éditions EHESS

CAIRN.INFO
MATIÈRES À RÉFLEXION

L'ÉMERGENCE DE LA TROISIÈME DIMENSION DANS LES PLANS DE LYON : DE L'HISTOIRE À L'ARCHÉOLOGIE

Cyrille Ducourthial, Hervé Tronchère-Cottet

Éditions de l'EHESS | « Histoire & mesure »

2021/1 vol. XXXVI | pages 63 à 100

ISSN 0982-1783
ISBN 9782713228834
DOI 10.4000/histoiremesure.14283

Article disponible en ligne à l'adresse :

https://www.cairn.info/revue-histoire-et-mesure-2021-1-page-63.htm

Distribution électronique Cairn.info pour Éditions de l'EHESS.
© Éditions de l'EHESS. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Histoire & mesure

XXXVI-1 | 2021
Varia

L'émergence de la troisième dimension dans les plans de Lyon : de l'histoire à l'archéologie

The Emergence of the Third Dimension in the Maps of Lyon: from History to Archaeology

Cyrille Ducourthial et Hervé Tronchère-Cottet

Édition électronique
URL : https://journals.openedition.org/histoiremesure/14283
DOI : 10.4000/histoiremesure.14283
ISSN : 1957-7745

Éditeur
Éditions de l'EHESS

Édition imprimée
Date de publication : 30 juin 2021
Pagination : 63-100
ISBN : 978-2-7132-2883-4
ISSN : 0982-1783

Distribution électronique Cairn

CHERCHER, REPÉRER, AVANCER.

Référence électronique
Cyrille Ducourthial et Hervé Tronchère-Cottet, « L'émergence de la troisième dimension dans les plans de Lyon : de l'histoire à l'archéologie », *Histoire & mesure* [En ligne], XXXVI-1 | 2021, mis en ligne le 02 janvier 2024, consulté le 25 octobre 2021. URL : http://journals.openedition.org/histoiremesure/14283 ; DOI : https://doi.org/10.4000/histoiremesure.14283

© Éditions de l'EHESS

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Histoire & Mesure, 2021, XXXVI-1, p. 63-100

L'émergence de la troisième dimension dans les plans de Lyon : de l'histoire à l'archéologie

Cyrille Ducourthial * & Hervé Tronchère-Cottet **

Résumé. La mesure du relief fut, à Lyon, particulièrement précoce et fréquemment renouvelée. Aux remarquables plans à courbes de niveau réalisés par le Génie dès 1818 se sont ajoutés les nivellements commandés par la municipalité. Leur hypsométrie se fonde sur des plans de comparaison dont l'altitude, jusqu'en 1857, est calculée par rapport à un repère unique aujourd'hui disparu. Une approche régressive, basée sur les repères subsistant du nivellement Bourdalouë, nous a permis de déterminer son altitude et d'exploiter ainsi sur SIG les données issues de ces premiers nivellements (génération de paléo-MNT, calculs d'épaisseur de remblais). L'étude de l'évolution de la topographie de la ville au cours des deux derniers siècles ouvre d'intéressantes perspectives pour l'archéologie lyonnaise.

Mots-clés. Lyon, cartes et espaces, hypsométrie, archéologie, SIG, XIXe siècle, XXIe siècle

Abstract. The Emergence of the Third Dimension in the Maps of Lyon: from History to Archaeology. Lyon has a long history of frequent topographical measurement and mapping. As early as 1818, remarkable contour maps were produced by the city Engineers, and early levelling studies were ordered by the municipality. Their hypsometry is based on comparative maps whose altitude was calculated, until 1857, relative to a single topographical landmark that has since disappeared. A regressive approach, based on the remaining landmarks of the Bourdalouë levelling, was applied to determine this altitude, enabling us to use the data from these first mapping operations in our GIS (generation of paleo-MNT, backfill thickness calculations). Analysing changes in Lyon's topography over the last two centuries opens up new horizons for the study of its archaeology.

Keywords. Lyon, maps and territory, hypsometry, archaeology, GIS, nineteenth century, twenty-first century

* Service archéologique de la Ville de Lyon. E-mail : cyrille.ducourthial@mairie-lyon.fr

** Service archéologique de la Ville de Lyon, laboratoire Environnement, ville, société (EVS, UMR 5600). E-mail : herve.tronchere@mairie-lyon.fr

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

En archéologie, la mise en évidence des évolutions topographiques du territoire à différentes échelles de temps constitue un apport notable à sa compréhension. À Lyon, où le relief est marqué, le réseau hydrographique mouvant et l'urbanisation dense, ces évolutions peuvent aussi bien découler de phénomènes naturels que d'aménagements anthropiques. La prise en compte de la dimension verticale est donc indispensable pour appréhender ce paysage complexe. À cet égard, une connaissance, même imparfaite, des transformations d'une parcelle facilite aussi les arbitrages techniques et scientifiques préalables à sa fouille.

