



**HAL**  
open science

## Amélioration de l'information spatiale concernant des infrastructures hydrauliques historiques de la Ville de Paris

Mathieu Fernandez, Emmanuel Dumont, Philippe Branchu, André Guillerme, Laurence Lestel, Edwige Pons-Branchu, David Ramier, Matthieu Roy-Barman

### ► To cite this version:

Mathieu Fernandez, Emmanuel Dumont, Philippe Branchu, André Guillerme, Laurence Lestel, et al.. Amélioration de l'information spatiale concernant des infrastructures hydrauliques historiques de la Ville de Paris. 18ème congrès international de spéléologie 2022, Union internationale de spéléologie, Jul 2022, Le Bourget Du Lac, France. halshs-04085440

**HAL Id: halshs-04085440**

<https://shs.hal.science/halshs-04085440v1>

Submitted on 28 Apr 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# Amélioration de l'information spatiale concernant des infrastructures hydrauliques historiques de la ville de Paris.

Mathieu Fernandez (1), (2), Emmanuel Dumont (3), Philippe Branchu (3), André Guillerme (1), Laurence Lestel (4), Edwige Pons-Branchu (2), David Ramier (3), Matthieu Roy-Barman (2)

(1) HT2S-CNAM, 2 rue Conté, 75003 Paris

(2) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

(3) Cerema, 12 rue Léon Teisserenc de Bort, 78190 Trappes

(4) Metis-CNRS, 4 place Jussieu, 75005 Paris

Cet article a été publié dans l'ouvrage : Gauchon Christophe, Jaillet Stéphane, Union internationale de spéléologie (sous la direction de), 2022, *Actes du 18ème congrès international de spéléologie*, Association française de karstologie, Nîmes. Certaines sections du texte ont été modifiées par les auteurs suite aux questions soulevées lors du colloque et des retours l'ayant suivi ainsi que la mise en page.

## Abstract

A research project aims to contribute to a historical repository of the quality of surface water in dense urban areas for about two centuries. A section of the project is dedicated to formalizing the link between physico-chemical analyzes of calcareous concretions taken from urban cavities (aqueducts, quarries) and urban archives with the aim of reconstructing the conditions of formation of concretions: topographic, geological, hydrogeological, anthropic (various contaminations). To this end, a large variety of environmental archives are mobilized and processed using tools offered by the digital humanities (from GIS to web data visualization). This communication proposes to expose the methodologies implemented and the results obtained concerning the topographic reconstruction of the aqueduct of Belleville and Rungis on the basis of first-hand archives.

## Résumé

Un projet de recherches (Huniwers – ANR 18-CE22-0009) vise à contribuer à un référentiel historique concernant la qualité des eaux superficielles en milieu urbain dense depuis environ deux siècles. Une section du projet se consacre à formaliser le lien entre analyses physico-chimiques de concrétions calcaires prélevées dans des cavités urbaines (aqueducs, carrières) et archives urbaines dans le but de reconstituer les conditions de formations des concrétions : topographiques, géologiques, hydrogéologiques, anthropiques (contaminations diverses). Dans cet objectif, une importante variété d'archives environnementales est mobilisée et traitée à l'aide d'outils proposés par les humanités numériques (des SIG à la datavisualisation web). Cette communication propose d'exposer les méthodologies mises en œuvre et les résultats obtenus concernant la reconstitution topographique des aqueducs de Belleville et de Rungis sur la base d'archives de première main.

## 1. Introduction

L'approvisionnement en eau de Paris est dominé par les puits domestiques jusqu'à la construction du canal de l'Ourcq au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Des équipements construits à différentes époques ont par ailleurs permis d'alimenter les fontaines publiques, ainsi que des institutions religieuses, des hôpitaux et des concessions privées. A la fin de l'Ancien Régime, on peut énumérer la pompe de la Samaritaine et les pompes équipées de machines à vapeur – pompes à feu –refoulant une modeste quantité d'eau de

l'eau de la Seine ainsi que deux systèmes de captage et d'adduction d'eau de source. Le plus ancien est le réseau des « Sources du Nord », dont les premiers ouvrages datent du XII<sup>e</sup> siècle, et qui était constitué de plusieurs réseaux situés sur la colline de Belleville dans les communes de Paris, des Lilas et du Pré-Saint-Gervais. Le second est l'aqueduc dit de Médicis, également nommé de Rungis ou d'Arcueil selon les sources, drainant les

« Sources du Midi » et construit au XVII<sup>e</sup> siècle sur un parcours proche de l'aqueduc primitif romain.

