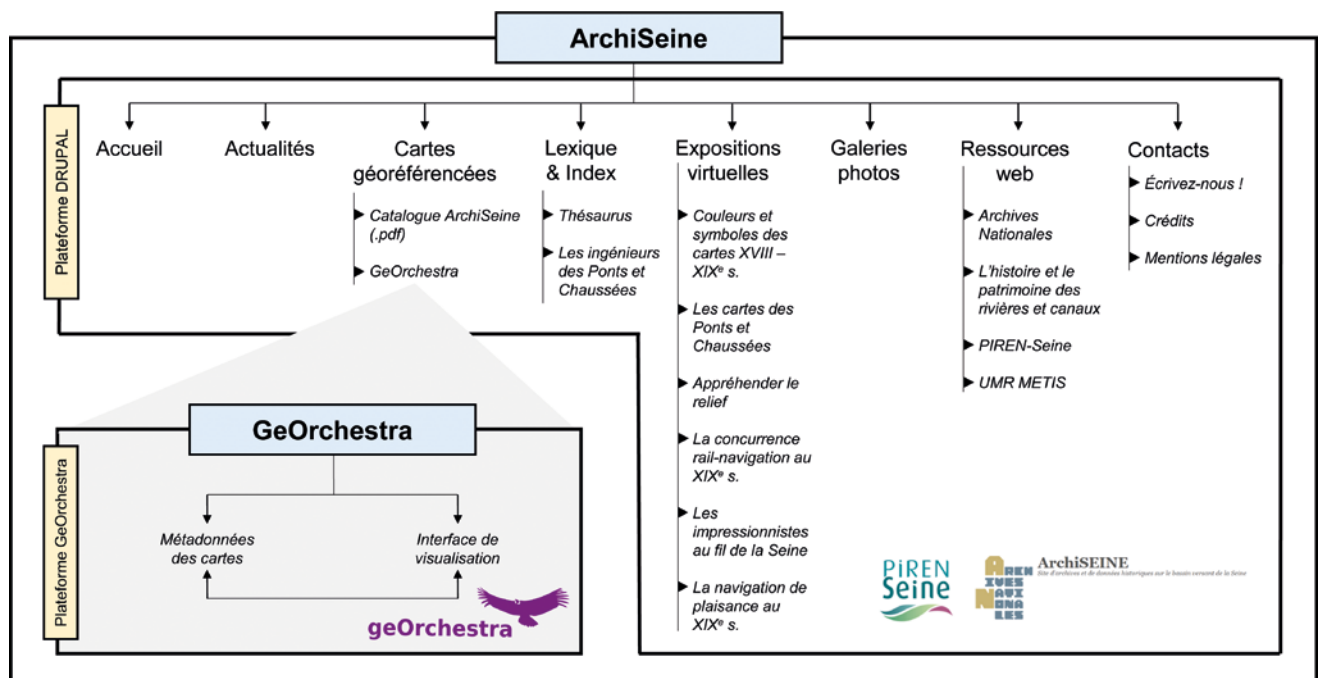


Figure 16. Site ArchiSEINE : Plateforme DRUPAL présentant le contexte des cartes, et plateforme geOrchestra présentant les cartes géoréférencées.

3. Les expositions virtuelles : un accompagnement pour la compréhension des cartes

Le fonds récolté, par ses caractéristiques, permet d'aborder ou d'illustrer quelques points de l'histoire de la cartographie qui sont présentés sous la forme d'expositions virtuelles, en ligne sur le site ArchiSEINE. Elles abordent différents éléments :

- (1) le contexte de la création des cartes, par exemple les travaux d'aménagement des rivières par les ingénieurs des Ponts et Chaussées dans un contexte de concurrence rail/navigation au XIX^e siècle, ou les débuts de la navigation de plaisance à la fin du XIX^e siècle,
- (2) les difficultés de représentation de l'espace en carte (choix du zéro de référence et nivellement, ou définition des symboles et des couleurs),
- (3) la dimension paysagère des cartes confrontée au regard des impressionnistes qui ont peint et magnifié ces espaces.

Les expositions virtuelles sur le site ArchiSEINE

<http://archiseine.sisyph.jussieu.fr/site/node/218/>

Les expositions virtuelles ont été conçues pour informer le lecteur du contexte de création des cartes relatives aux rivières au XIX^e siècle (aménagement et Ponts et Chaussées, début de la navigation de plaisance), et aider à leur lecture (couleurs et symboles, appréhender le relief). La liste des expositions montées à ce jour est la suivante :

- Les couleurs et les symboles des cartes XVIII^e-XIX^e siècles (voir page 27)
- Les cartes et plans des Ponts et Chaussées témoins de l'aménagement des voies fluviales
- Appréhender le relief : histoire du nivellement (voir Figure 17)
- La concurrence rail-navigation au XIX^e siècle : l'équilibre impossible
- Le bassin versant de la Seine et les impressionnistes
- La navigation de plaisance au XIX^e siècle

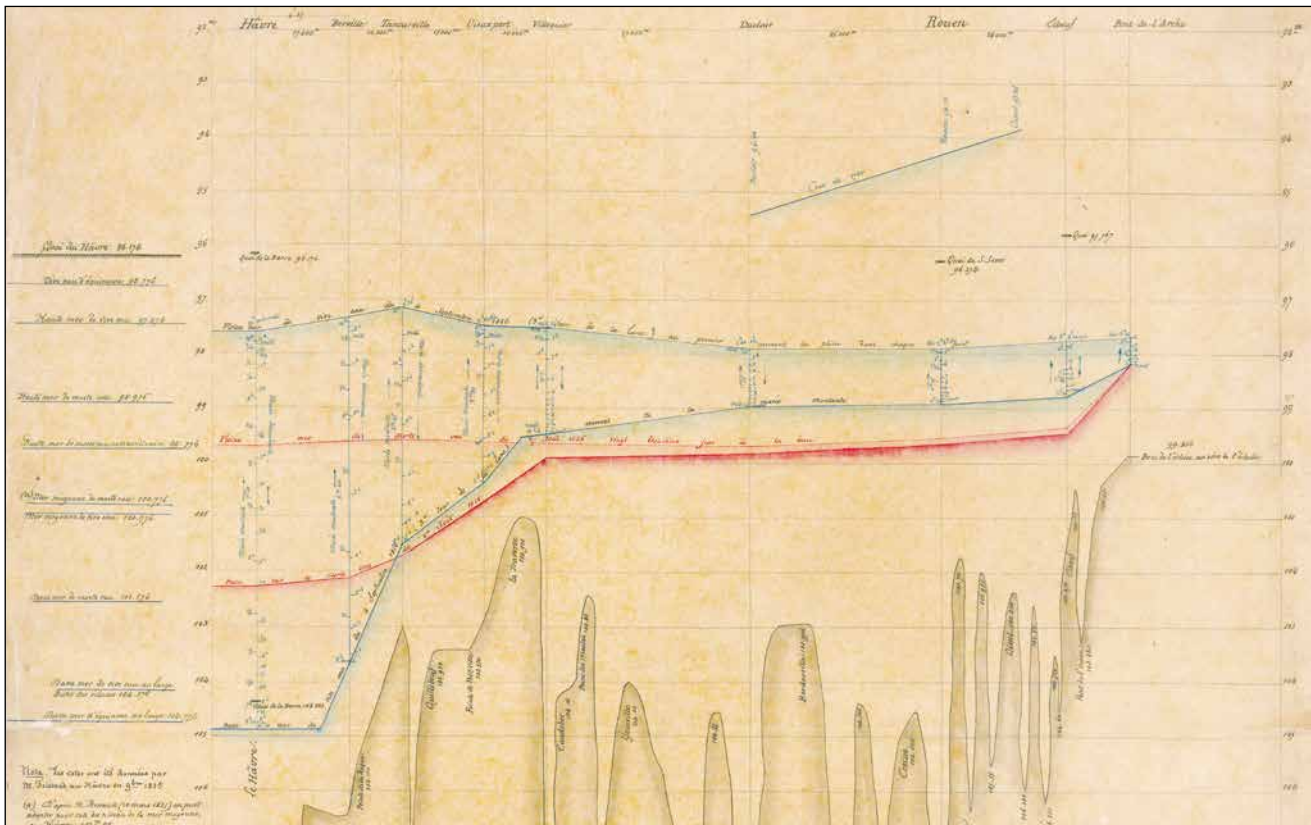


Figure 17. Extrait du profil de la Seine depuis Le Havre jusqu'à Pont-de-l'Arche, carte de Sénéchal, 1826, illustrant l'exposition virtuelle sur l'histoire du nivellement. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 66. <http://archiseine.sisyphes.jussieu.fr/site/node/189>

Les couleurs et les symboles des cartes XVIII^e-XIX^e siècles

Les teintes des cartes ainsi que les techniques et les méthodes pour les mettre en couleur sont très codifiées. Le premier traité de référence qui a influencé durablement la pratique de la cartographie est *L'art de laver ou la nouvelle manière de peindre sur le papier suivant les coloris des dessins qu'on envoie à la cour* d'Henri Gautier, publié en 1687 suivi, en 1697, de *L'art de dessiner proprement les plans, profils...* Cet ouvrage, écrit par un ingénieur du corps des Ponts et Chaussées, est un traité technique exposant le processus de mise en couleur des cartes et dont le but est d'ajouter une valeur sémantique à la carte. L'auteur explique comment préparer les couleurs et pour quel usage elles doivent être employées. Il préconise de s'appuyer sur le travail des artistes qui ont mené une réflexion sur les représentations d'éléments du paysage comme les arbres et le ciel pour choisir les couleurs adéquates pour les représenter.

Le manuel utilisé par les ingénieurs des Ponts et Chaussées est le traité de Nicolas Buchotte, *Les règles du lavis et du dessin*, publié en 1722, qui reprend les significations des couleurs données par Henri Gautier et qui fixe certains principes qui perdurent jusqu'à aujourd'hui, comme le rouge/rose symbolisant la maçonnerie et les habitations. Nombre de ces conventions ont été unifiées par des commissions réunissant des représentants de différents corps impliqués (génie, Ecole des Ponts et Chaussées, Ecole des Mines et Forêts, etc.) en 1802 et 1826. Elles fixent le choix des échelles (adaptation au nouveau système métrique), les dimensions des feuilles, les unités et les conventions de représentation. Ainsi, la commission de topographie de 1802 rejette définitivement la représentation du relief en semi-perspective (pourtant la plus usitée), au profit des courbes de niveau et des lignes de plus grande pente. La représentation de la lumière est simplifiée, la commission déconseillant de représenter les ombres portées (comme c'est le cas sur la Figure 18).

PLAN

DU COURS DE LA SEINE

DEPUIS

PONT DE L'ARCHE

JUSQU'A

PORT PINCHÉ

Echelle de 1000 Toises.

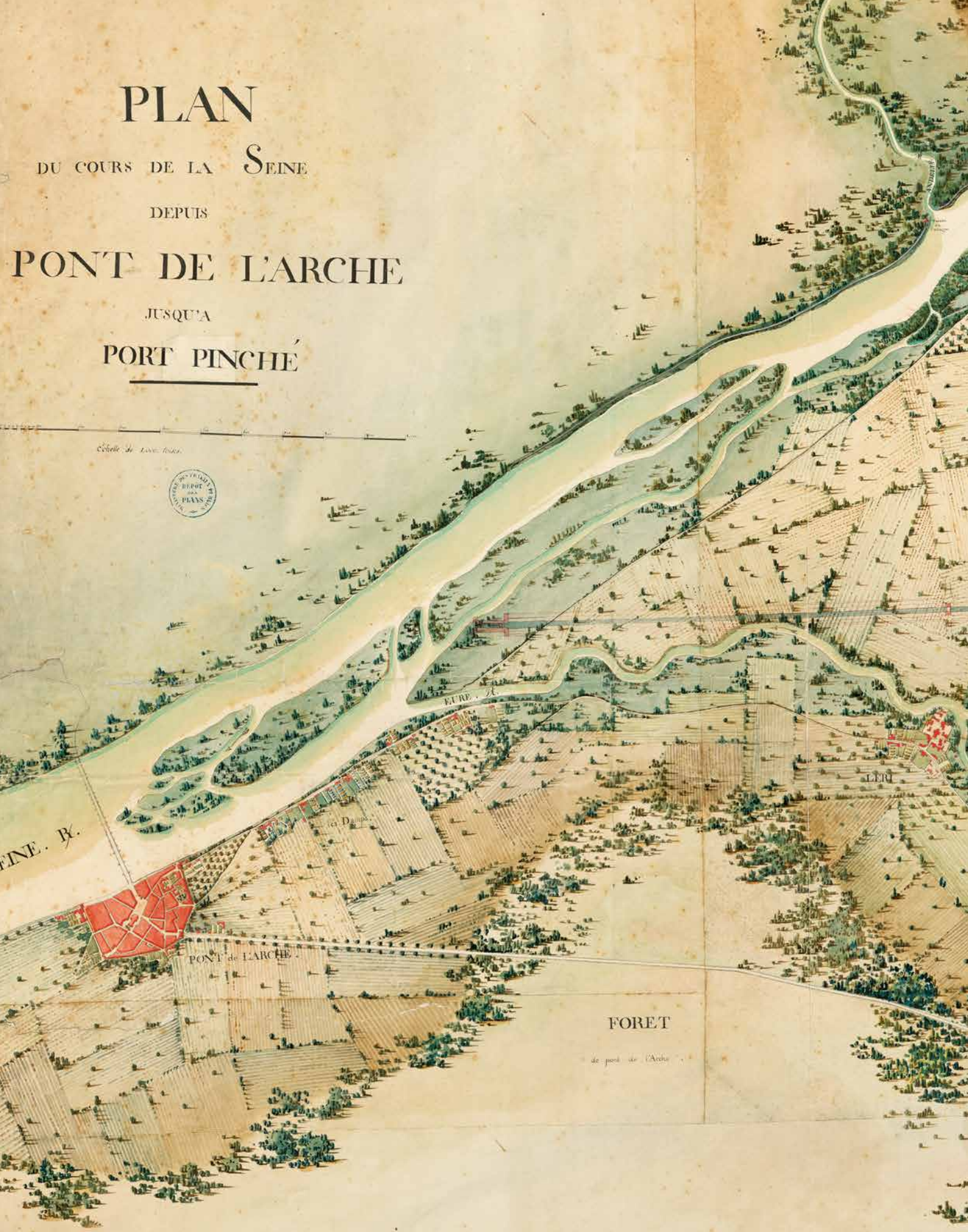
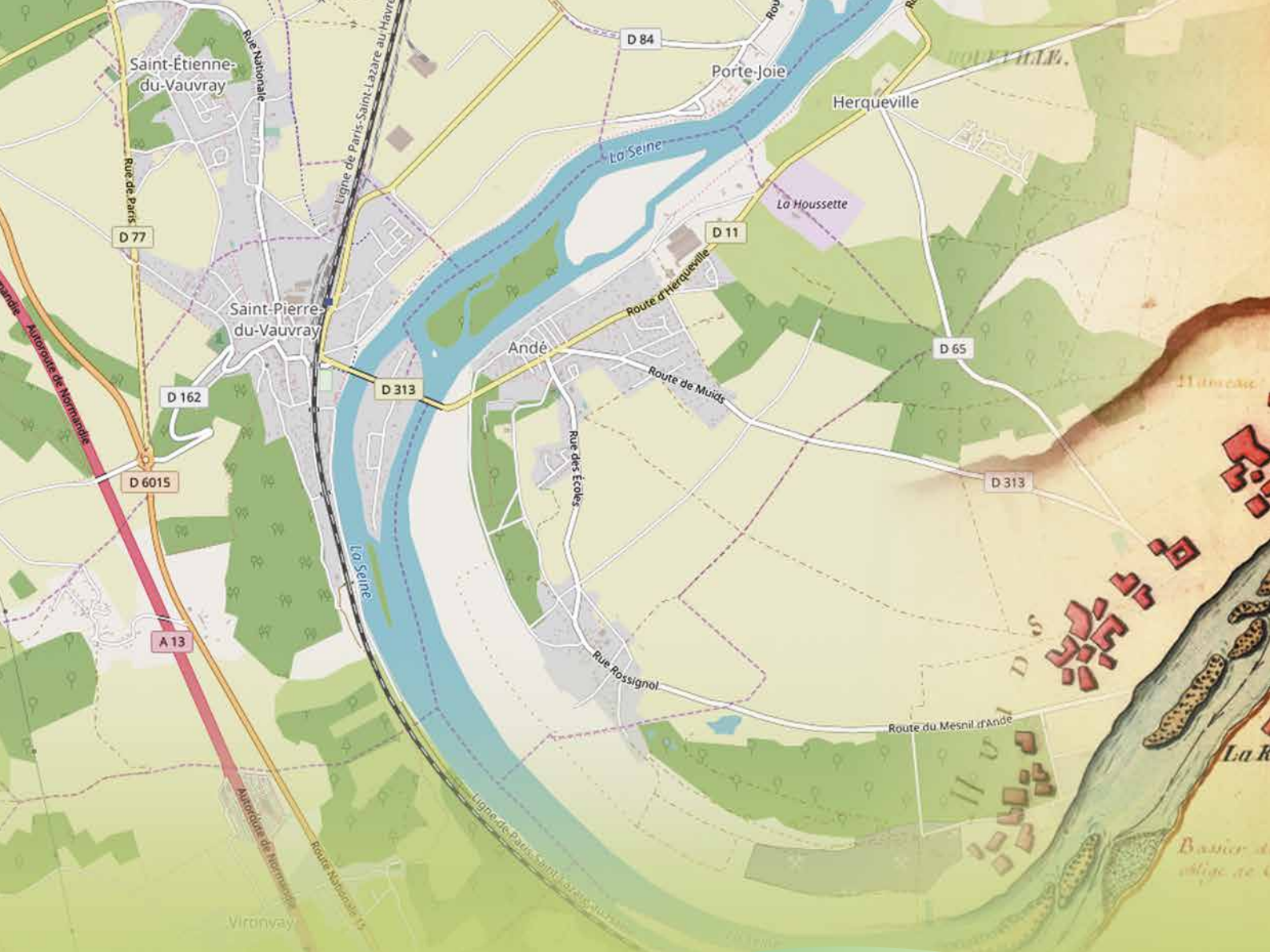


Figure 18. Plan du cours de la Seine depuis Pont-de-l'Arche jusqu'à Port-Pinché montrant le relief en semi-perspective et des ombres portées. Clément, 1795. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 24.