Les cartes anciennes, malgré les biais de géoréférencement et la part d'interprétation inhérente à toute représentation (choix sémiologiques orientés, imprécision des relevés, mauvais état de conservation…), constituent un outil privilégié d'analyse et de compréhension des sites archéologiques. Cependant, il est rare d'y trouver des données altimétriques précises, suffisamment denses, et potentiellement intégrables dans les systèmes d'information géographique (SIG) actuels. Plusieurs plans nivelés de Lyon de la première moitié du XIXe siècle répondent toutefois à ces critères et sont susceptibles d'être mis à contribution dans une optique archéologique.

Ainsi en 1818, tandis que débutaient aux alentours de Paris les premiers levés de la carte d'État-major, trois officiers du Génie levaient à Lyon un plan de Fourvière à courbes de niveau qui s'inscrit dans la droite ligne des travaux pionniers de la Brigade topographique du dépôt des fortifications. Par sa précocité comme par sa représentation précise du relief de l'ancienne colonie romaine, ce plan, aujourd'hui conservé sur les tablettes du fonds du Génie, à Vincennes, intéresse autant l'histoire de la cartographie que l'archéologie lyonnaise.

À la même époque, Louis Benoît Coillet commençait d'ajouter au *Plan général et géométral* de Lyon, qu'il réalisait pour la municipalité, les cotes altimétriques de chacun des 600 repères scellés dans le pavé des rues dont il avait levé le tracé. Si ses mesures n'ont pas la technicité ni la densité de celles du Génie, son atlas, conservé aux Archives municipales, est plus étendu et complète avantageusement leur plan.

Différents dans le fond et la forme, les levers du Génie et de Coillet ont cela de commun qu'ils fournissent, pour la première fois, une mesure du relief de la ville – et non plus cette interprétation figurée dont on s'était jusqu'alors contenté. Proche dans le temps de la ville classique, leur hypsométrie, potentiellement riche d'informations topographiques sur les périodes antérieures, permet aussi d'évaluer les bouleversements du relief survenus, en deux siècles, à la faveur des grandes transformations urbanistiques. L'exploitation archéologique de cette troisième dimension nécessite de l'exprimer dans le système altitudinal actuel (NGF IGN69)[1], et de déterminer au préalable l'altitude du

1. NGF : Nivellement général de la France. IGN : Institut national de l'information géographique et forestière (autrefois Institut géographique national).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

point de référence fondamental choisi en 1818 : le zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché.

1. Le premier plan nivelé par courbes horizontales de Lyon (1818)

La genèse du premier plan nivelé par courbes horizontales de Lyon est parfaitement renseignée[2]. Le général François Haxo, qui avait intégré le Comité des fortifications le 27 février 1816, présenta, le 20 novembre suivant, un *Mémoire sur l'utilité de fortifier Lyon et sur l'emplacement des arsenaux de la frontière d'Italie*[3]. Sans illusion sur la neutralité de la Suisse et « sur le respect qu'aurait pour elle l'Autriche, dans le cas d'une guerre où cette puissance serait alliée avec le roi de Sardaigne », il concluait à l'impérieuse nécessité de fortifier Lyon et montrait l'intérêt, corollaire, qu'il y avait à placer l'arsenal général de cette frontière dans la citadelle qu'on devait y bâtir.

Les membres du Comité, convaincus par l'idée de faire de Lyon « le point central de la défense de la frontière de l'Est et de la Méditerranée », estimèrent que les premiers travaux de fortification devaient être menés à Fourvière, dont la situation leur paraissait favorable pour l'établissement d'une citadelle[4]. Le 30 janvier 1818, ils votaient un fonds de 1 200 F pour « le lever à l'échelle de 1/1 000 et le nivellement par courbes horizontales, espacées d'un mètre l'une de l'autre, de toute la hauteur de Fourvières [*sic*][5] » (Figure 1).