Le réseau des Sources du Nord mérite le mieux l'appellation de réseau du fait du grand nombre de branches et nœuds le composant. Celui lié aux Sources du Midi a le plus communément été appelé aqueduc de Rungis car l'aqueduc est de loin de plus important équipement du réseau, ponctué de regard mais disposant de quelques pierrées à certains endroits spécifiques. Le réseau des Sources du Nord cesse complètement d'alimenter les fontaines de Paris en 1861, et est abandonné au début du XX<sup>e</sup> siècle, tandis que celui des Sources du Midi est encore entretenu par la régie municipale Eau de Paris et subsiste en fonctionnement sur une majeure partie du tracé initial.

Les connaissances les concernant proviennent majoritairement des ingénieurs du XIX<sup>e</sup> siècle et des archives du service des eaux qu'ils ont dirigé. Les plus influents sont Pierre-Simon Girard et Eugène Belgrand, tant par l'ampleur des travaux urbains réalisés que par les œuvres écrites qui jettent les fondements des techniques modernes d'adduction de l'eau pour les villes.

D'un point de vue géologique et hydrogéologique, ces deux systèmes hydrauliques drainent des nappes d'eau souterraines, dites perchées, qui sont rechargées par

l'infiltration de la pluie à travers un territoire initialement agricole puis urbanisé progressivement de manière très dense au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles.

Au final, ce sont des systèmes de drainage et d'adduction dont le fonctionnement a perduré sur plusieurs siècles sur plusieurs parties des développements topographiques initiaux.

A partir de 2010, des prélèvements de spéléothèmes calcaires dans ces équipements hydrauliques ont montré qu'ils constituaient des archives analysables notamment par la chimie (Pons-Branchu et *al.*, 2015). Ces analyses mettent en évidence des éléments véhiculés par l'eau au cours du temps, constituant une trace des évolutions de l'environnement le plus local à travers les nappes d'eau souterraines. La question qui en résulte est celle des effets transformatifs de la ville sur certains paramètres analysés.

La présente communication expose la reconstitution de référentiels topographiques les plus précis possibles concernant les équipements précités. Le degré de qualité de ces référentiels spatiaux est essentiel pour permettre des analyses spatiales ultérieures de corpus plus larges à des fins de compréhension des interactions entre ville et environnement : les archives des évolutions urbaines et industrielles.

## 2. Sources et méthodologie

### A Sources

Un travail de fond a été produit car la majeure partie des réseaux de drains des Sources du Nord ne figure sur aucune base de données de référence de données spatiales urbaines, et le service d'exploitation qui gère les Sources du Midi (Eau de Paris) n'a pas actualisé dans son système d'information géographique (SIG) l'information les concernant. Les vestiges des Sources du Nord étant essentiellement conservés pour leur intérêt historique, seuls les regards classés et les principales galeries figurent sur le plan parcellaire de la Ville de Paris. La mission principale d'Eau de Paris étant l'approvisionnement en eau potable, les travaux de cartographie ont porté en priorité sur le réseau exploité, dont les grands aqueducs, construits par Belgrand à partir de 1860, et non les Sources du Midi. C'est logiquement dans les archives administratives du département de la Seine que nous avons trouvé les archives les plus pertinentes concernant les réseaux dépendant de Paris et de la préfecture de la Seine suite à la création du département en 1790. Le dépouillement des inventaires des archives a rapidement permis d'étudier un grand nombre de cartons des séries concernées (AD 75).