CHAPITRE 3



Reconstruire l'histoire des cours d'eau à l'aide des cartes et plans anciens

Les cartes anciennes conservent la mémoire des évolutions passées. Élaborées comme un instrument de connaissance, d'administration et de planification, elles permettent aujourd'hui de reconstruire l'évolution des paysages, dans le temps et dans l'espace. Les vallées fluviales et les cours d'eau tiennent une place importante dans les représentations cartographiques, tant les fonctions de ces espaces sont fondamentales depuis des siècles (Bravard, 2008). L'héritage cartographique construit autour de cet objet d'étude permet d'enrichir la connaissance des formes fluviales actuelles tout en offrant la possibilité de reconstruire la dynamique d'évolution passée des hydrosystèmes.

La méthode consiste à superposer les tracés issus de cartes levées à différentes dates. Si une approche qualitative permet essentiellement de décrire le contenu

d'une carte et d'observer les changements entre deux dates, l'approche quantitative permet, par digitalisation, d'extraire différentes métriques élémentaires : surface, périmètre, longueur, etc, dont on peut comparer l'évolution dans le temps.

Pour reconstruire l'histoire du cours d'eau de manière fine, il est souvent nécessaire de croiser l'analyse cartographique avec d'autres documents historiques. Ceux-ci sont nombreux pour la Seine car le secteur a fait l'objet de plusieurs phases d'aménagement sur l'ensemble de son linéaire dès le XVII^e siècle. Nous proposons ici deux exercices de lecture de cartes anciennes et d'exploitation de documents d'archives pour reconstituer d'une part l'histoire des îles de la Seine, et d'autre part l'évolution du fleuve dans un secteur en amont de Paris : la Bassée.

1. La disparition des îles de la Seine

La superposition de cartes de la Seine à différentes périodes depuis la fin du XVIII^e siècle permet de mettre en évidence l'importance des modifications sur lit mineur, comme par exemple la disparition de nombreuses îles. Nous avons quantifié ces événements entre Marolles-sur-Seine (numéro 25, Figure 19) et Poses et établi une typologie des modifications recensées pour ces îles. L'approche cartographique est ici incontournable car l'histoire de ces lieux, souvent inhabités et dont l'usage va évoluer au fil des ans, est rarement racontée (Charbit, 2016).

Typologie des modifications

Comblement de bras secondaires de la Seine

On appelle atterrissement le phénomène de comblement des bras secondaires par les sédiments transportés, puis déposés par le fleuve. Il accompagne souvent une baisse de débit et/ou de la force du courant. Ce phénomène peut-être totalement naturel (abandon d'un chenal à la suite d'une crue par exemple) ou initié (voire amplifié) par les activités humaines (aménagement hydrauliques

par exemple) et peut conduire au rattachement d'une île à la berge (Figure 20). Ce rattachement peut également être volontaire, pour lutter contre l'insalubrité d'un bras, ceux-ci ayant parfois été utilisés comme décharge ou comme égout. C'est par exemple le cas de l'ancienne île d'Argenteuil, dont le bras a longtemps servi de réceptacle aux déchets du village (Figure 21). Plus en aval, à Conflans-Sainte-Honorine, c'est l'ancien bras de l'île de Devant (bras Favé) qui a longtemps servi de cimetière de bateaux, avant d'être comblé dans la seconde moitié du XX^e siècle.

Fusion d'îles

Pour augmenter la force du courant dans le bras principal, par exemple pour faciliter la navigation par autocurage, certaines îles ont pu être fusionnées par la construction d'une digue ou d'un remblai (Figure 22). C'est le cas au regard de la Machine de Marly située à Bougival, construite pour relever l'eau de la Seine jusqu'à des réservoirs alimentant le château puis la ville de Versailles (Figure 23). L'effet de renforcement du courant était tel que des travaux de consolidation de ces digues étaient souvent nécessaires. Elles pouvaient être fragilisées par des crues ou par des accidents de navigation. Le Conseil des Ponts et Chaussées, dont l'avis était sollicité pour tous les projets, demande souvent aux ingénieurs de diminuer leurs dimensions : « il sera toujours facile d'augmenter la hauteur et la largeur des digues projetées si l'expérience faisait reconnaître l'insuffisance des dimensions indiquées » (AN F14/6750, dossier 20). L'ingénieur Chanoine propose en 1850 de les renforcer en les plantant avec des oseraies entremêlées de saules.

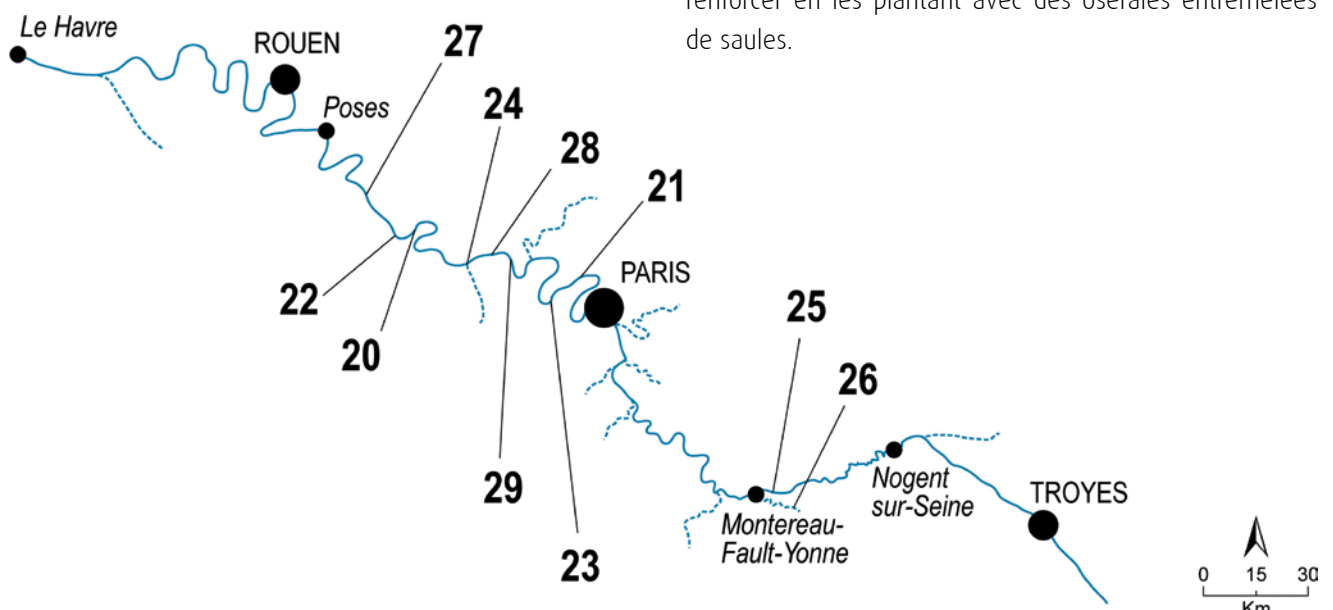


Figure 19. Localisation des figures présentées pour illustrer les modifications des îles de la Seine depuis le XIX^e siècle. Les numéros renvoient aux figures qui suivent.

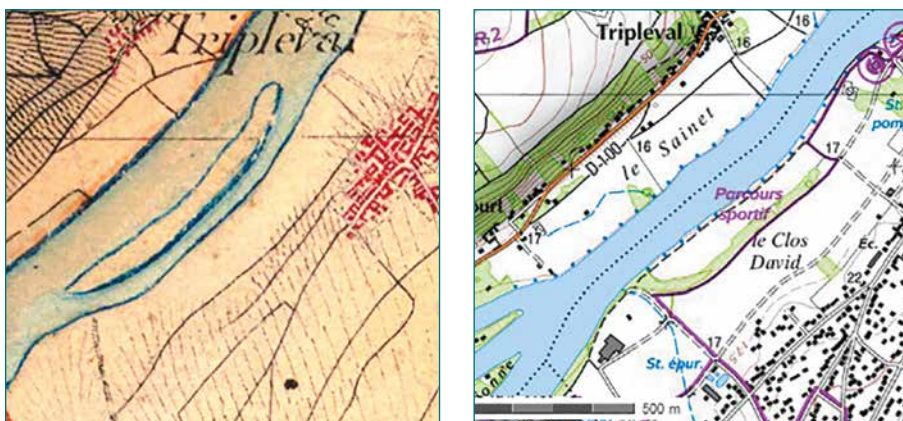


Figure 20. Cas de rattachement d'une île à la berge, près de Freneuse (78).
 Comparaison entre la carte d'État-major et la carte IGN au 1/25 000^e (© IGN, site Géoportail).

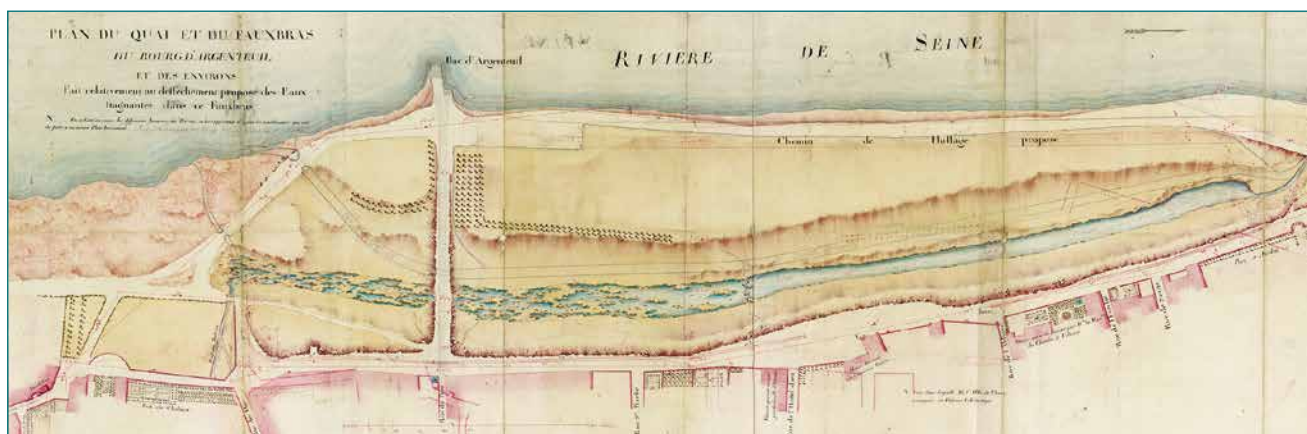


Figure 21. Plan du quai et du faux-bras du bourg d'Argenteuil, 1783. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 20.

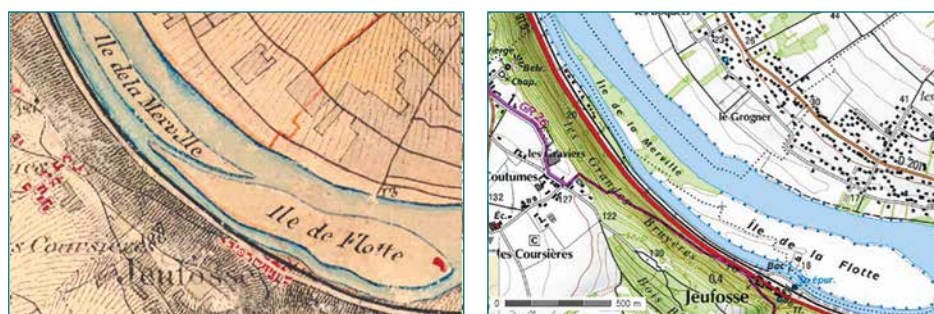


Figure 22. Cas de fusion entre deux îles à Jeufosse (78).
 Comparaison entre la carte d'État-major et la carte IGN au 1/25 000^e (© IGN, site Géoportail).



Figure 23. La Seine à Bougival avec l'emplacement de la Machine de Marly (cercle noir) et digue en amont reliant deux îles (cercle blanc). Carte de Lefebvre, inspecteur général des Ponts et Chaussées, 1805. AN CP/F/14/10078, dossier 1, pièce 27.



Croissy

La Gare

Garde Pleine

La Loge

Prunay

la Machine

Louvecienne

Boulogne



Rectification

Ce type correspond à l'arasement de tout ou partie d'une île dans le cadre du creusement d'un chenal de navigation ou d'un bassin (Figure 24). Malgré l'importance de ces travaux et leurs conséquences sur l'île, il n'y a que peu de documents relatifs à ce type de modification dans les archives. Habituellement, ces îles appartenaient au Domaine public et ne faisaient donc pas l'objet d'indemnisation à des propriétaires lésés par ces travaux.

Submersion

Il s'agit de la disparition d'une île lors de l'augmentation du niveau d'eau causée par la construction ou le rehaussement d'un barrage. Étant donné l'importance de l'activité de navigation sur la Seine, il est probable que ces îles submergées aient ensuite été arasées.

Création d'îles artificielles

Ce cas se produit lors du percement d'un canal de navigation entre deux points de la rive. Si ces points sont situés aux extrémités d'un méandre, on parle de rescindement (Figure 25). La création d'îles artificielles demeure rare dans la zone étudiée mais a été fréquente dans les parties de rivières présentant de nombreux méandres (sur la Seine plus en amont, ou sur l'Yonne).

Entre Marolles-sur-Seine et Poses, 236 modifications d'îles ont ainsi été identifiées entre 1760 et aujourd'hui, dont 129 disparitions d'îles par arasement, submersion ou rattachement à la berge, occasionnant la perte de leur caractère insulaire, et 84 fusions (deux îles n'en formant plus qu'une). Le nombre d'îles apparues sur la même période est de quatre, dont trois par rescindement de méandres entre Marolles-sur-Seine et Montereau. Il en résulte une diminution significative de la longueur des berges de la Seine et la perte de nombreuses zones de frayères, contribuant à la modification des populations piscicoles de la rivière (Tales, 2009). Ces modifications ont également conduit à une évolution de l'usage de ces îles, comme nous l'illustrons par la suite.

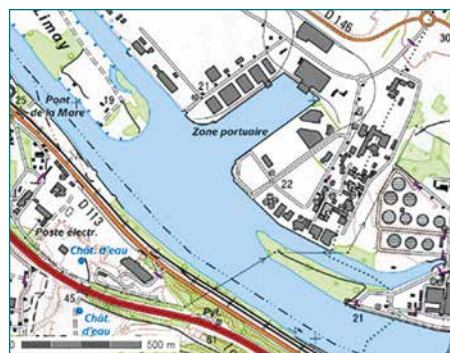
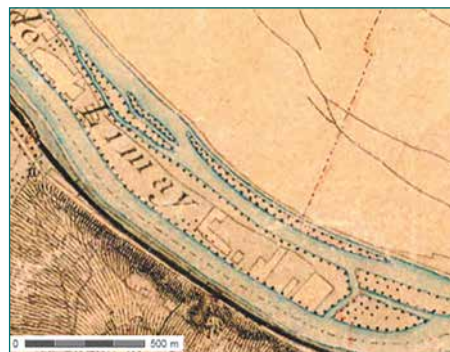


Figure 24. Des îles ont été partiellement ou totalement supprimées lors du creusement du bassin de la centrale électrique de Porcheville (78). Comparaison entre la carte d'État-major et la carte IGN au 1/25 000^e (© IGN, site Géoportail).

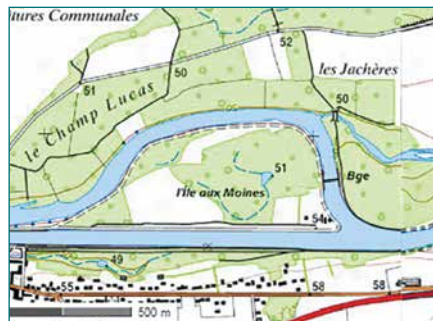
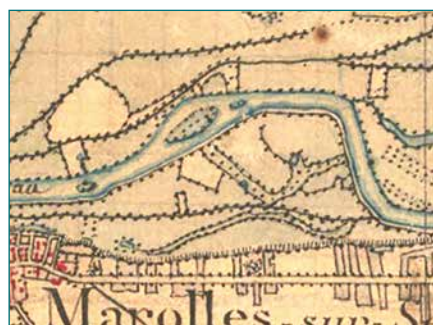


Figure 25. Le rescindement d'un méandre à Marolles-sur-Seine (77), dans le but d'améliorer la navigation, a occasionné l'apparition d'une île artificielle. Comparaison entre la carte d'État-major et la carte IGN au 1/25 000^e (© IGN, site Géoportail).

Evolution des usages des îles

Pâturage insulaire

Cet usage, lié à la caractéristique insulaire, qui permettait d'occuper cet espace tout en contrôlant le cheptel, était très répandu dans les campagnes jusqu'au début du XX^e siècle. Ainsi, la toponymie des îles est souvent évocatrice d'activités d'élevage bovin (Figure 26).