Les hommes du plan

La réalisation du plan fut confiée au Génie de la place de Lyon, alors sous l'autorité du directeur des fortifications de Grenoble, le colonel Pierre Michel, qui avait en son temps collaboré au plan archétypal de la Rocca d'Anfo (Brescia)[6]. Le plan lui-même est l'œuvre des capitaines du Génie Aillaud et Tabareau et du lieutenant-colonel et ingénieur en chef Plagniol : trois polytechniciens passés, l'un après l'autre, par l'école d'application de l'Artillerie et du Génie de Metz (Tableau 1).

2. Vincennes, Service historique de la Défense (désormais SHD), GR, 1 VH 1004 n° 38 (T12) ; il s'agit d'un calque collé sur papier. Une version réduite au 1/2 000 et non signée de ce plan est conservée sous la cote GR 1 VH 1004 n° 38 bis.

3. SHD, GR, 1 VH 1004 n° 35.

4. Le Comité reprenait en l'espèce les arguments développés par Haxo.

5. SHD, GR, 1 VH 1004 n° 36.4. Pour une présentation du contexte général, voir M. Mettey-Bunevod, 1998, p. 75 et suiv.

6. Sur la réalisation dès 1801 de ce premier plan nivelé par courbes de niveau, voir L. Rossi, 2014.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Tableau 1. *La formation des auteurs du premier plan nivelé de Fourvière*

	École polytechnique	*École d'application de l'Artillerie (puis du Génie) de Metz*
Pierre François Marie Auguste Plagniol	1794-1796	1796-1797
Pierre Marie Gilbert Aillaud	1802-1805	1805-1808
Charles Henry Tabareau	1808-1811	1811-1813

En dehors de cette commune formation, rien dans leur parcours ne semble les avoir particulièrement préparés à ce type d'exercice. Promu capitaine de 1re classe du Génie le 1er juillet 1809, Aillaud (1782-1864) est d'abord employé dans plusieurs places italiennes (Portoferraio, Piombino, Livourne, Sienne, Orbetello, Venise et Chioggia), avant de prendre part à la guerre d'Espagne (1811 à 1814). À son retour, il rejoint Mont-Dauphin puis est affecté à Lyon de 1816 à 1821[7].

Tabareau (1790-1866) est promu capitaine de 1re classe du Génie le 4 août 1814. Il passe successivement par les places d'Alexandrie, du Mont Cenis, de Turin, de Grenoble et de Montbrison, puis participe, en 1815, aux travaux de fortification de Lyon au sein du 3e régiment du Génie. Ses états de service le signalent de nouveau à Lyon de 1818 à 1819[8].

À sa sortie de l'école d'application de Metz en 1797, Plagniol (1775-av. 1855) est envoyé dans plusieurs places fortes du Nord (Dunkerque, Saint-Omer, Boulogne). Son service est entrecoupé de campagnes menées au sein des armées d'Italie, d'Allemagne et d'Espagne. Il est promu lieutenant-colonel du Génie le 9 septembre 1812. Signalé à Saint-Malo en 1818 et à Montpellier dès 1819, il ne semble avoir fait à Lyon qu'un très bref séjour ; il s'y trouvait néanmoins déjà lorsqu'il reçut en mars 1818 la permission de se marier[9]. Son passage pourrait être uniquement motivé par les opérations de levé et de nivellement des hauteurs de Fourvière dont on lui a confié la direction.

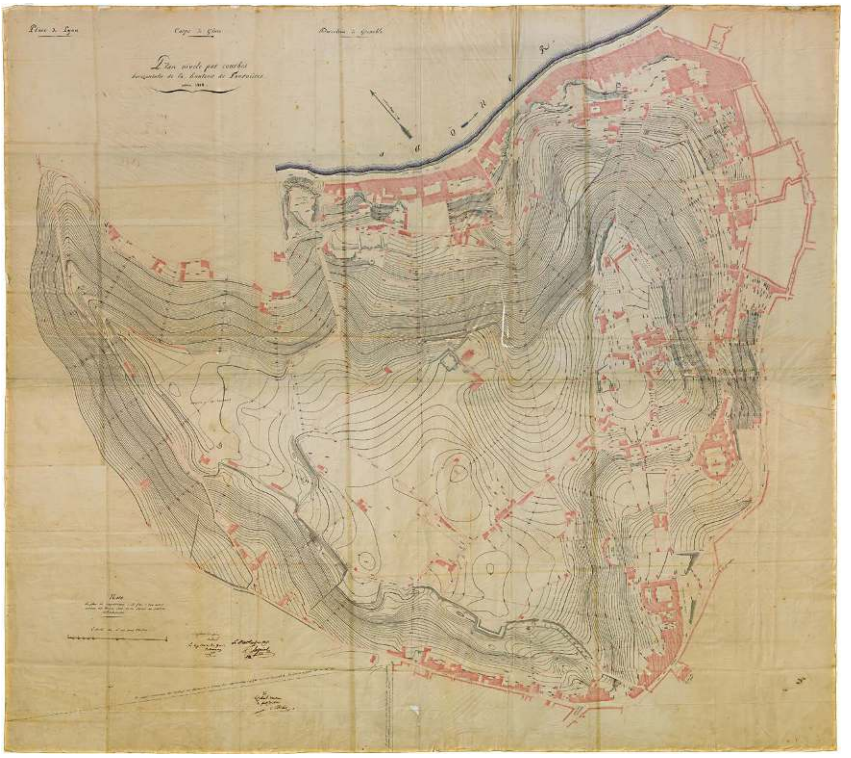
7. SHD, GR, 2Ye 16/7 (Aillaud) ; C. P. Marielle, 1855, p. 1 ; C. J. Dufaÿ, 1874, p. 9.