Les ouvrages de référence concernant les grands travaux d'adduction en eau sont ceux de Pierre-Simon Girard et d'Eugène Belgrand. La longueur de leurs carrières à la tête du service des eaux, de 1805 à 1832 pour Girard et de 1854 à 1877 pour Belgrand ainsi que leur appartenance au Corps des Ponts et Chaussées leur ont donné la possibilité de laisser des synthèses importantes de leur travail et des techniques liées (Girard, 1831) ; (Belgrand, 1877).

Néanmoins, les archives conservées aux archives de Paris concernant les anciens aqueducs sont antérieures aux années 1870. Aucun versement postérieur n'est répertorié

ce qui souligne une forte dépendance aux sources. En conséquence, plusieurs tentatives de compréhension du devenir des archives ont été entreprises. Les archives de l'ancienne Société anonyme de gestion des eaux de Paris (SAGEP) concernant les Sources du Nord avaient été transmises à l'actuelle régie Eau de Paris et à l'Association Sources du Nord – Étude et Préservation (ASNEP) qui en a réalisé une retranscription intégrale. La branche technique de Eau de Paris conserve encore à Joinville-le-Pont un certain nombre d'archives techniques concernant l'aqueduc Médicis qu'il nous a été permis de scanner et d'exploiter. Celles-ci, en plus de renfermer un nombre important de documents courant du début du XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'à la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, nous ont fournis des plans jusque-là non répertoriés.

Enfin, pour compléter ce bref état des sources disponibles, signalons que certains des plans suscités sont également répertoriés dans le catalogue des plans de la Bibliothèque nationale de France (BNF) (Vallée, 1908, p. 354).

Girard produit un plan du réseau des sources du nord dans l'atlas de 1831 (Girard, 1831, pl. 34) au 1/10 000<sup>e</sup>. Le plan produit par Belgrand est à l'échelle plus large du 1/50 000<sup>e</sup> (Belgrand, 1877, pl. 1). Les plans les plus précis retrouvés dans les sources primaires sont produits à partir de 1852, selon toute probabilité liés à la création des cadastres rénovés dans les années 1840. Ils sont en effet à la même échelle et le fond de plan est identique à celui des plans cadastraux. Leur échelle se situe au 1/1000<sup>e</sup> (**fig. 1**).

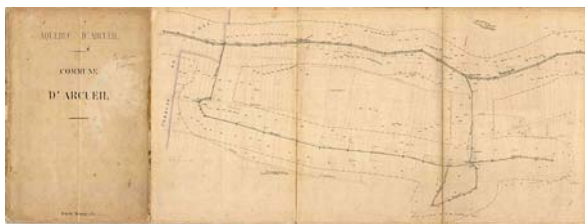


Figure 1 : Extrait des archives retrouvées au service technique de Eau de Paris : plan estimé de 1852 figurant le tracé et les zones de servitudes de l'aqueduc de Rungis au 1/1000°

Depuis les réformes napoléoniennes, les données spatiales urbaines sont le plus souvent liées à la structure parcellaire de l'espace qui est portée par les cartographies cadastrales. Ces dernières sont produites et mises à jour par le ministère des Finances depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle avec certaines spécificités pour Paris. Les plans parcellaires cadastraux ont servi d'outils cartographiques de référence à échelle fine dans des zones rurales ou urbaines. C'est dans ces sources que nous trouvons en toute logique un plus ancien état renseigné pour les zones urbaines traversées par les équipements hydrauliques étudiés. Aucun travail de reconstitution générique de l'espace parisien et de sa banlieue n'ayant à l'heure actuelle été entrepris sur la base de ces plans, nous nous sommes appliqués à réaliser un tel travail sur l'emprise des zones étudiées (fig. 2). Ce sont 81 planches qui ont été traitées en totalité, nous fournissant un référentiel topographique contemporain des plans décrivant les Sources du Nord et du Midi.