Habitat

Certaines des îles de la Seine ont été habitées très tôt, comme celles de Paris ou l'île Saint-Étienne à Melun. À partir du début du XX^e siècle, certaines îles sont loties et deviennent alors des quartiers aisés à l'écart du reste de la ville. Sur l'exemple ci-après à Meulan, un habitat ancien sur l'île du Fort est relié à l'île Belle qui sera en partie lotie au XX^e siècle (Figure 27).

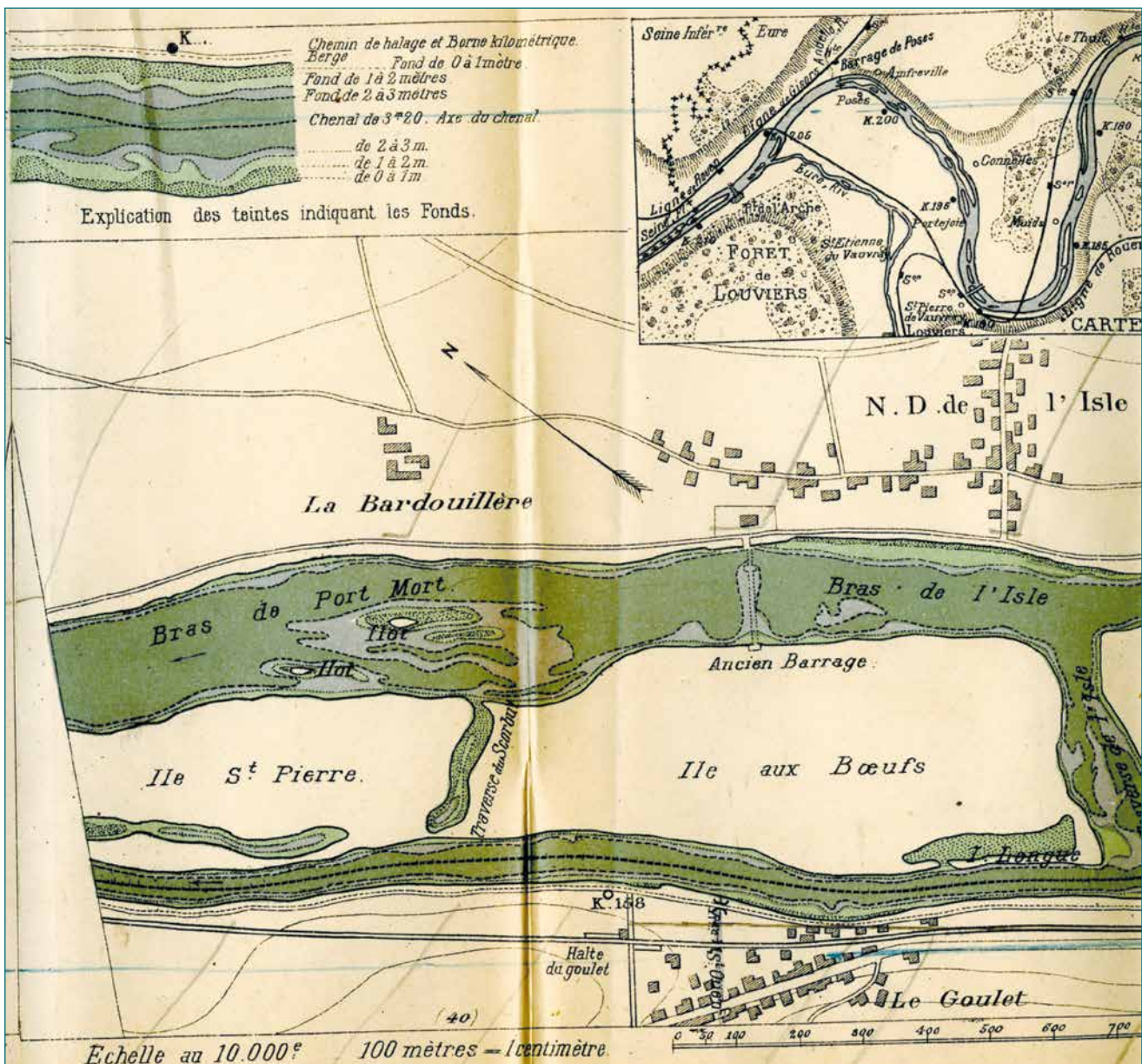


Figure 26. Île aux bœufs sur un extrait d'une carte de navigation de la Seine de Guillaume (1899).

© Musée de la batellerie et des voies navigables.

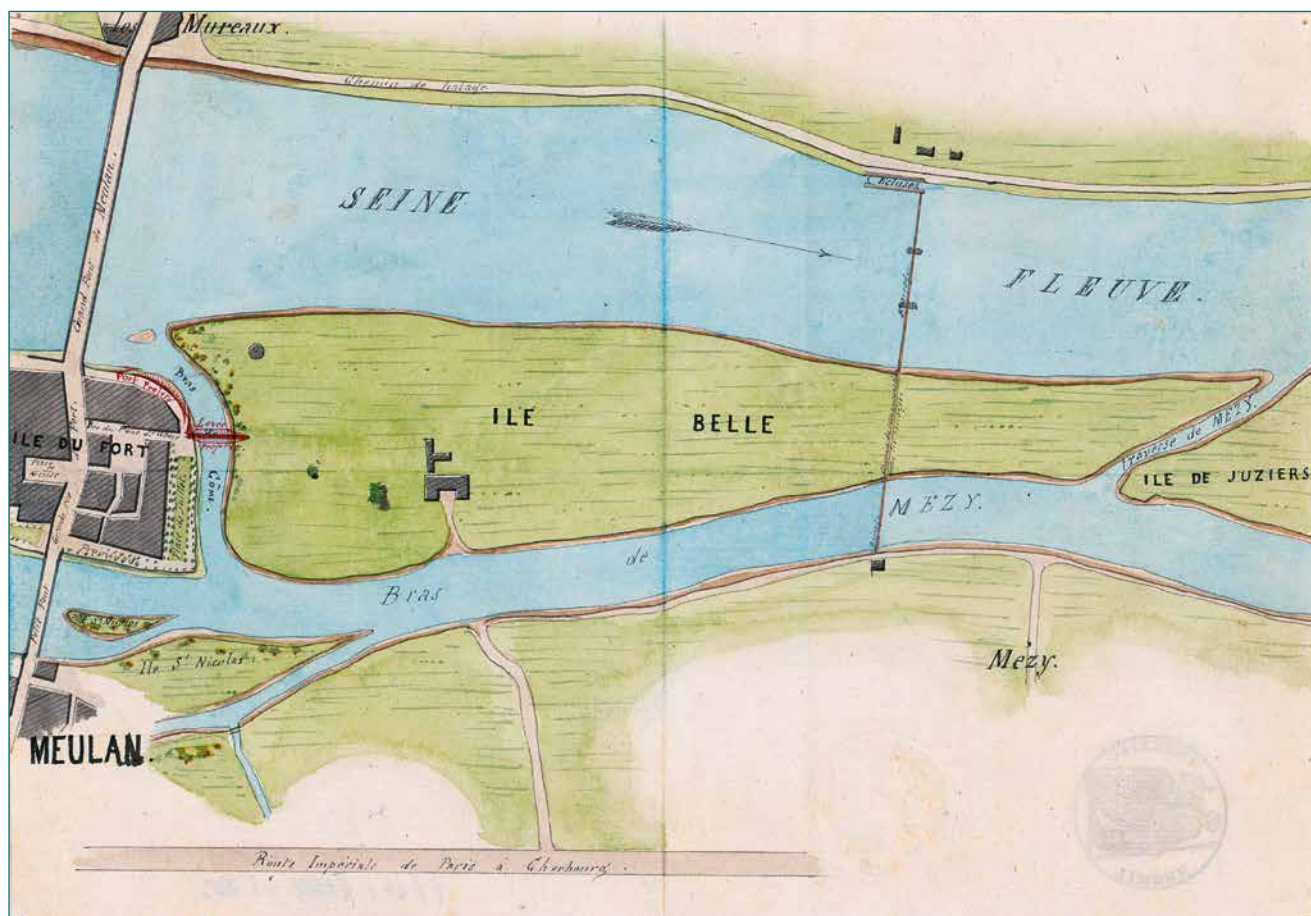


Figure 27. Île habitée/île habitable à Meulan. AN F/14/6758, dossier 6, pièce 109/1.

Espaces de loisirs

On distingue deux principales « vagues » de loisirs. La première s'est produite à partir des années 1830 jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Elle découle directement de l'arrivée du chemin de fer en périphérie de Paris, permettant aux notables parisiens de venir se distraire dans ce qui était encore des campagnes. C'est à cette époque que se sont développés la baignade en rivière, le canotage, la pêche de loisir ou encore la promenade sur les berges. Corollaire

de ces activités, de nombreuses guinguettes se sont alors établies sur les berges de la Seine. La seconde vague de loisirs se produisit après-guerre, pendant la période des Trente Glorieuses. C'est à cette époque que les villes s'équipèrent de complexes sportifs, d'aires de jeux et de promenades qui, très souvent, sont situés sur les berges du fleuve, voire sur les îles. On retrouve cette activité de promenade et de loisirs sur beaucoup d'îles rattachées aux berges.

Les îles comme sanctuaires de nature

Un certain nombre d'îles sont aujourd'hui inhabitées et occupées par la ripisylve ou par des prairies plus ou moins aménagées. Du fait de leur accès restreint les mettant à l'abri de l'urbanisation et de l'agriculture, ces îles sont souvent perçues comme des sanctuaires de nature, des réservoirs de biodiversité à protéger. Cette vision existait déjà dès le XIX^e siècle, mais elle s'est renforcée à la fin du XX^e siècle, avec la prise de conscience des enjeux liés à la préservation des écosystèmes. Plusieurs îles ou anciennes îles rattachées à la berge sont aujourd'hui classées en ENS (Espace Naturel Sensible), comme par exemple la Prairie Malécot à Boissise-le-Roi (Seine-et-Marne).

Lieux d'inspiration artistique

Cet usage s'est particulièrement développé à partir de l'arrivée du chemin de fer dans la périphérie ouest de Paris, dans les années 1830 à 1850. De Paris à Poses, on trouve de nombreux textes témoignant de cette activité. On peut citer quelques lieux célèbres : l'île de la Jatte immortalisée par Seurat (Figure 28), l'île du Chiard devenue *île des Impressionnistes* après que ces derniers y aient beaucoup peint, et bien sûr, de Poissy à Giverny, les travaux de Monet qui ont grandement participé à la renommée de la région. Une exposition virtuelle du site ArchiSEINE est dédiée à ce thème⁵.

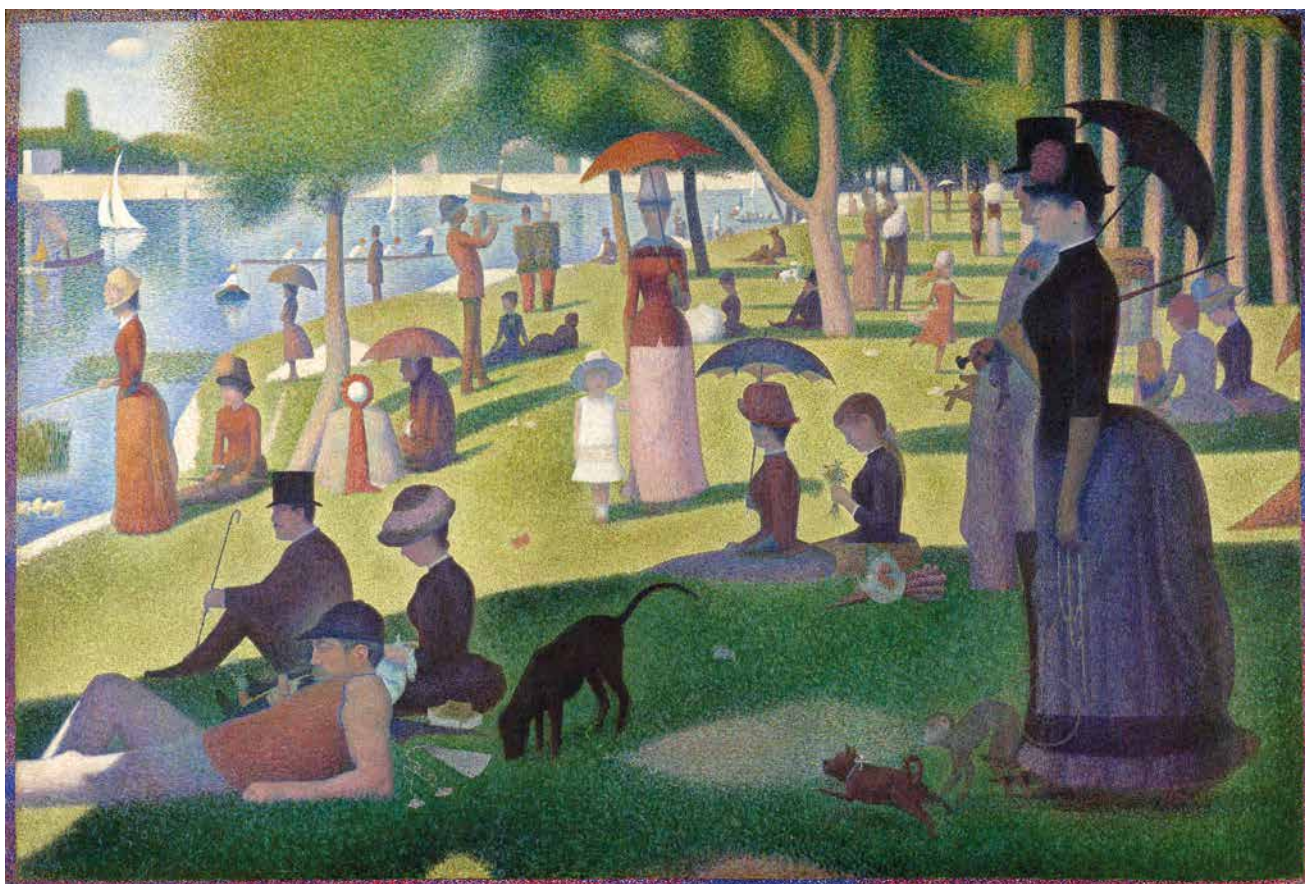


Figure 28. *Un dimanche après-midi à l'île de la grande jatte*, Georges Seurat. Peinture à l'huile de style pointilliste, réalisée entre 1884 et 1885, représentant l'île de la Jatte (anciennement île de la Grande Jatte). Art Institute of Chicago.

⁵ <http://archiseine.sisyphes.jussieu.fr/site/impressionnistes-fil-eau>



2. L'évolution historique de la Seine dans le secteur de la Bassée aval

Site d'étude

La Bassée est la plus grande plaine inondable du bassin de la Seine supérieure et la plus importante zone humide d'Île-de-France. Classée en Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), la Bassée correspond à un vaste secteur de la vallée de la Seine, localisé en amont de Paris entre la confluence Seine-Aube (Romilly-

sur-Seine) et la confluence Seine-Yonne (Montereau-Fault-Yonne). Cette zone humide où les inondations peuvent s'épandre joue un rôle important dans la gestion des crues de la Seine et permet d'assurer l'atténuation des pics de crue pour la région parisienne (Fustec *et al.*, 2001).

Le secteur étudié correspond au tronçon aval de la Bassée, localisé entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne (Figure 29). Il se caractérise par une importante diversité d'aménagements qui s'explique essentiellement par la difficulté à naviguer sur cette portion de la Seine (Lescure et Fassetta, 2011).

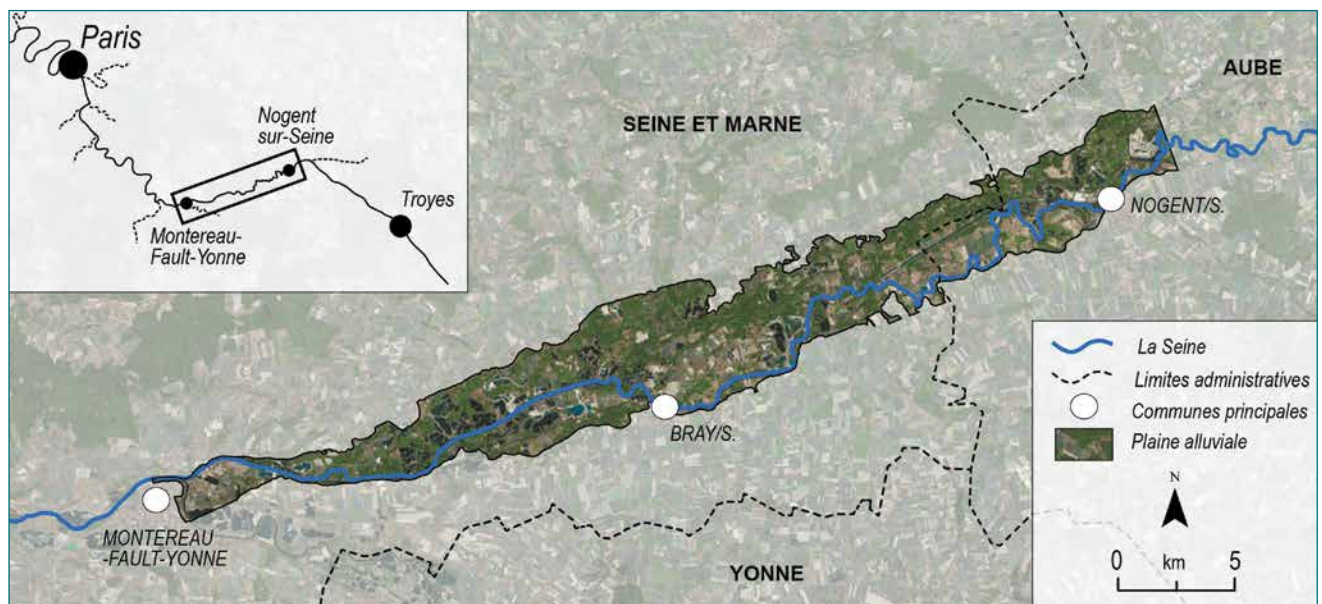


Figure 29. Localisation du secteur de la Bassée aval correspondant à un tronçon de la Seine situé entre Troyes et Paris (en haut à gauche) et sectorisation précise de la zone d'étude plaine alluviale entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne.