8. SHD, GR, 2Ye 3858/50 (Tabareau) ; C. P. Marielle, 1855, p. 209 ; *Annuaire de l'état militaire de France pour l'année 1819*, p. 498. Tabareau devait, après avoir quitté l'armée, devenir professeur de mathématiques à la nouvelle école des arts et métiers de la Martinière, qu'il avait créée à Lyon et dont il fut provisoirement directeur ; il acheva sa carrière comme professeur de physique à la faculté de Lyon.

9. SHD, GR, 2Ye 3281 (Plagniol) ; C. P. Marielle, 1855, p. 179 ; L. É. Testu, 1818, p. 609 ; *Annuaire de l'état militaire*…, p. 495 et 507.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 1. *Premier plan nivelé de Fourvière, par Plagniol, Aillaud et Tabareau (1818)*



Titre original : *Place de Lyon. Plan nivelé par courbes horizontales de la hauteur de Fourvières [*sic*]*. Plagniol, Aillaud, Tabareau, 1818. Échelle : 1/1 000.

Sources. SHD, GR, 1 VH 1004 nº 38 (T12).

Le recours au plan Coillet

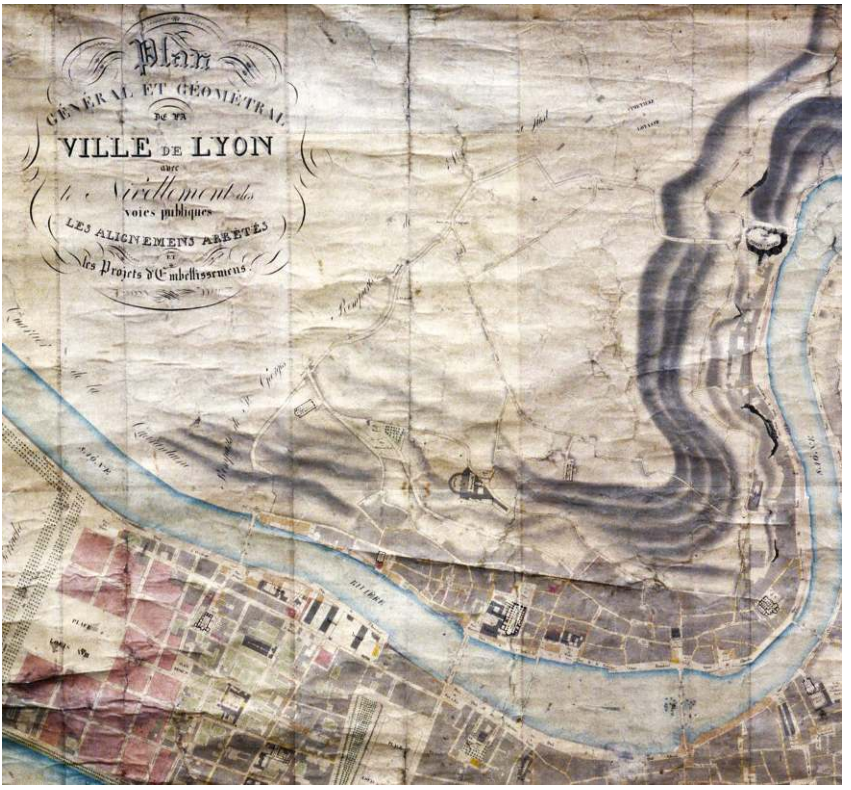
C'est au titre de cette direction que Plagniol s'adresse au maire de Lyon le 23 juin 1818[10]. Il a appris que l'administration municipale possédait un « plan de la cité et de ses environs levé avec beaucoup d'exactitude » – qui n'est autre que le *Plan général et géométral de la ville de Lyon* auquel Louis Benoît Coillet travaillait depuis déjà dix ans (Figure 2). Il sollicite du baron Rambaud l'autorisation de l'emprunter pour prendre le calque des portions de terrain qui lui sont nécessaires. Il le prie, en outre, de bien vouloir lui remettre deux invitations signées de sa main en vue de lui faciliter l'accès