### 3. Résultats

La précision du géoréférencement des plans de (Girard, 1831) et de (Belgrand, 1877) est estimée à 30 à 50 mètres tandis que celle des planches du cadastre rénové des années 1840 est de 1 à 7 mètres.

La (fig. 4) illustre la vérification topographique du travail réalisé. Autour d'un regard ayant subsisté et étant cadastré en tant que bâtiment sur les données de référence issues de l'Atelier parisien d'urbanisme (APUR), nous pouvons mesurer l'écart avec la donnée issue du géoréférencement issu du plan de Belgrand figurant ce même regard. Il est d'environ 50 mètres. La même mesure est réduite à environ 5 mètres avec la méthode précédemment exposée autour des plans datés de 1852.

Les résultats finaux sont la reconstitution des deux réseaux étudiés liés au drainage des Sources du Nord et du Midi, pour partie disparus ou transformés au cours des XIX<sup>e</sup> et

Figure 2 : Planches du cadastre rénové géoréférencées dans une des deux zones étudiées (ici celle des Sources du Nord)

Nous nous bornerons ici à rendre compte, après vérifications opérées grâce aux outils SIG que la seconde génération des cadastres, celle dite du cadastre rénové produits dans le département de la Seine dans les années 1840, possède une précision cartographique meilleure que celle liée aux plans à plus grande échelle du XIX<sup>e</sup> siècle qui est de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres du fait de cette même échelle. Les marges d'erreurs, calculées par rapport à une « vérité terrain » assimilée à la référence cadastrale contemporaine par un certain nombre de points d'amer par planche, sont en général inférieures à moins de 2 à 3 mètres lorsque les planches ont été réalisées avec une technique de carroyage (ce qui est le cas pour les communes les plus proches de Paris) ou entre 5 et 10 mètres lorsqu'elles ont été réalisées par rapport à un référentiel isolé comme un clocher.

#### B Méthodologie

La (fig. 3) présente la méthode de géoréférencement des sources historiques identifiées dans la partie 2.A autour de l'exemple de l'aqueduc de Rungis. Sur la base du référentiel cadastral actuel, un référentiel historique est reconstitué sur la base de plans du cadastre rénové des années 1840. Les plans historiques sont alors géoréférencés sur la base cadastrale qui a permis leur création.

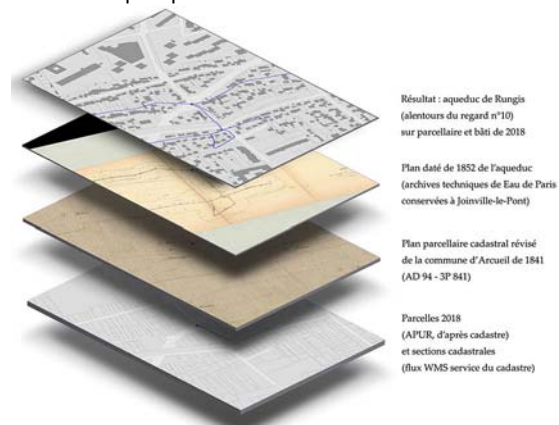


Figure 3 : Méthode « régressive » de géoréférencement des plans historiques

XX<sup>e</sup> siècles. Comme vérifié ci-avant, la précision est accrue par rapport aux sources spatiales actuelles mais aussi par rapport aux données qui seraient obtenues à travers les sources de seconde main contenue dans les cartes de Girard ou de Belgrand.

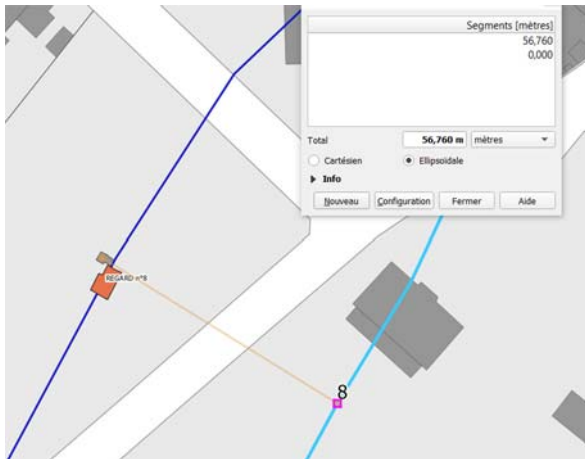


Figure 4 : Mesure sur le SIG des écarts entre la saisie issue des plans de Belgrand (en bleu ciel) ; des plans 1852 sur la base des plans cadastraux rénovés (bleu et regard en orange) ; d'un regard cadastré sur la référence actuelle de l'APUR (gris).