Histoire des aménagements

Jusqu'au début du XIX^e siècle, le cours d'eau est la voie privilégiée pour le transport des marchandises et l'acheminement du bois par flottage. Des documents d'archives attestent des premiers aménagements entrepris de façon sporadique dans le secteur de la Bassée avant le XVII^e siècle. L'objectif principal est d'améliorer les conditions de navigation et de flottage de bois de chauffage (Dzana, 1997). Des travaux d'aménagement plus importants sont menés au cours des XVII^e et XVIII^e siècles (rescindements de méandres, travaux pour déconnecter des vieilles noues, aménagements hydrauliques, etc.). Avec l'essor du réseau routier et du chemin de fer, l'importance de la navigation va péricliter et les infrastructures hydrauliques ne seront plus

entretenu. Les conditions de navigation et de flottage se dégradent, notamment en période de basses eaux.

La seconde moitié du XIX^e siècle est marquée par un regain d'intérêt de l'utilisation des voies d'eau. À l'amélioration des conditions de navigation s'ajoutent les objectifs de protection des terres agricoles, qui s'étendent à cette époque jusqu'au lit mineur. Les aménagements se matérialisent essentiellement par la construction d'ouvrages anti-érosifs (1848) et de canaux de dérivation d'une dizaine de kilomètres de long. Il s'agit plus précisément du canal de Beaulieu à Villiers construit en 1885 et du canal de Bray à La Tombe construit en 1899 (Figure 30). Ce dernier sera abandonné en 1979 lors de la mise à grand gabarit de la Seine.

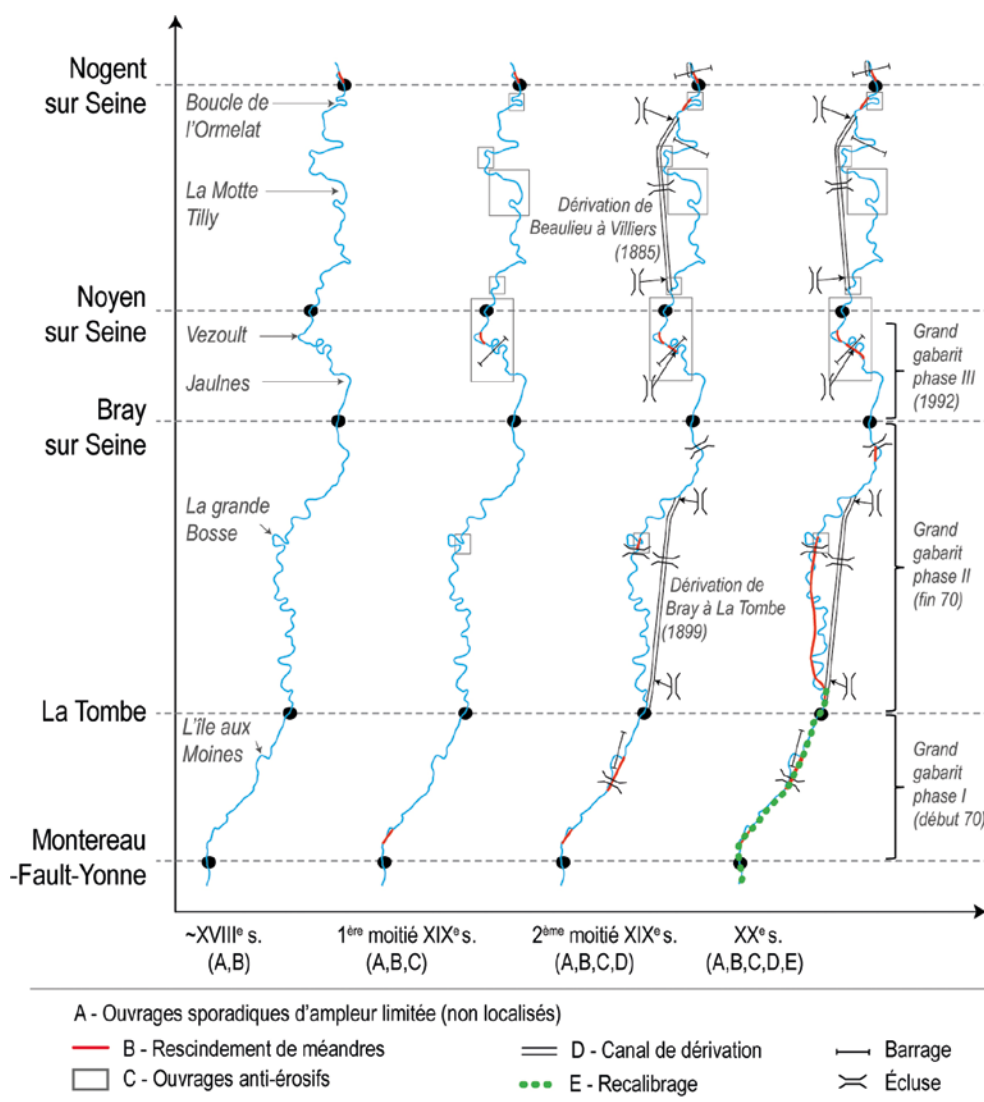


Figure 30. Chronologie des principaux aménagements entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne (Bassée aval), adaptée, complétée et modifiée de Dzana (1997).



Figure 31. La Seine rectifiée entre Bray-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne. Dans la plaine alluviale, les plans d'eau de formes géométriques correspondent aux zones d'extractions de granulats. La plupart de ces gravières datent de la seconde moitié du XX^e siècle et certaines sont encore en activité aujourd'hui. (Crédits photo : Pérouse, 2005).

Les aménagements se poursuivent au XX^e siècle et s'intensifient dans les années 1970 pour faciliter la navigation des grands gabarits. Dans le secteur de la Bassée aval (de La Grande Bosse à Montereau-Fault-Yonne), les travaux correctifs affectent directement le lit de la Seine : rescindement des boucles de méandres, curages et reprofilage des berges. Ces aménagements « lourds » ont pour conséquences un remodelage total du cours d'eau dans ses trois dimensions (Dzana, 1997). Les rescindements de méandres impactent la longueur du cours d'eau et modifient considérablement la pente tandis que les curages-reprofilages modifient la largeur et la profondeur du lit naturel.

Les années 1970 sont également marquées par la construction des grands barrages-réservoirs en amont du bassin de la Seine qui représentent une contrainte indirecte sur la dynamique hydrologique actuelle de la Bassée.

Associé à ces modifications qui affectent le fonctionnement hydrologique et morphologique de la Seine s'ajoute une réelle métamorphose de la plaine alluviale de la Bassée,

liée essentiellement à l'augmentation des extractions de granulats (Figure 31).

Sources documentaires anciennes

Si l'analyse cartographique permet d'observer les évolutions en plan (variation de la largeur du lit, déplacement du cours d'eau dans l'espace, recouplement de méandre, etc.), des levés de l'altitude du fond du lit à différentes dates sont nécessaires pour comprendre les évolutions verticales (variation de la pente, localisation des secteurs d'exhaussement et d'incision, etc.). Ces données (profil en long, profil en travers), sont essentielles pour une compréhension globale de la dynamique du cours d'eau. Souvent difficiles à trouver dans les documents d'archives, ces documents sont toutefois existants dès lors que de grands travaux d'aménagement ont eu lieu. C'est notamment le cas de la Seine, qui a fait l'objet de nombreuses phases d'aménagement sur l'ensemble de son linéaire dès le XVII^e siècle.

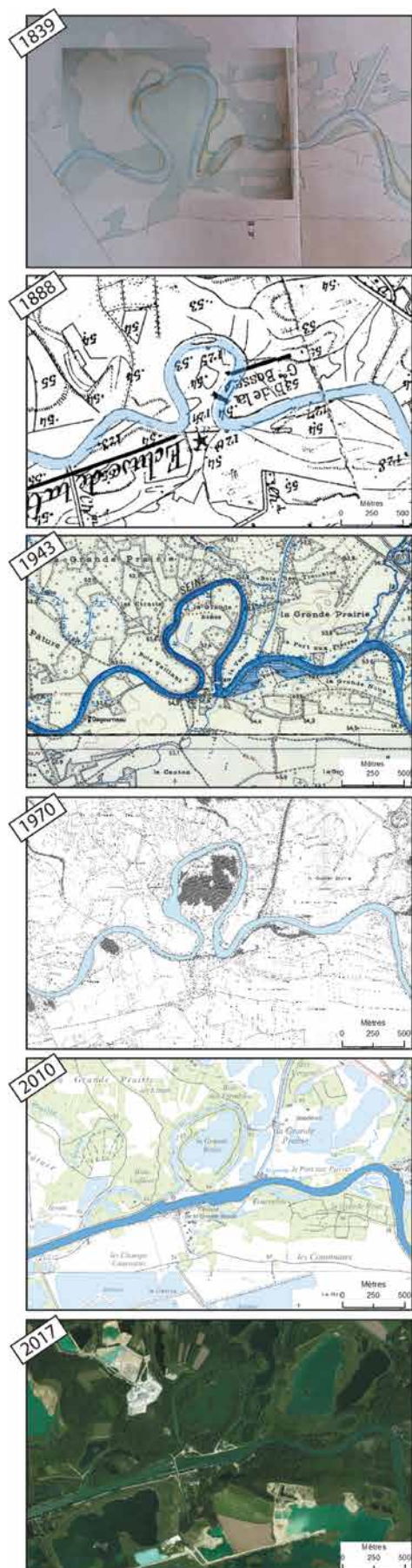


Figure 32. Cartes anciennes dans le secteur de la Grande Bosse entre 1839 et 2010.

Photo aérienne du même secteur en 2017.

© IGN pour les vignettes de 2010 et 2017, site Geoportail.

Les cartes anciennes

Cinq séries de cartes anciennes ont été utilisées pour suivre les évolutions de la Seine entre 1839 et 2010 à un pas de temps de 40 ans en moyenne (Figure 32).

La carte la plus ancienne retrouvée sur le secteur date de 1839. Il s'agit plus précisément d'une carte composée d'une liasse de 7 feuilles qui représentent, par sections de plusieurs kilomètres chacune, le cours de la Seine entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne. Cette carte au 1/5 000^e a probablement été levée par les ingénieurs des Ponts et Chaussées (tampon de l'ingénieur en chef faisant foi). Plusieurs éléments cartographiques d'une grande finesse permettent de ratifier de la haute précision du levé : le thalweg, les rives, les îles, les bâtiments et les points kilométriques sont rigoureusement représentés. Il s'agit vraisemblablement d'une carte levée en prévision de la première tranche de travaux d'aménagement, ce qui explique l'importance de la précision accordée aux travaux cartographiques.

La carte de 1888 provient du service de Navigation de la Seine de Nogent. Elle correspond au plan général de la Vallée de la Seine entre Marcilly et Montereau. Dressée au 1/50 000^e par l'ingénieur Wender (Ponts et Chaussées), la carte est actualisée chaque année jusqu'en 1903 pour tenir à jour l'avancée des travaux sur l'ensemble du linéaire. Il s'agit d'un document de travail, ce qui explique probablement son important degré d'imprécision. Compte tenu du faible nombre de cartes couvrant ce secteur à cette période (fin du XIX^e siècle), cette dernière a été retenue pour l'étude tout en prenant en compte cette imprécision pour l'analyse des évolutions.

Le levé de 1943 résulte d'un grand projet de cartographie mené en France à partir de 1922. L'objectif est de réviser l'ensemble des cartes en les conformant à un même système de projection (Lambert). À partir de cette période, les cartes gagnent en qualité et en précision (Costa *et al.*, 2009). Pour couvrir l'ensemble du secteur de la Bassée aval, une série de 12 cartes au 1/20 000^e associée à une carte au 1/50 000^e a été nécessaire.

Dans les années 1970, la photographie donne de nouvelles perspectives pour le suivi des évolutions des cours d'eau. Les cartes sont désormais retranscrites à partir d'images aériennes.

Vingt cartes au 1/5 000^e de ce type ont été combinées à deux cartes IGN au 1/25 000^e pour couvrir l'ensemble du secteur.

La carte de 2010 au 1/25 000^e provient du Scan 25 (base de données IGN) qui regroupe des séries d'images cartographiques numériques et géoréférencées. Aujourd'hui, la combinaison d'imagerie satellite et de photographie aérienne permettent d'obtenir des visuels très précis de la surface de la terre. Ici, l'image de 2017 a simplement pour objectif de donner un aperçu de l'état actuel du secteur d'étude.

Les profils en long

Fréquemment utilisés par les ingénieurs des Ponts et Chaussées, les profils en long permettent de visualiser les variations verticales du cours d'eau (fond du lit, ligne d'eau, berges) d'amont en aval. À l'échelle d'un linéaire, ces données sont essentielles pour déterminer la pente générale du cours d'eau. À l'échelle locale, suivre ces variations permet de localiser les secteurs de hauts-fonds (zones peu profondes) et, au contraire, les secteurs où la profondeur est élevée. La détermination de ces caractéristiques physiques présente un intérêt élevé pour la navigation, notamment pour optimiser et sécuriser les itinéraires fluviaux. Pour les ingénieurs, ces données viennent compléter la cartographie en plan et faciliter le choix de la localisation pour l'implantation des ouvrages hydrauliques. Les profils en long sont également très utiles pour reconstruire l'histoire de l'hydrosystème.

Ils permettent, entre autres, de visualiser les évolutions verticales entre deux dates et d'analyser l'effet des aménagements sur le cours d'eau.

Sur le secteur d'étude, seuls deux profils en long historiques ont été retrouvés entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne. Ils sont datés de 1839 et 1903 et sont conservés à la Bibliothèque nationale de France.

Le profil en long de 1839 couvre une soixantaine de kilomètres. Associé à la carte de 1839, ce profil du fond du cours d'eau est accompagné par le profil des sommets des berges et celui de la ligne d'eau à l'étiage (Figure 33). Avec en moyenne un point de levé tous les 27 m, le document est d'une très grande précision, malgré quelques données manquantes au niveau des pliures du document. Cette pièce historique en 10 feuilles présente donc un intérêt majeur pour l'analyse des évolutions de la Seine dans le secteur de la Bassée aval. Dressé avant les premiers grands aménagements, ce profil en long reflète la morphologie de la Seine à l'état naturel. Il est fort probable que le document ait été levé en prévision des travaux à venir.

En 1903, les Ponts et Chaussées réalisent un nouveau profil en long pour déterminer la pente du lit en tenant compte des aménagements : seules certaines portions « naturelles » sont levées, l'itinéraire suivi pour le levé passant par les canaux de dérivation (Figure 34). S'il nous renseigne sur la situation générale du cours d'eau après les travaux de dérivation, ce document, issu d'un atlas des voies navigables de France, est moins précis que la liasse



Figure 33. À gauche : une partie du profil en long levé en 1839. À droite : détail du tracé. (BnF GeBB988).

de documents précédents mais a cependant été utilisé pour comparer l'évolution générale du fond du lit.

Alors que les profils longitudinaux permettent d'obtenir une information orthogonale (variations des hauteurs en fonction de la distance), le levé bathymétrique offre

une information complète du « relief » immergé du cours d'eau dans ses 3 dimensions. De cette information tridimensionnelle recueillie entre 2009 et 2015 VNF sur une partie de la Bassée a été extrait le profil en long actuel (Figure 35).

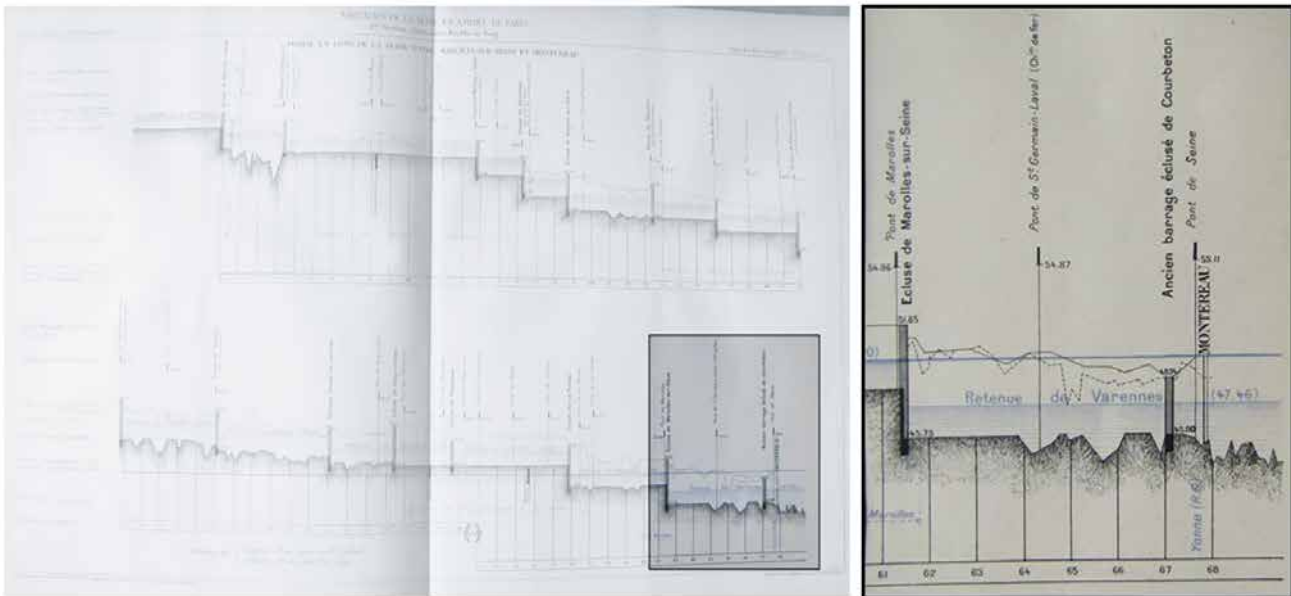


Figure 34. À gauche : profil en long général levé en 1903. À droite : détail du tracé. (Ponts et Chaussées, 1903).