10. Archives municipales de Lyon (désormais AML), 322 WP 1.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

aux propriétés particulières de Fourvière dans lesquelles ses hommes et lui seront probablement amenés à entrer pour réaliser leur levé.

Figure 2. *Extrait du* Plan général et géométral de la ville de Lyon *de Coillet (1818)*



Titre original : *Plan général et géométral de la ville de Lyon avec le nivellement des voies publiques, les alignements arrêtés et les projets d'embellissement*. Coillet, 1818. Extrait de la zone de Fourvière. Échelle : 1/900.

Sources. AML, 7 S 21 (5 PH 35633).

L'inventaire des plans de la ville de Lyon dressé le 12 octobre 1818 montre que, malgré le travail considérable réalisé en dix ans par Coillet, peu de plans pouvaient être, à cette date, utiles aux officiers du Génie[11]. Les plans au 1/300, qui constituent son grand œuvre et sa commande principale, étaient, par leur format même, difficilement exploitables : près de quarante

11. AML, 322 WP 1.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

planches au format grand aigle (100×65 cm) étaient en effet nécessaires pour couvrir le plateau de Fourvière, d'ailleurs assez succinctement représenté. *In fine*, seul le plan de la ville levé au 1/900 semble avoir pu présenter un intérêt pour eux[12]. Il n'existait cependant qu'à l'état de minute et, mesurant près de trois mètres de côté et n'étant pas encore entoilé, il était difficilement envisageable de le sortir de l'hôtel de ville où il était conservé. Peut-être ont-ils reçu l'autorisation de venir le décalquer sur place. Leur plan présente en effet d'assez nombreuses similitudes avec celui de Coillet et, au-delà de la géométrie générale, certains détails de la voirie ou des îlots d'habitation riverains de la Saône pourraient bien lui avoir été empruntés.

La représentation du relief de Fourvière : influences et méthode

Le choix par le Comité des fortifications d'une représentation du relief par courbes de niveau – la première à Lyon – peut surprendre. Haxo, qui avait initié le mouvement en levant à la Rocca d'Anfo, dès 1801, le premier plan du genre, ne paraît pas avoir renouvelé l'expérience ailleurs et s'est fait au contraire le promoteur de la méthode des « lignes de plus grande pente » adoptée par la Commission topographique de 1802[13].

Pour mettre de l'ordre et de l'uniformité dans une production cartographique savante et militaire aussi croissante qu'hétérogène, le général Sanson, directeur du tout-puissant Dépôt des fortifications, avait réuni, à l'automne 1802, une commission interinstitutionnelle chargée de normaliser, au sein des services publics, les procédés et le langage de la topographie moderne[14]. La question de la représentation du relief, dont les ingénieurs militaires étaient devenus les experts, fut au cœur des débats. Écartant définitivement la demi-perspective, qui conduisait à mêler sur le même plan des projections de différentes natures, la commission avait opté pour la méthode des hachures et lignes de plus grande pente, dites aussi « de la chute des eaux » car elles correspondent aux « courbes que décriraient sur les surfaces du terrain des gouttes de pluie ou d'autres graves obéissant aux lois de la pesanteur[15] ». Pour les membres de la commission, ces lignes ont « l'avantage de représenter un effet naturel dont l'œil est témoin à chaque instant et qui rappelle la cause générale […] de la figure et des accidens des montagnes [*sic*][16] ». Elles sont donc aussi faciles à concevoir qu'à interpréter.