## 4. Discussion

Il nous paraît utile de discuter ici de la notion d'état initial. En effet, le terme est à la fois indispensable aux modélisations des sciences environnementales (fonctionnement géologique, chimique, climatique, etc.) tout en étant peu adapté aux sciences humaines et tout particulièrement à l'histoire liée aux archives conservées et au sein desquelles l'état initial devrait plutôt être compris comme un « plus ancien état documenté ». Le cas des équipements hydrauliques des Sources du Nord et des Sources du Midi se prête particulièrement à une telle discussion.

Ces deux équipements comprennent chacun un aqueduc et un certain nombre de conduites, pierrées et regards. Ils sont qualifiables d'anciens en référence aux « anciennes eaux » de l'ouvrage de Belgrand et ont bien en commun d'avoir été construits avant l'apparition des référentiels spatiaux contemporains urbains et ruraux, c'est-à-dire par une juxtaposition de parcelles délimitant en leur intérieur un espace propriétaire - contenant notamment des bâtiments, cours et jardins - et en leur extérieur un espace public. L'instrument conçu pour gérer cette logique spatiale a été standardisé pour l'ensemble du territoire national à travers le plan parcellaire cadastral. En toute logique, les sources cartographiques décrivant ces équipements anciens sont postérieures à leur conception. Néanmoins, il convient de remarquer qu'elles ne sont pour autant pas forcément actuelles.

En effet, il suffit de préciser que ces deux équipements sont tombés dans de progressives et relatives désuétudes institutionnelles entre la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et la première moitié du XX<sup>e</sup>. Le réseau des Sources du Nord a été abandonné par le Service des Eaux au début du XX<sup>e</sup> siècle et en partie détruit au fil d'opérations d'urbanisme, avant d'être repris en charge en vue de sa patrimonialisation par la Direction des Affaires Culturelles de la Ville de Paris (DAC) et l'ASNEP dans les années 1990. Si les actions de conservation menées par ces deux entités ont permis d'obtenir en 2006 le classement au titre des Monuments Historiques de l'ensemble du réseau, et qu'il s'écoule encore des volumes d'eau significatifs dans certains regards, ces eaux ne sont plus du tout utilisées et sont rejetées dans les réseaux d'assainissement. Quant à l'aqueduc dit de Médicis, si sa gestion par la régie

municipale a été maintenue, sa position n'est désormais que très marginale parmi les sources d'approvisionnement en eau de Paris. Son eau n'est plus utilisée en dehors d'une cascade dans le parc Montsouris qui ne fonctionnait plus avant sa remise en état en 2020. En toute logique, il n'y a par conséquent pas de données spatiales liées à ces équipements hydrauliques qui seraient actualisées aux standards de précisions et de formats contemporains (précision topographique de l'ordre du mètre issue de relevés terrain ou aériens et production de données SIG). Que l'on pense au cadastre, utile à la gestion de la propriété et dont la mise à jour a été permanente et réactualisée constamment par les services du fisc depuis environ 1806.

Il résulte de ces cheminements historiques que la meilleure source décrivant le réseau des sources du Nord est une série de plans parcellaires de servitudes datés d'entre 1852 et 1859 par les archivistes. Pour l'aqueduc de Rungis, il en va de même avec une série de plans datables de 1852.