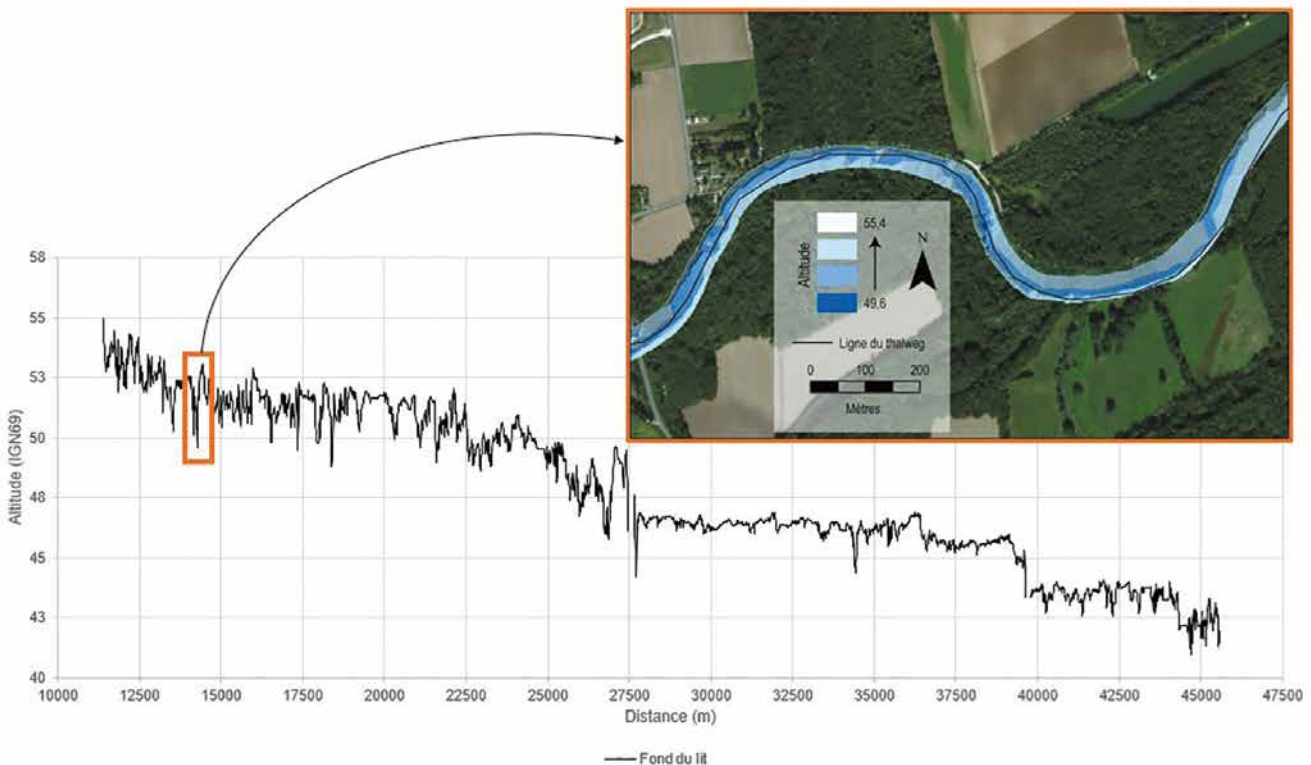


Figure 35. Profil en long actuel issu de la compilation de données bathymétriques VNF recueillies entre 2009 et 2015.

Utiliser les sources anciennes pour reconstruire les évolutions morphologiques passées

Une fois les cartes sélectionnées et géoréférencées sur un support commun (Figure 36, ②), elles sont exploitées à l'aide d'un logiciel de cartographie qui permet de digitaliser les différents éléments qui la composent. Pour analyser les déplacements en plan du cours d'eau, l'étude s'est focalisée sur le réseau hydrographique de la Bassée, et plus particulièrement sur le lit mineur. L'emprise du chenal principal et des bras secondaires a donc été digitalisée pour chaque carte ancienne (Figure 36, ③). La superposition des

différentes couches a permis de réaliser des comparaisons et une analyse qualitative a pu être menée pour déterminer l'importance des changements à différentes périodes (Figure 36, ④).

Dans le secteur de la Grande Bosse, cette première analyse met en évidence une migration latérale de plusieurs mètres (90-100 m) entre 1839 et 1943 (Figure 37). Cet accroissement de la boucle du méandre vers l'extérieur correspond à une dynamique typique des cours d'eau méandriforme. À l'inverse, le rétrécissement de la boucle constaté entre 1839 et 1888 paraît incohérent, mais peut s'expliquer par l'imprécision de la carte de 1888. Il est

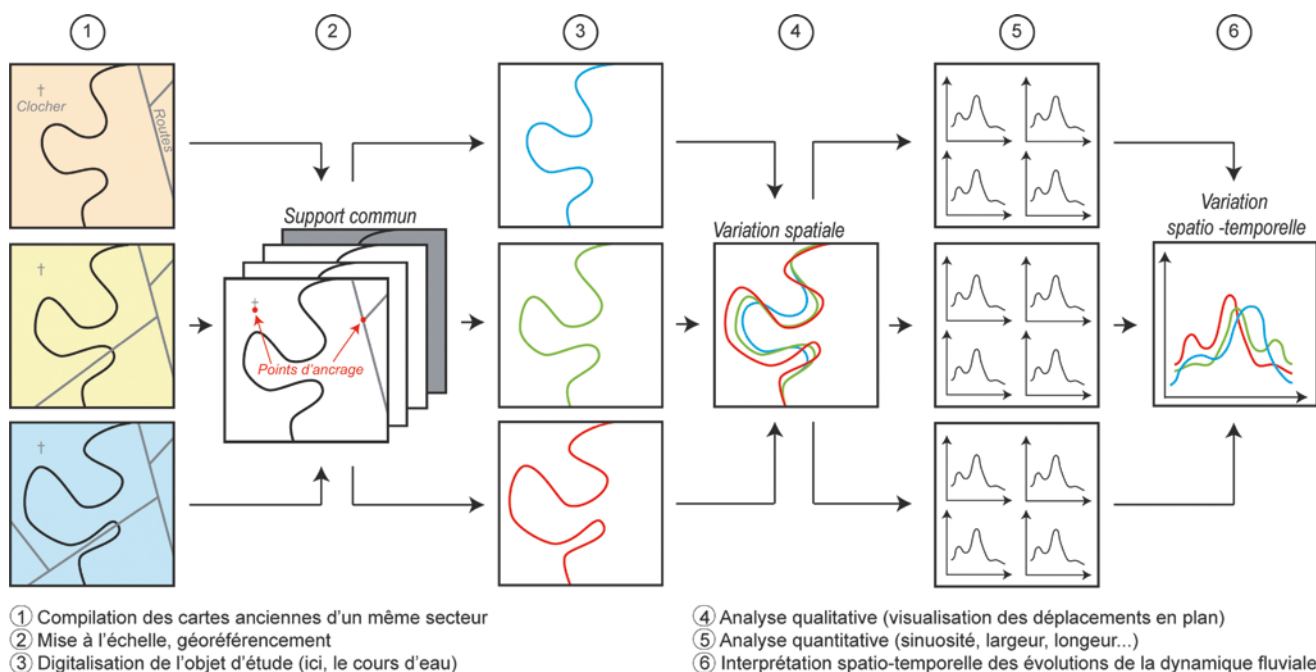


Figure 36. Démarche méthodologique pour le traitement et l'analyse des cartes anciennes. Schéma simplifié, adapté de la chaîne de traitement développée par Miramont *et al.* (1998).

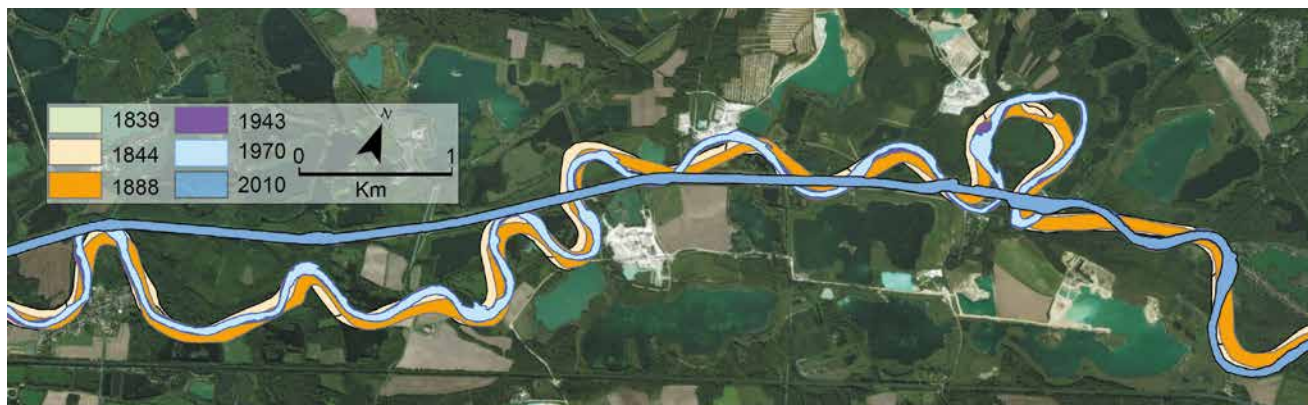


Figure 37. Évolution du tracé en plan entre 1839 et 2010, issue de l'analyse des cartes anciennes (fonds de carte © IGN).

également possible d'observer que le tracé correspondant à la digitalisation de la carte de 2010 est fortement simplifié et raccourci, dû au rescindement de plusieurs méandres. Enfin, il semble que la largeur du fleuve a également évolué entre les différentes dates étudiées.

Ces rescindements de méandres peuvent avoir été pratiqués dès le XIX^e siècle comme en témoigne le plan de 1832-33 d'une boucle de la Seine à Riancey dans l'Aube et dont le

« redressement » a été effectué en 1821 (Figure 38).

Afin de caractériser l'évolution de la dynamique fluviale de manière plus précise, différents paramètres morphométriques ont été extraits de la cartographie (Figure 36, ©) : enveloppe de méandrage, largeur, sinuosité, etc. Cette approche quantitative a permis de décrire le fonctionnement du système fluvial et son évolution dans le temps.

Plan d'une partie de la rivière de Seine située vis-à-vis le hameau de Riancey, dont le redressement a été opéré en 1821.

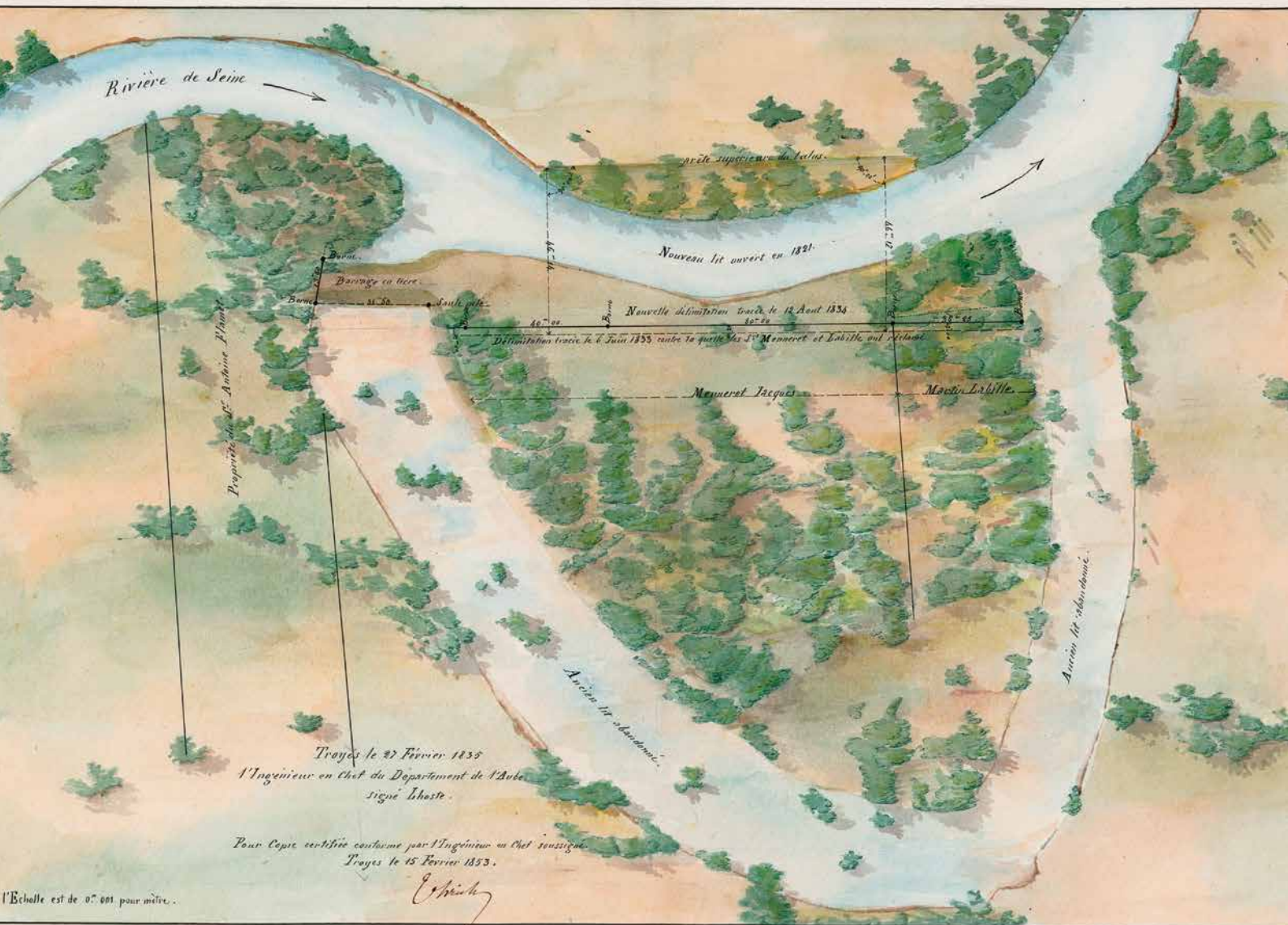


Figure 38. Rescindement d'une boucle de la Seine à Riancey (1821) AN/F/14/6525, dossier 2, pièce 23.

La Figure 39 présente les paramètres morphométriques analysés. Pour faciliter les comparaisons longitudinales, toutes les valeurs ont été projetées sur un axe de référence (voir encart page 49). Le champ d'application de cette méthode est large car elle rend possible le report et la comparaison de l'ensemble des données morphométriques qui caractérisent le cours d'eau, et permet d'emboîter

différentes échelles spatiale et temporelle tout en s'affranchissant de la résolution du jeu de données initial. Néanmoins, si cette méthode permet de suivre des tendances générales sur des linéaires importants, elle conduit à une simplification de la forme initiale pouvant limiter l'interprétation.

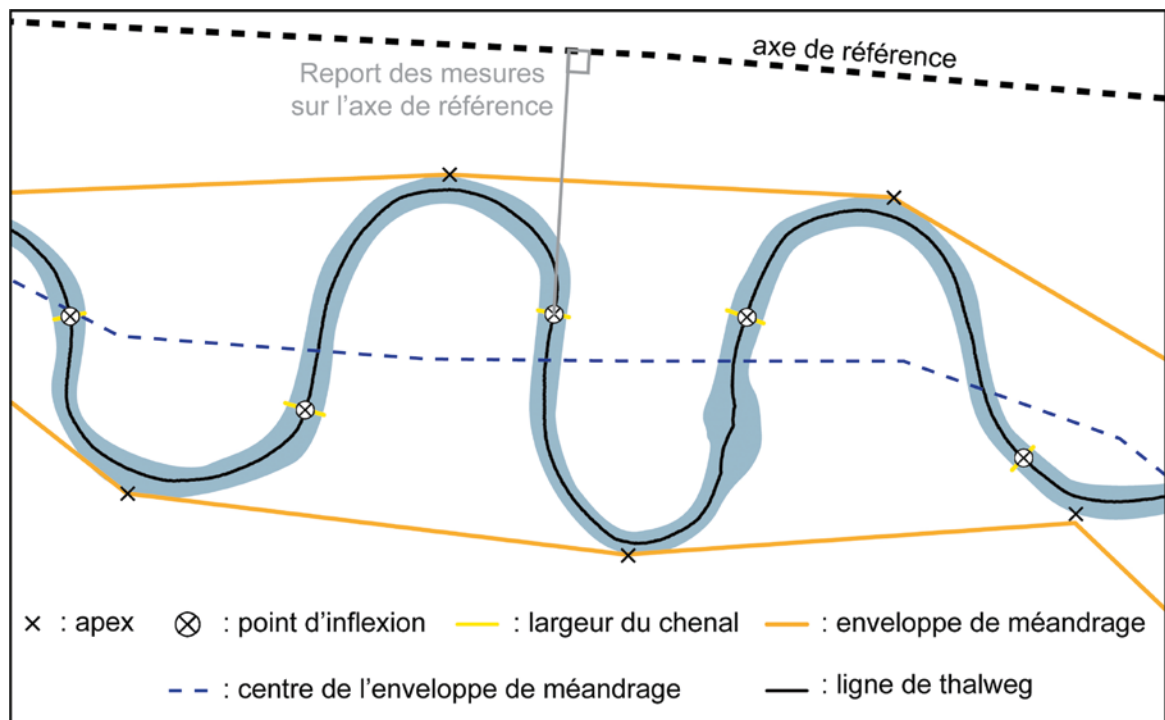


Figure 39. Paramètres morphométriques analysés et axe de référence utilisé pour la projection des données.



Un axe de référence pour comparer les données dans le temps

Un des problèmes inhérents au suivi de l'évolution des formes fluviales est la comparaison des tracés qui ne cessent d'évoluer au cours du temps (Malavoi et Bravard, 2010). Ces changements sont particulièrement marqués sur les cours d'eau actifs qui évoluent fréquemment. Dans ces conditions, le suivi des évolutions horizontales est complexe, la comparaison de deux profils en long est rendue difficile et la spatialisation des paramètres morphométriques devient impossible (Alber et Piégay, 2011). Pour pallier ces contraintes et permettre les comparaisons, il convient de créer un repère commun (axe de référence) stable dans le temps et sur lequel l'ensemble des valeurs, en plans et en profils, peut être reporté.

La méthode consiste à tracer un axe de référence qui passe par le centre du lit majeur et correspond à l'axe principal de la plaine d'inondation (Figure 40). L'ensemble des paramètres qui caractérise le cours d'eau (profondeur, largeur, rayon de courbure, longueur d'onde...) est projeté sur cet axe de référence. La longueur de l'axe correspond à la distance entre l'entrée et la sortie de la zone d'étude. Cette longueur est invariable entre deux dates étudiées. Grâce à cette méthode, l'écart relatif

entre les points de mesure et les points projetés sur l'axe est conservé (projection perpendiculaire de la mesure sur l'axe de référence ; Figure C). Les points projetés sur l'axe sont ensuite interpolés pour être comparable entre deux dates. Par exemple, pour calculer l'incision de la Seine entre 1839 et 2015, les profondeurs mesurées sur les profils en long des deux dates ont été reportées de façon équidistante (50 m) sur l'axe de référence. La démarche est la suivante :

- étape 1 : un axe de référence est tracé suivant l'axe principal de la vallée (Figure C-1) ;
- étape 2 : des segments sont construits perpendiculairement à l'axe de référence. Ils permettent de transposer les données réparties sur le cours d'eau vers l'axe de référence (Figure C-2) ;
- étape 3 : la distance relative entre les points reportés sur l'axe de référence est calculée depuis l'origine de l'axe (Figure C-3) ;
- étape 4 : les points reportés sont interpolés pour obtenir des points équidistants en abscisse afin de rendre les données comparables dans le temps (Figure C-4).

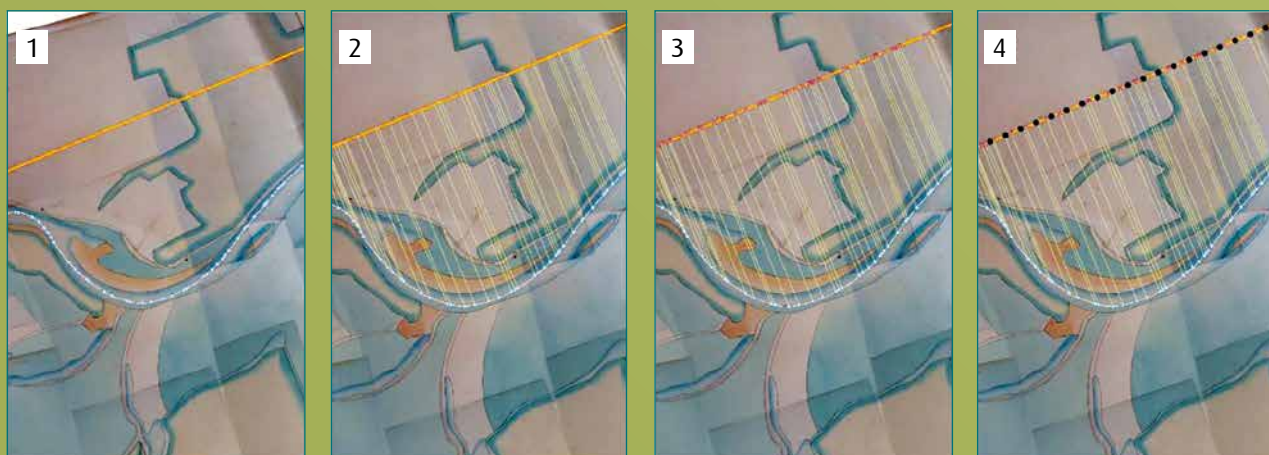


Figure C - Report de la position des mesures sur l'axe de référence.

Que nous enseigne l'analyse des paramètres morphométriques ?

Pour observer la dynamique naturelle d'évolution des méandres de ce secteur, il est nécessaire de remonter aux périodes antérieures au XIX^e siècle (Deleplancque, 2016). L'analyse quantitative menée ici nous permet d'étudier une dynamique impactée par l'artificialisation du milieu depuis les deux derniers siècles. Deux paramètres sont analysés pour décrire l'évolution de la dynamique fluviale sur cette période : la largeur et la sinuosité. Suivre leur évolution dans le temps permet d'identifier la fréquence et l'intensité des changements.

La sinuosité

Plus l'indice de sinuosité est élevé (Is proche de 2), plus le tracé du cours d'eau est sinueux. Dans le secteur de la Bassée, la sinuosité varie entre 1,37 et 1,57 de 1839 à 2010 (Figure 40). En 1839 l'indice de sinuosité est relativement élevé (1,56). Le cours d'eau est donc défini comme « méandriforme ». L'indice diminue considérablement entre 1839 et 1888 pour atteindre 1,43. Si cette variation soudaine peut s'expliquer en partie par le degré d'imprécision de la carte de 1888, il semble que cette diminution peut également être imputée aux premières phases d'aménagement correspondant à des recoupements localisés de certains méandres (recoupement de la Boucle de l'Ormelat, de La grande Bosse et de deux méandres entre Vezoult et Jaulnes ; voir aussi Figure 30).

En 1943, l'indice est identique à celui de 1839 (1,56). Les années suivantes sont caractérisées par une légère augmentation avec un indice à 1,57 en 1970. Cette tendance souligne la migration latérale de certaines boucles de méandres et contribue à augmenter légèrement l'indice de sinuosité. L'importante diminution qui caractérise la période 1970-2010 (Is = 1,37 en 2010) s'explique essentiellement par l'accentuation des effets liés aux aménagements qui s'intensifient considérablement à partir des années 1970. Il s'agit plus précisément des reprofiliages et rescindements de méandres réalisés entre La Grande Bosse et Montereau-Fault-Yonne (Figure 30).

La largeur

La largeur est mesurée au niveau des points d'inflexion (Figure 39) sur l'ensemble du linéaire étudié. La Figure 41 illustre l'évolution de ce paramètre sur la période considérée. La largeur moyenne augmente sensiblement entre 1839 et 1888 (de 79 à 86 m) puis diminue progressivement jusqu'en 1970 pour atteindre 56 m (valeur minimale de la période). Comme pour la sinuosité, l'évolution de la largeur en 1888 semble refléter le niveau d'imprécision de la cartographie. Il paraît donc difficile d'affirmer que la largeur a réellement augmenté depuis 1839. Toutefois, l'observation de toute la période permet d'affirmer que la largeur moyenne du linéaire a diminué de 23 m entre 1839 et 1970. Cette diminution s'explique essentiellement par les travaux d'aménagement qui simplifient le tracé et homogénéisent les dimensions du

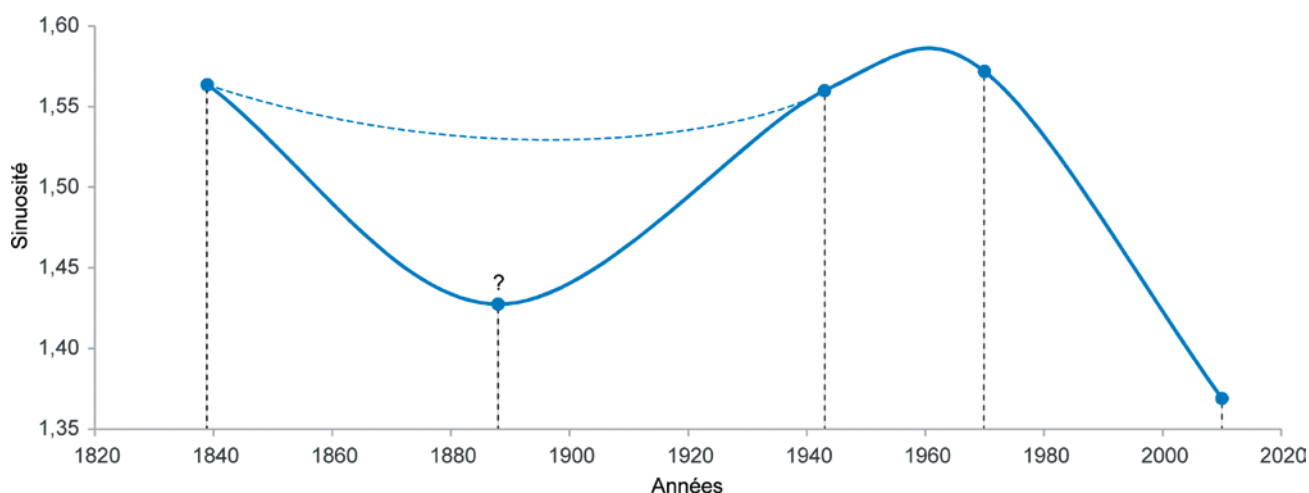


Figure 40. Évolution de la sinuosité globale du lit mineur entre 1839 et 2010.

cours d'eau. L'observation de cette tendance est renforcée par la diminution de la variabilité des largeurs moyennes (mise en évidence par la longueur des barres minimum et maximum, Figure 41) qui souligne la standardisation progressive de la largeur du linéaire jusqu'à nos jours. Entre 1970 et 2010 la largeur moyenne augmente légèrement (+8 m). Cela s'explique par l'effet cumulé des recalibrages (augmentation artificielle des largeurs) et du rehaussement de la ligne d'eau lié à la construction de nombreux barrages sur le linéaire.

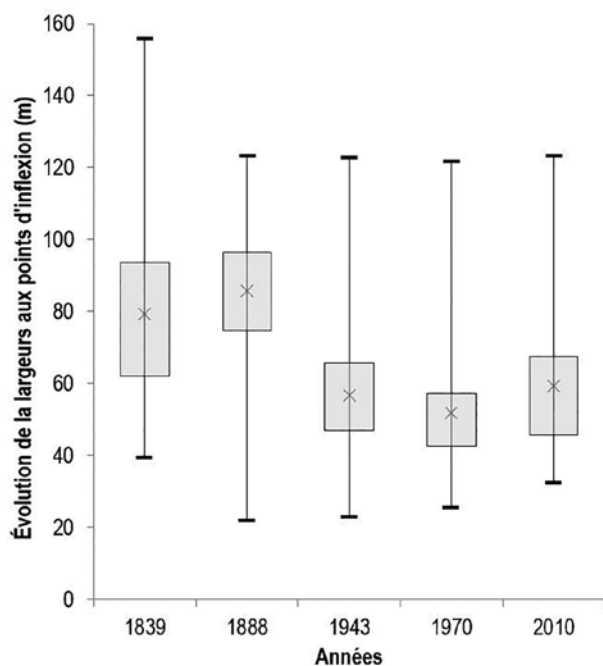


Figure 41. Évolution des largeurs moyennes aux points d'inflexion entre 1839 et 2010 (x = moyenne, tirets horizontaux = valeurs extrêmes).

Quelles informations supplémentaires nous apportent les profils en long ?

Pour compléter l'analyse des évolutions en plan, l'utilisation des profils en long est à ce stade indispensable. Elle permet de tenir compte à la fois de l'évolution de la topographie du fond du cours d'eau, des berges et de l'épaisseur de la lame d'eau. L'ensemble de ces informations figure sur les documents d'archive. Elles ont été retranscrites manuellement pour pouvoir être utilisées par l'outil informatique. Ce travail nécessite beaucoup de temps, mais il est essentiel pour confronter les différents jeux de données et identifier les principales variations temporelles. L'ensemble des feuillets relatifs au profil en long de

1839 présente, outre les informations d'altitudes et de profondeurs, la localisation des ponts, des gués et de certains points remarquables (affluents, anciennes écluses, niveau maximum des crues les plus importantes) sur l'ensemble du linéaire. Ces informations facilitent considérablement la comparaison des informations entre le profil en long et la carte en plan. Ce document, d'une grande qualité, offre une base de travail d'une précision remarquable. À cette date, le cours d'eau est caractérisé par une alternance de secteurs de fortes profondeurs (mouilles pouvant atteindre 5 m) et des secteurs de faibles profondeurs appelés gués ou hauts-fonds et où la lame d'eau ne dépasse pas quelques dizaines de centimètres (Figure 42-a).

Le profil en long de 1903 a également fait l'objet d'une retranscription. Cette dernière a été facilitée par une légende bien détaillée et des informations lisibles, ce qui n'était pas le cas du profil de 1839. La contrainte majeure de ce document a été le faible recouvrement avec le profil de 1839. En effet, celui de 1903 a été dressé pour suivre les évolutions verticales des nouveaux canaux. C'est pourquoi, mis à part quelques portions du linéaire (notamment entre Noyen et Bray, et entre La Tombe et Montereau), le profil ne se superpose pas en tous points au tracé de 1839. Sur les tronçons où la comparaison a été possible, ce document nous a permis de constater que les évolutions verticales du fond sont faibles de 1839 à 1903 et correspondent essentiellement à la suppression des hauts-fonds. On constate également un important rehaussement de la ligne d'eau qui s'explique par la mise en service des nombreux barrages-écluses dans le secteur.

Le profil en long contemporain, extrait des données bathymétriques recueillies entre 2009 et 2015, offre un aperçu très précis du profil en long actuel (Figure 42-b). Cette donnée rend possible la comparaison avec le profil en long de 1839, à l'exception de la portion amont, située entre Nogent et Noyen, où le fond du cours d'eau est manquant (Figure 42-b). Deux changements majeurs apparaissent : (1) la ligne d'eau, maintenue artificiellement par les barrages-écluses a été rehaussée de 5 m en moyenne ; (2) les opérations de recalibrage, menées entre Bray et Montereau, ont lissées les irrégularités naturelles du fond du lit de 1839. Ces modifications sont volontaires et visent à augmenter le tirant d'eau pour accueillir les bateaux à grands gabarits dans ce secteur.

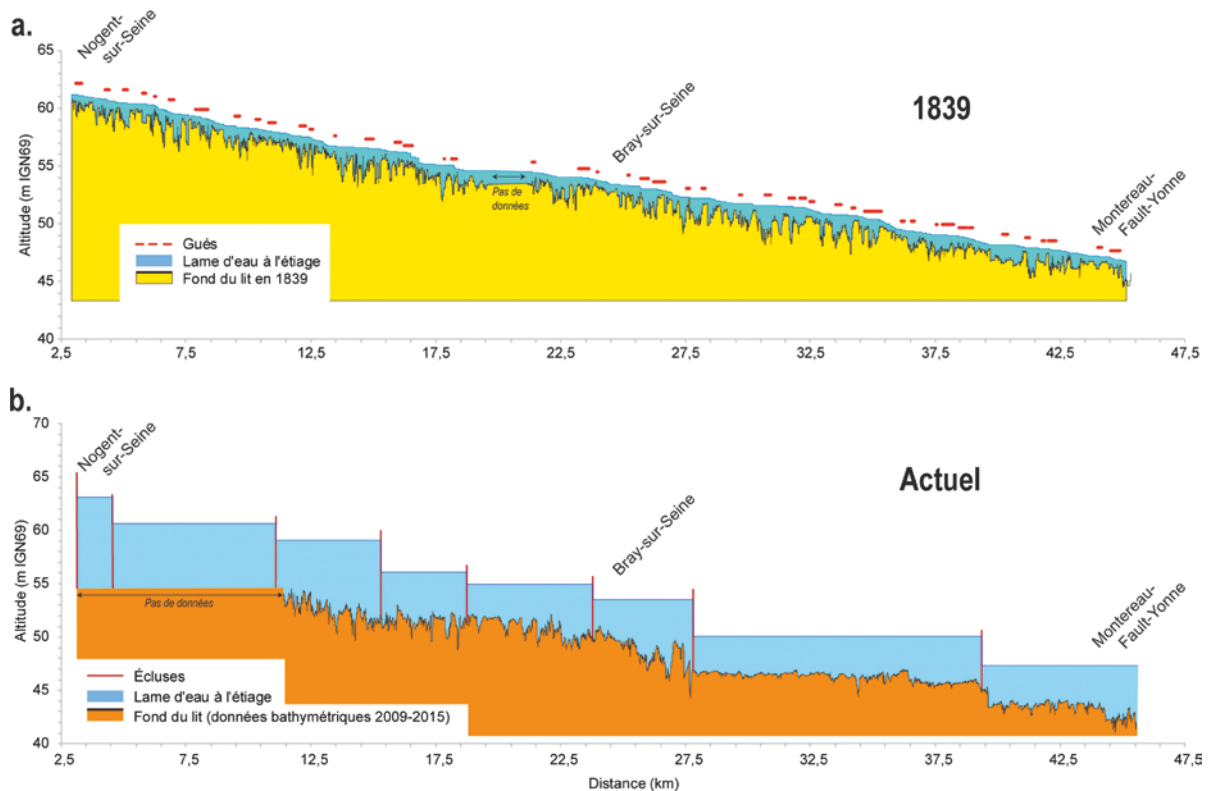


Figure 42. a) Profil en long du fond et de la ligne d'eau en 1839. b) Profil en long actuel déterminé sur la base d'une compilation des données bathymétriques couvrant la période 2009 – 2015.