La stratégie d'amélioration des connaissances doit donc se faire sur la base du meilleur état disponible qui n'est pas nécessairement un état contemporain si ce dernier n'existe pas, ni un état initial si ce dernier n'a pas lieu d'être. Ce meilleur état disponible peut ensuite être mis à jour rétrospectivement ou prospectivement au fil d'autres informations disponibles, par exemple textuelles, pour constituer un plus ancien état répertorié et un état contemporain le plus probable. De plus, la stratégie de superposition de plans par points d'amer nécessite une proximité topographique : les grandes transformations liées à l'urbanisation rendraient quasiment impossible la reconnaissance de parcelles inchangées pour plusieurs des plans que nous avons présenté.

Les SIG historiques massifs étant récents, seuls quelques projets nécessitant une importante main d'œuvre ont expérimenté le recueil de lots conséquents de données

historiques à même de produire un référentiel ancien.<sup>1</sup> Par conséquent, au cours d'un projet de recherches isolé avec une main d'œuvre limitée, il convient d'arbitrer entre les sources à traiter dans le temps imparti. Dans la considération de l'évolution environnementale d'un

territoire donné, centrale dans cette recherche, nous avons privilégié le meilleur état topographique ancien dans les cadastres rénovés des années 1840. Il s'agit d'une stratégie possible pour pallier aux difficultés historiques liées à la recherche d'un état initial.

## 5. Conclusion

La recherche a permis d'accroître la précision de l'information spatiale concernant les équipements hydrauliques étudiés ainsi que de produire un référentiel spatial historique pour des sections disparues. Dans les perspectives plus générales de la reconnaissance environnementale et urbaine et de corrélations à mettre en évidence concernant les contaminations chimiques, un

croisement plus fin des sources précédentes avec celles de la géologie, de la piézométrie, de l'archéologie industrielle, de la topographie urbaine et de ses transformations devient possible. La finesse de cette information topographique est essentielle si l'on considère l'échelle parcellaire des nombreuses archives urbaines que nous venons de citer.

## Remerciements

*Merci à MM. Petit et Jarossay de Eau de Paris pour leur aide ayant permis aux recherches d'archives de MM. Branchu, Dumont et Fernandez d'aboutir. Merci à l'ASNEP (Association Sources du Nord – Étude et Préservation) pour les plans et informations fournies sur les Sources du Nord ainsi que pour la transcription intégrale des archives de la SAGEP. Le projet Huniwars (ANR-18-CE22-0009) a permis de réunir l'équipe et de mener à bien cette recherche.*

## Références

AD 75, 1989, VO3 1 à 1206, *Répertoire numérique* ; VO3 1207 à 1652, *Répertoire numérique établi par Marcel Minin et dactylographié par Geneviève Bouvry et Nadia Bourokba*

Belgrand E. (1877), *Les travaux souterrains de Paris III. Première partie : les eaux, Première section : les anciennes eaux*, Atlas, Dunod, Paris, 29 pl.

Girard P.-S. (1831), *Mémoires sur le canal de l'Ourcq et la distribution de ses eaux ; sur le dessèchement et l'assainissement de Paris [...]. Atlas. - 1<sup>re</sup> partie*, Carilian-Goeury, Paris, 50 pl.

Pons-Branchu E., Roy-Barman M., Jean-Soro L., Guillaume A., Branchu P., Fernandez M., Dumont E., Douville E., Michelot J.-L. and Phillips MA. (2017), "Urbanization impact on sulfur content of groundwater revealed by the study of urban speleothems: Case study in Paris, France", in *Science of the Total Environment*, 579, p. 124-132.

Vallée L. (1908), *Catalogue des plans de Paris et des cartes de l'Île-de-France, [...], conservés à la section des cartes et plans*, Honoré Champion, Paris

---

<sup>1</sup> Nous pouvons citer à titre d'exemples les projets *Soduco* (ANR-18-CE38-0013) ou les projets liés consortium *Paris Time Machine* pour les données sociales ou topographiques urbaines et les travaux du *Piren-Seine* sur les données environnementales ou encore, plus généralement, la *TGIR Humanum* qui fédère à travers des équipements autour de la notion d'humanités numériques.