Dans la Figure 43, les informations verticales de 1839 ont été superposées aux données actuelles pour améliorer la visualisation des évolutions. Cette comparaison permet de mettre en évidence l'impact indirect des aménagements sur le cours d'eau, à savoir une forte incision qui s'étend depuis l'aval de Bray vers Nogent. On parle alors d'érosion régressive, un phénomène bien connu dans les secteurs fortement aménagés. Entre Bray et Montereau, on observe les conséquences cumulées de la simplification du tracé et du recalibrage (mise à grand gabarit) sur le profil en long de ce secteur : le fond du lit a été creusé et « lissé », et la ligne d'eau a été rehaussée. Si ces aménagements

permettent de faciliter la navigation des grands gabarits au moins jusqu'à Bray, ils amplifient considérablement l'encaissement du cours d'eau, comme dans le secteur situé à l'aval de Bray où la position de la ligne d'eau actuelle correspond au fond du chenal de 1839. Cet encaissement exacerbé par la dernière phase d'aménagement entraîne également des conséquences indirectes : modification des échanges entre la nappe phréatique et le cours d'eau, diminution ou accentuation des débordements dans le lit majeur, disparition des biocénoses aquatiques typiques des milieux alluviaux, etc.

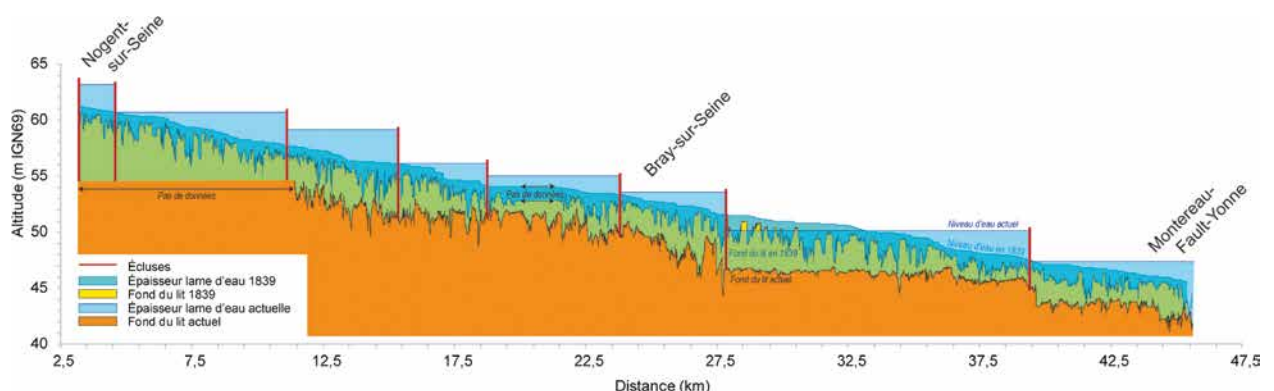


Figure 43. Évolution du fond du lit et de la lame d'eau à l'étiage entre 1839 et 2015.



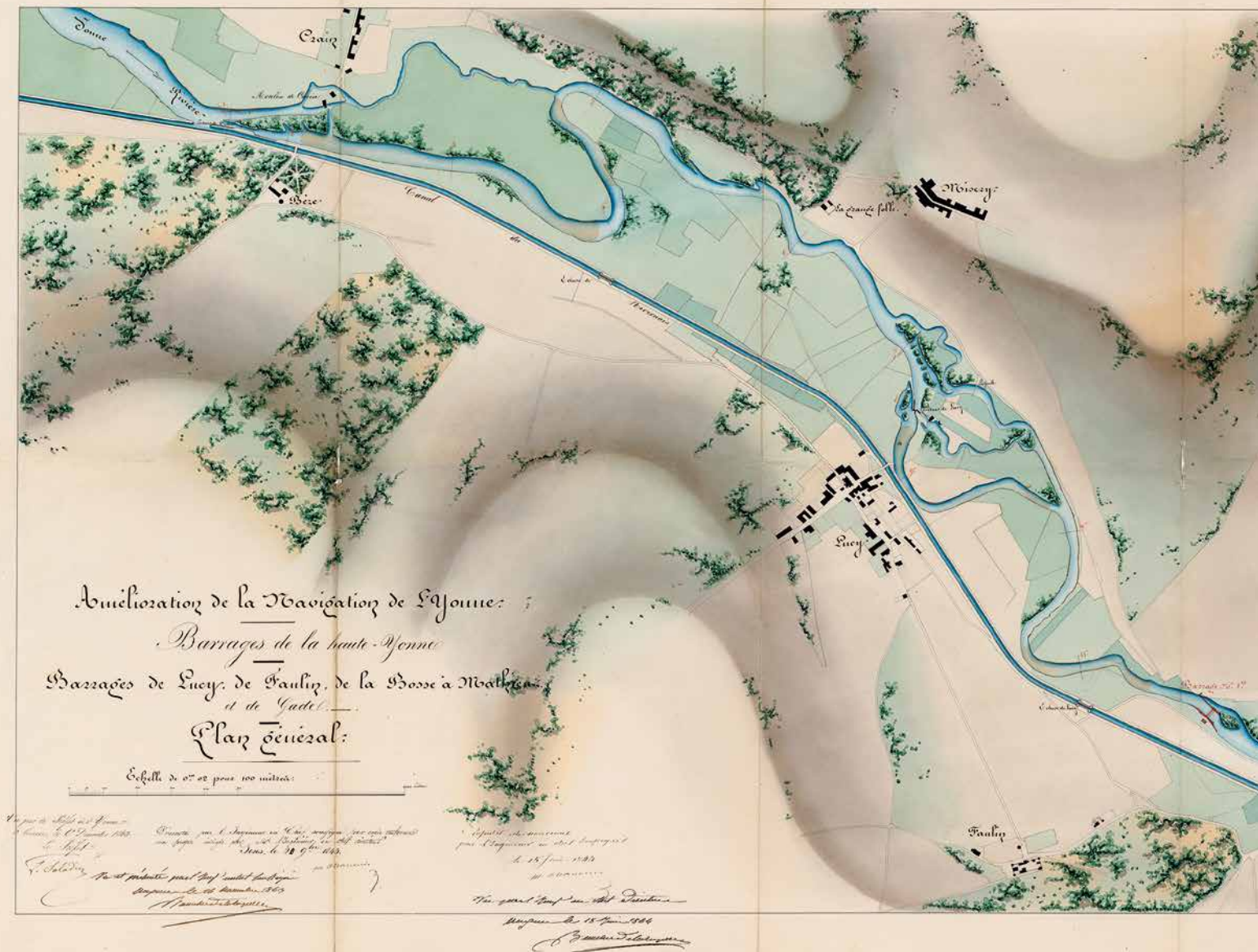
3. Conclusion

Les cartes et plans anciens compilés sur le secteur de la Bassée aval ont permis de reconstruire une partie de l'histoire contemporaine de l'hydrosystème. S'il conviendra par la suite de tenir compte de l'évolution de la plaine alluviale pour comprendre le fonctionnement global de l'hydrosystème, l'étude menée sur le lit mineur a été une étape préliminaire essentielle. Elle s'est appuyée sur cinq cartes anciennes et deux profils en long historiques. Associée à la production d'indices morphométriques, l'analyse a permis de (1) visualiser les changements sur les plans horizontaux et verticaux, (2) quantifier les évolutions sous le regard du géomorphologue. L'étude des documents anciens a également permis de reconstruire l'histoire des

aménagement, un élément important pour interpréter les évolutions contemporaines.

Les documents de 1839 (cartes et profils en long) se sont démarqués par leur grande qualité et par leur précision inégalée. Levés en prévision des futurs grands aménagements de la Bassée, la carte de 1839 et le profil en long associé nous donnent de précieuses informations sur le fonctionnement du cours d'eau avant les premières perturbations anthropiques. Ce socle robuste porte l'ensemble de l'analyse géohistorique et détermine la borne temporelle inférieure de l'étude.

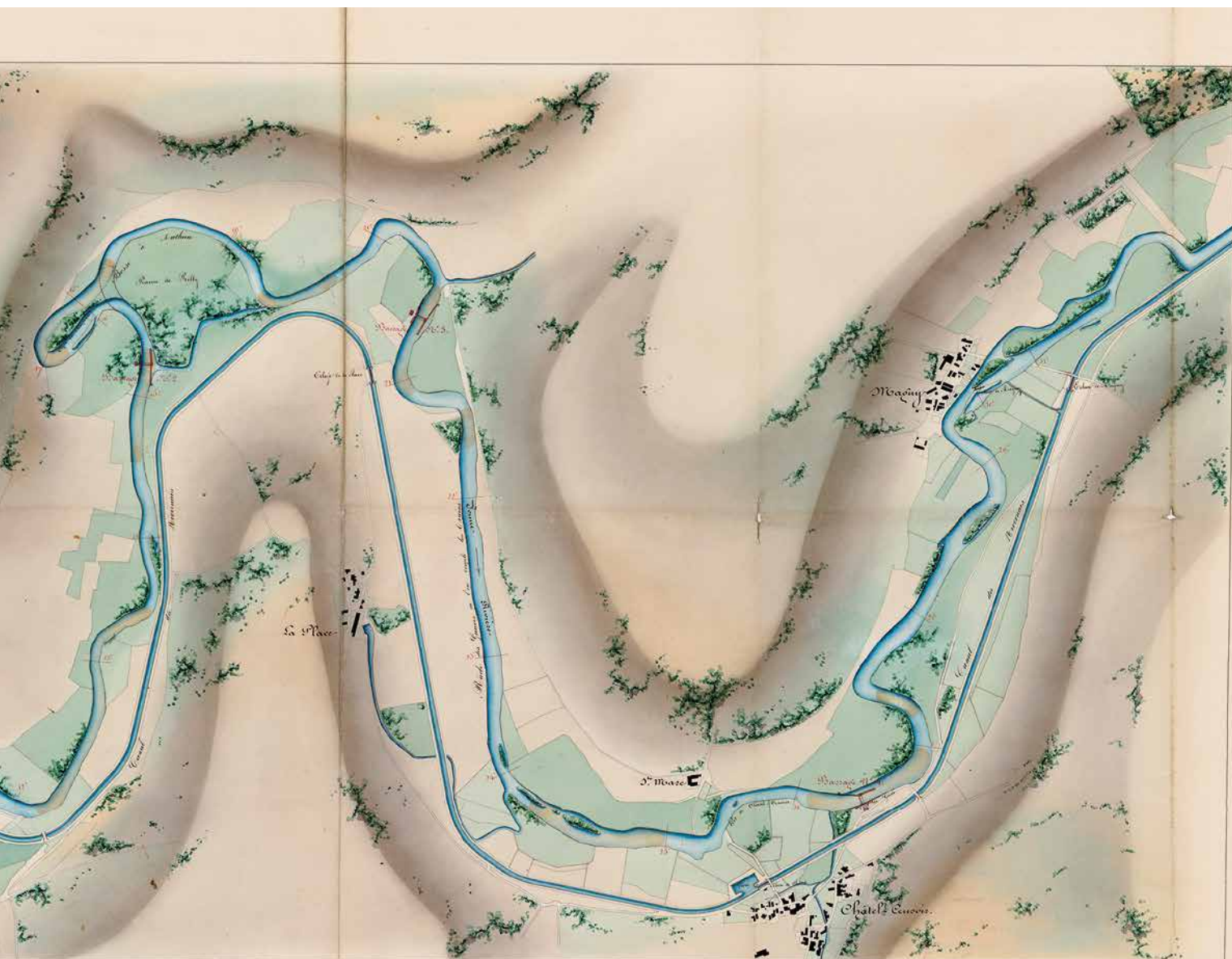
Les évolutions morphologiques mises en évidence par l'étude géohistorique sont essentiellement d'origine anthropique. Les principales évolutions identifiées



correspondent à des réponses directes ou indirectes liées aux aménagements qui s'intensifient considérablement dans la Bassée à partir de la première moitié du XIX^e siècle.

Sur le plan horizontal, ces modifications se traduisent par une diminution de la sinuosité liée à la simplification du tracé de la Seine lors des grands travaux de rescindement de méandres. Sur le plan vertical, les perturbations affectent à la fois la ligne d'eau, dont l'exhaussement moyen atteint plus de 2,50 m en 2010, et le fond du lit, qui présente un enfoncement moyen d'environ 2 m. Le rehaussement de la ligne d'eau est dû à la construction des barrages et des écluses, notamment dans le secteur amont de la Bassée, entre Nogent et Bray. Dans le secteur aval (Bray - Montereau), l'évolution la plus importante correspond à un enfoncement du lit de plus de 2 m, conséquence

directe des travaux de mise à grand gabarit. Si l'objectif des aménagements est atteint, à savoir maintenir un tirant d'eau supérieur à 4 m pour faciliter la navigation, les conséquences sur l'hydrosystème sont importantes et irréversibles. Si la détermination des temps de réponse du système aux différents aménagements est complexe, il est cependant possible d'affirmer que le fleuve de 1839 a disparu.





Le projet ArchISEINE a permis de rassembler un fonds documentaire historique conséquent, principalement composé de cartes levées par les ingénieurs des Ponts et Chaussées. C'est donc leur type de représentation de la rivière qui a été privilégié. Ces cartes figurent essentiellement l'espace fluvial mais aussi les projets d'aménagements qui ont modifié la Seine pour faciliter la navigation. Ces fonds documentaires ont fait l'objet d'un important travail de compilation et de valorisation grâce au site web ArchISEINE créé en 2013.

Les cartes d'ArchISEINE sont des objets d'étude privilégiés pour les approches géohistoriques. Elles offrent la possibilité de reconstruire l'histoire d'un territoire grâce notamment au SIG, qui permet de réaliser des comparaisons et d'évaluer les changements (directs et indirects) induits par les aménagements depuis les années 1850 jusqu'à nos jours. Le suivi diachronique des paramètres longitudinaux, latéraux et verticaux qui caractérisent le cours d'eau permettent de quantifier les évolutions en trois dimensions. Néanmoins, ces analyses doivent être réalisées avec précaution et les interprétations doivent tenir compte de plusieurs paramètres :

- Le degré de fiabilité des documents anciens pour l'étude géohistorique doit être estimé. Il s'agit de définir le contexte et l'objectif du document mais aussi la qualité, la précision et la pertinence des jeux de données en fonction des objectifs de la recherche. Les séquences temporelles et la surface d'étude doivent être définies pour optimiser les traitements et rendre les cartes comparables entre elles.
- La quantification des changements nécessite d'optimiser les méthodes de comparaison en fonction de la taille du territoire et de l'importance des évolutions observées. L'interprétation des changements doit également tenir compte des imprécisions présentées ci-dessus.

- L'interprétation des résultats nécessite de lier les évolutions observées au récit des aménagements, grâce aux archives ou aux rapports des ingénieurs. Les forçages environnementaux liés aux aménagements entraînent des ajustements morphologiques que l'analyse des paramètres morphométriques permet de mettre en évidence. Croiser les périodes d'ajustements avec la chronologie des aménagements permet d'évaluer le temps de réponse du milieu aux différents forçages.

Dans le contexte actuel d'opérations de restauration des cours d'eau impulsées par la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 pour rétablir un bon état écologique, cette approche met en lumière l'étendue des changements induits par l'anthropisation croissante des hydrosystèmes. L'objectif de ces travaux est également d'informer usagers, gestionnaires, décideurs et citoyens des transformations survenues et de leurs causes. Les études géohistoriques présentées ici montrent l'importance des bouleversements subis par la Seine. Deux points méritent d'être soulignés : (1) les changements sont rapides (moins de deux siècles) et induits par une grande diversité d'aménagements, (2) la plasticité naturelle de l'hydrosystème s'ajuste et s'équilibre en fonction des transformations et rend complexe l'équation entre développement socio-économique, gestion du risque d'inondation et maintien de la biodiversité.

Références



- › Alexandre P., 2012. Îles et bras de Seine à l'ère de l'industrie : chronique de paysages oubliés. Mémoire M2, Ecole nationale supérieure du paysage, Versailles, 98 p.
- › Amoros C. et Petts G.-E., 1996. Hydrosystèmes fluviaux. Chapman and Hall, 322 p.
- › Archives nationales, 2009. Etat général des fonds. F/14. Travaux publics. En ligne <http://www.archivesnationales.culture.gouv.fr/chan/chan/series/pdf/F14-2011.pdf> (vu le 27 juin 2018).
- › Arnaud J.-L., 2008. Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine, Marseille, Éditions Parenthèses/MMSH, coll. Parcours méditerranéens, 240 p.
- › Audet J., 2015. ArchiSeine : un outil de visualisation et de valorisation des cartes et plans des cours d'eau du bassin versant de la Seine. Mémoire M2, Ecole nationale des Chartes, 187 p.
- › Braga G., Gervasoni S., 1989. Evolution of the Po river: an example of the application of historical maps. In Petts GE, Möller H, Roux AL (eds). Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe, John Wiley & Sons: Chichester, p. 113-126.
- › Bravard J.-P., 2000. Paris et la Seine. La progressive maîtrise d'un bassin fluvial au service de la capitale ». In Bravard J.-P., Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques. Gestion des excès et de la pénurie, SEDES, Paris, coll. Mobilité spatiale, p. 150-164.
- › Bravard J.-P., Piegay H., 2000. L'interface Nature - Sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux. Géocarrefour, 75 (4) p. 273-274.
- › Bravard J.-P., 2008. La valorisation de la cartographie historique des rivières d'Europe, de la recherche sur la dynamique des paysages à la gestion des eaux. In Masotti L. (ed.), Il paesaggio dei tecnici, 21 p.
- › Buchotte N., 1722, Les règles du lavis et du dessin. Paris, 130 p.
- › Burnouf J., Carcaud N., 2000. L'homme et les vallées : les vals de Loire de Tours à Angers. Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest. 107 (1), p. 7-22.
- › Cartwright W., 2010. Mapping other (geographical) realities, In Kriz K., Cartwright W., Hurni L. eds, Mapping different geographies, Springer, 260 p.
- › Charbit M., 2016. Îles de la Seine. Edition du Pavillon de l'Arsenal, 312 p.
- › Chouquer G., 2007. Quels scénarios pour l'histoire du paysage ? Orientations de recherche pour l'archéogéographie, préface de Bruno Latour. Coimbra-Porto, 408 p.
- › Coic J., et Duleau A., 1830. Reconnaissances de la Seine, de Rouen à Saint-Denis, en 1829 et 1830, et travaux proposés pour rendre cette partie de la Seine facilement navigable. Paris, 64 p.
- › Conolly J. et Lake M., 2006. Geographical Information Systems in Archaeology. Éd. Cambridge University Press, Collection Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge, 338 p.
- › Costa L., Robert S., Foucault M., 2009. Guide de lecture des cartes anciennes : illustrations dans le Val d'Oise et le Bassin parisien. Errance, Paris, 104 p.

- Cotte M., 2002. L'amélioration de la navigation sur les rivières françaises au XIX^e siècle : le cas de la Haute-Seine et de l'Yonne. In L. Hilaire-Pérez, D. Massounie et V. Serna, Archives, objets et images des constructions de l'eau du Moyen Âge à l'ère industrielle, SFHST, ENS éditions, p. 265-279.
- Dainville F. de, 1964. Le langage des géographes: termes signes couleurs des cartes anciennes 1500-1800. Editions A. et J. Picard & Cie. 384 p.
- Davodet J., 2014. ArchiSEINE : La valorisation numérique d'un fonds de cartes et plans de fleuves et rivières du bassin de la Seine. Mémoire M2, Ecole nationale des Chartes, 190 p.
- Deleplancque B., 2016. Caractérisation des hétérogénéités sédimentaires d'une plaine alluviale : exemple de l'évolution de la Seine supérieure depuis le dernier maximum glaciaire. Thèse de doctorat en géosciences et géoingénierie, sous la direction d'I. Cojan, Mines ParisTech, 282 p.
- Dzana J.-G., 1997. Le lit de la Seine de Bar à Montereau : étude morphodynamique et rôle des aménagements. Thèse de doctorat en géographie, sous la direction d'A. Godard, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, 347 p.
- Fruget J.-F., et Dessaix, J., 2003. Changements environnementaux, dérives biologiques et perspectives de restauration du Rhône français après 200 ans d'influences anthropiques. Vertigo, 4 (3). <http://journals.openedition.org/vertigo/3832>
- Fustec E., Bendjoudi H., Gaillard S., Weng P., Boyer F., Boët P., Shannen O., Crogenec S., Billen G., 2001. Fonctionnement du Territoire « Bassée ». Rapport PIREN-Seine, 58 p.
- Gautier H., 1697. L'art de dessiner proprement les plans, profils, élévations géométrales, et perspectives, soit d'architecture militaire ou civile: avec tous les secrets les plus rares pour faire les couleurs avec lesquelles les ingénieurs représentent les divers matériaux d'une place, 260 p.
- Gautier H., 1687. L'art de laver ou la nouvelle manière de peindre sur le papier suivant les coloris des dessins qu'on envoie à la cour, 120 p.
- Harley J. B., Gould P., Bailly A., & de Lavergne P., 1995. Le Pouvoir des cartes: Brian Harley et la cartographie. Anthropos, 120 p.
- Hohensinner S., Lager B., Sonnlechner C., Haidvogel G., Gierlinger S., Schmid M., Krausmann F., Winiwarter V., 2013. Changes in water and land: the reconstructed Viennese riverscape from 1500 to the present. Water History, 5(2) p. 145-172.
- Jacob N., 2010. Des archives aux paysages : milieux, dynamiques, territoires. Géocarrefour, 85 (1), p. 3-6.
- Jacob-Rousseau N., 2009. Géohistoire/géo-histoire : quelles méthodes pour quel récit ? Géocarrefour, 84 (4), p. 211-216.
- Le Sueur B., 2015. Le domaine public des rivières et de canaux. Histoire culturelle et enjeux contemporains. L'Harmattan, 380 p.
- Lescure S., Arnaud-Fassetta G., Cordier S., 2011. Sur quelques modifications hydromorphologiques dans le Val de Seine (Bassin Parisien, France) depuis 1830 : quelle part accorder aux facteurs hydrologiques et anthropiques ? EchoGéo, n° 18, 15 p.
- Malavoi J.R., Bravard J.P., 2010. Eléments d'hydrogéomorphologie fluviale. Rapport ONEMA, 228 p.
- Miramont C., Jorda M., Pichard G., 1998. Évolution historique de la morphogenèse et de la dynamique d'une rivière méditerranéenne : l'exemple de la moyenne Durance (France du sud-est). In : Géographie physique et Quaternaire, 52 (3), p. 381-392.
- Noizet H., 2006. Méthodologie des SIG appliqués à l'histoire urbaine. Le Médiéviste et l'ordinateur, 44, <http://lemo.irht.cnrs.fr/44/histoire-urbaine.htm>

- Ponts et Chaussées (Ministère des Travaux Publics, École nationale des Ponts et Chaussées, Service des cartes et plans), 1903. Navigation de la Seine en amont de Paris et l'Yonne entre Auxerre et Montereau. Atlas des voies navigables de la France, 2e Série, 6e Fascicule, Éd. Imprimerie nationale, Paris, 22 p. + 34 planches.
- Robert S., 2011. Sources et techniques de l'archéogéographie planimétrique. Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon, 239 p.
- Steinmann R., Lestel L., Dumont A., 2016. Approche géohistorique de la Seine dans la Bassée durant les deux derniers siècles. Rapport PIREN-Seine. 31 p.
- Tales E. (dir), 2009. Le peuplement de poissons du bassin de la Seine. Programme PIREN-Seine, Fascicule N°4, 43 p.
- Verdier de Pennery P., 1959. Les gués de la Seine et de l'Yonne de Nogent-sur-Seine et d'Auxerre à Paris. Bulletin de la Société préhistorique de France, 56 (11-12), p. 731-748.
- Verdier N., 2009. Les plans et cartes du XIX^e siècle. Introduction. In Costa L. (dir.), Robert S. (dir.) et Foucault M. (collab.), Guide de lecture des cartes anciennes. Illustrations dans le Val d'Oise et le Bassin parisien. Errance, Paris, p. 7-9.
- Verdier N., 2015. La carte avant les cartographes : l'avènement du régime cartographique en France au XVIII^e siècle. Publications de la Sorbonne, 384 p.

Glossaire



- **Alluvial(e)** : qualifie une zone dont le sol est caractérisé par des dépôts de sédiments (limons, sables, graviers, galets) constitués de débris (racines, feuilles, bois morts, etc.) transportés puis déposés par les cours d'eau.
- **Atterrissement** : dépôts sédimentaires (limons, sables, graviers, galets) déposés notamment lors des phases de crues dans les dépressions topographiques (anciens chenaux par exemple).
- **Autocurage** : phénomène de nettoyage des cours d'eau, des égouts ou des conduites d'assainissement par le seul effet des écoulements qui s'y produisent.
- **Barrage mobile** : ouvrage de hauteur limitée, généralement construit dans la partie aval du cours des rivières où la pente est faible, conçu pour favoriser un tirant d'eau nécessaire à la navigation mais pouvant être supprimé lors d'épisodes de crue.
- **Barrage-écluse** : barrage placé sur une rivière pour assurer un mouillage suffisant pour la navigation, et équipé d'une écluse pour permettre son franchissement.
- **Bief (de moulin)** : portion de canal amenant l'eau à un moulin. Par extension, ce terme est parfois utilisé pour désigner une portion d'un système hydraulique de caractéristiques homogènes, parfois associé à un ouvrage particulier.
- **Biocénose aquatique** : ensemble des organismes vivants (animaux et végétaux, dont microorganismes) qui occupent un hydrosystème donné.
- **Chemin de halage** : chemin aménagé sur les berges d'un cours d'eau permettant de haler les bateaux par traction humaine ou animale.
- **Chenal** : lit artificiel en eau, resserré entre des écueils, des hauts fonds ou des terres permettant la navigation et pouvant donner accès à un port.
- **Curage** : opération consistant à extraire et exporter les sédiments qui se sont accumulés dans un chenal ou un plan d'eau.
- **Écluse** : ouvrage d'art hydraulique permettant aux bateaux le franchissement d'un dénivelé.
- **Étiage** : niveau annuel moyen le plus bas d'un cours d'eau, pouvant servir, entre autres, de point de repère pour mesurer les crues.
- **Feudiste** : juriste spécialisé dans le droit féodal et les droits seigneuriaux sous l'Ancien Régime. Recruté par les seigneurs, il était notamment chargé de la réfection des livres terriers.
- **Faux-bras** : aussi appelés bras morts ou bras secondaires, il s'agit généralement d'anciens chenaux déconnectés totalement ou partiellement du chenal principal et qui présentent un niveau d'atterrissement important.
- **Georéférencement** : opération qui consiste à passer d'une localisation relative des entités géographiques à leur localisation absolue dans un système de coordonnées géographiques connu.
- **Granulat** : ensemble de matériaux inertes (sable, gravier, etc.) aux dimensions comprises entre 0,080 et 80 mm, entrant dans la composition des mortiers ou des bétons.

- › **Gravières** : zone d'extraction de granulats.
- › **Gués** : endroit d'un cours d'eau assez peu profond pour qu'on puisse le traverser sans nager.
- › **Haut-fond** : faible profondeur d'un cours d'eau qui peut présenter un danger pour la navigation.
- › **Insulaire** : qui est relatif aux îles.
- › **Lever une carte** : ériger, dessiner, relever une carte ou un plan nécessitant de prendre des mesures adéquates afin de garantir la fidélité de la représentation d'un bâtiment, d'un site ou d'un lieu donné.
- › **Lit majeur** : espace occupé temporairement par les rivières lors du débordement des eaux en période de crue. La délimitation physique du lit majeur se fait en référence au niveau des plus hautes eaux connu (crues historiques clairement répertoriées), ou par l'identification des formes topographiques héritées et les dépôts liés aux crues.
- › **Lit mineur** : espace occupé en permanence par une rivière. On distingue parfois le lit d'étiage qui correspond aux plus basses eaux, et le lit moyen qui correspond aux valeurs habituelles du débit.
- › **Lit naturel** : espace occupé par une rivière de manière naturelle, en opposition au lit artificiel (ou chenal) causé par les travaux d'aménagement de l'homme.
- › **Méandre (méandrage, méandrique)** : cours d'eau qui présente une forte sinuosité, généralement répétée, due à la pente très faible du cours d'eau. Par extension, le méandrage est le processus de formation des méandres, et un cours d'eau qui présente de nombreux méandres est qualifié de méandrique.
- › **Noüe** : bras naturel ou artificiel d'une rivière demeurant en communication avec elle par l'aval.
- › **Pente du lit** : différence de hauteur entre un point en amont et un point en aval d'un cours d'eau, exprimé en m de dénivellation par km de rivière parcourue (0/00). Paramètre influant directement sur la vitesse d'écoulement du cours d'eau.
- › **Plan d'eau** : étendue d'eau douce continentale de surface, libre stagnante, d'origine naturelle ou anthropique, de profondeur variable, pouvant posséder des caractéristiques de stratification thermique.
- › **Point de levé** : zone délimitée de mesure ayant pour objectif de récolter des données existantes sur le terrain en vue de leur transcription à l'échelle, sur plan ou sur carte.
- › **Reprofilage** : modification et homogénéisation de la pente d'un cours d'eau, dans le but d'accroître sa capacité d'évacuation.
- › **Rescindement** : technique employée en génie fluvial pour rectifier en plan le lit trop sinueux d'une rivière naturelle, en créant un passage direct, souvent rectiligne.
- › **Ripisylve** : ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, d'une rivière ou d'un fleuve.
- › **SCAN 25** : dénomination IGN de leur série de cartes au 1/25000^{ème}.
- › **Sinuosité** : ligne ondulée, courbée, opérant des détours par rapport à un tracé rectiligne.
- › **Terrier (ou livre terrier)** : registre de l'Ancien Régime contenant les lois et usages d'une seigneurie, la description des biens-fonds, les droits et conditions des personnes, ainsi que les redevances et obligations auxquelles celles-ci sont soumises.
- › **Thalweg** : ligne qui rejoint les points les plus bas d'une vallée alluviale, suivant laquelle se dirigent les eaux courantes.

Sigles



- **AN** : Archives nationales
- **BnF** : Bibliothèque nationale de France
- **CMS** : Content Management System (Système de Gestion de Contenu)
- **ENS** : Espace naturel sensible
- **IDS** : Infrastructure de données spatiales
- **IGN** : Institut géographique national
- **INSPIRE (norme)** : Infrastructure for spatial information
- **Is** : Indice de sinuosité
- **QM** : Quadratique moyen
- **SIG** : Système d'information géographique
- **VNF** : Voies navigables de France
- **ZNIEFF** : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Pour citer cet ouvrage :

L. Lestel, D. Eschbach, R. Steinmann, N. Gastaldi (2018), ArchISEINE : une approche géohistorique du bassin de la Seine, Fascicule #18 du PIREN-Seine, ISBN : 978-2-490463-07-7, ARCEAU-IdF, 64 p.

Cet ouvrage est édité par la cellule transfert des connaissances du PIREN-Seine, et son contenu est issu des recherches menées au sein du programme. Sauf mention contraire, les productions du PIREN-Seine sont régies par licence Creative Commons CC-BY-NC-SA v4.0 ou ultérieure (pas d'utilisation commerciale, partage des conditions initiales à l'identique).



Editeur :

ARCEAU-IdF 2019
www.arceau-idf.fr

Création graphique et impression :

 www.idbleue.com

Crédits photos :

Cartes pp. 1, 4, 6, 8, 22, 30, 53, 54, 56 : © Archives Nationales - p.42 : Pérouse (2005) - Autres photos : © PIREN-Seine



Le **PIREN-Seine** est un programme de recherche interdisciplinaire en environnement dont l'objectif est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin versant de la Seine et de la société humaine qui l'investit, pour permettre une meilleure gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau. Il est l'un des programmes composant la Zone Atelier Seine du CNRS.

La *cellule transfert des connaissances* a pour but de valoriser les productions de savoirs scientifiques issues des recherches du **PIREN-Seine**, et de favoriser la mise à disposition de ces informations à un large public, des professionnels de la gestion de l'eau aux élus en passant par les usagers. Soutenue par l'Agence de l'eau Seine-Normandie et l'EPTB Seine Grands Lacs, et animée depuis octobre 2016 par l'association **ARCEAU-IdF**, cette cellule répond à une forte volonté de la part des chercheurs de participer au transfert des savoirs scientifiques et techniques vers la société civile. Elle est ainsi chargée de la rédaction et de l'édition de documents thématiques, de la mise en ligne de contenus scientifiques adaptés à la fois aux professionnels et au grand public, et de la mise en place d'ateliers de co-réflexion du programme.

La collection des fascicules du **PIREN-Seine** analyse différents aspects du fonctionnement du bassin de la Seine, correspondant aux multiples domaines de recherche du programme. Ils s'adressent à tous les publics concernés par l'analyse et la gestion du bassin versant de la Seine et des problématiques environnementales et humaines qui y sont liées. Tous ces fascicules sont disponibles en téléchargement gratuit au format PDF sur le site du programme. Une première série de neuf fascicules a été publiée en 2009. En 2011, six nouveaux titres sont venus enrichir la collection. En 2017, la production des fascicules reprend avec une nouvelle collection, pour permettre aux acteurs du domaine de l'eau et de l'environnement de rester informés des dernières recherches scientifiques menées par le **PIREN-Seine**.

Pour plus d'informations,
retrouvez-nous sur :
www.piren-seine.fr

ISBN 978-2-490463-07-7



9 782490 463077



Les partenaires du **PIREN-Seine**