Les courbes de niveau furent au contraire jugées trop exigeantes. Adaptées du système des sondes bathymétriques, elles sont difficiles à déterminer

12. AML, 7 S 21.
13. L. Rossi, 2018a, p. 73 ; *Mémorial du dépôt général de la guerre*, t. IV, 1829, p. 349.
14. P. Bret, 1991 ; M.-A. Corvisier de Villèle & C. Bousquet-Bressolier, 1997 ; G. Palsky, 2005 ; P. Bret, 2008 ; V. Pansini, 2012 ; N. Jacob, 2018.
15. *Mémorial topographique et militaire* n° 5, 1803, p. 19-20, 36.
16. *Mémorial topographique*… n° 5, p. 36.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

autrement que par des nivellements rigoureux : « il faudrait, pour les évaluer à la simple vue avec quelque justesse, pouvoir planer sur le terrain[17] ». La commission fut donc d'avis qu'on en réserve l'usage à des besoins spécifiques, « comme dans les plans de site et de défilement des places[18] ».

Les isohypses, dites « à la française[19] » outre-Manche, parce que c'est en France qu'on en développa la technique, restèrent, pour cette raison, longtemps d'un emploi limité, et la marque de fabrique d'une poignée d'officiers topographes du Génie formés à l'École polytechnique[20]. Expérimentateur infatigable et dessinateur de talent, Pierre Antoine Clerc, leur chef de file, y enseigne à partir de 1807 l'art et la manière de représenter le relief. Instruit des limites du système des hachures, il s'emploie à perfectionner la méthode de levé et de dessin des courbes de niveau dont le mathématicien Lacroix, son confrère à Polytechnique, a montré la supériorité[21]. La brigade topographique dont, en 1809, le directeur du dépôt lui confie à dessein la direction allait lui permettre d'éprouver sa méthode et d'en assurer une diffusion efficace.

Jusqu'à ce que la commission Dode de la Brunerie n'élargisse, en 1828, l'usage des courbes de niveau aux cartes de plus petite échelle (inférieure au 1/10 000), les plans de fortification « nivelés par courbes horizontales » devaient rester les seuls à fournir une mesure du relief véritable et étendue, c'est-à-dire une mesure qu'il nous est possible d'apprécier même si elle est exprimée par rapport à un référentiel local[22]. Car, contrairement aux marins auxquels ils ont emprunté la méthode des sondes, et en dépit des incitations de la commission Sanson, les topographes du Génie allaient continuer à rapporter leurs cotes terrestres à des plans de comparaison imaginaires plutôt qu'au niveau général de la mer[23].

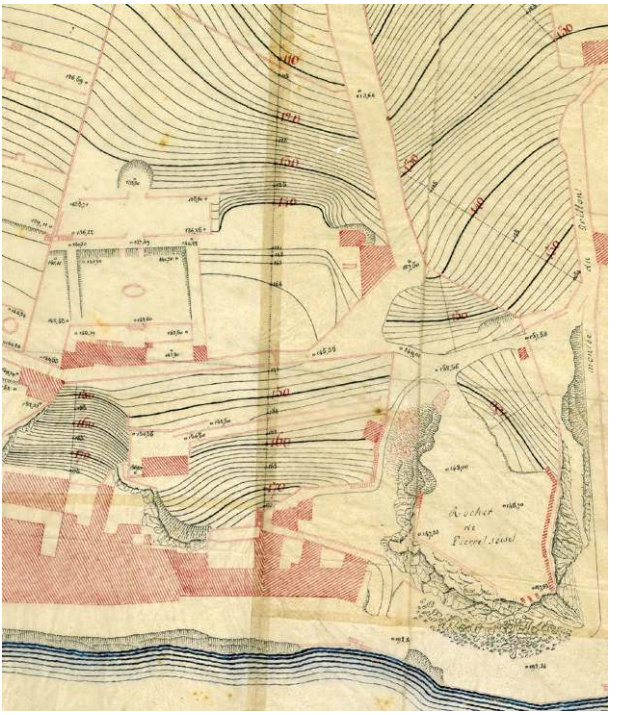
Le plan produit par les trois officiers du Génie de Lyon (Figure 3) s'inscrit ainsi dans le sillage des travaux précurseurs de la brigade topographique. Son activité novatrice s'est d'abord exercée dans le golfe de la Spezia (en Ligurie), où Napoléon avait ordonné la construction d'un grand arsenal méditerranéen (1809-1811), puis à Cherbourg, au Mont Cenis et à Hyères (1812-1813), à Cologne et Coblence (1813) et, depuis 1816, à Metz où les levés n'étaient pas achevés. À cette série d'expériences menées avec succès par Clerc et ses collaborateurs s'ajoute, depuis 1811, le plan nivelé par courbes horizontales de Corfou réalisé parallèlement par Guillaume Henri

17. *Mémorial topographique*… n° 5, p. 35.
18. *Mémorial topographique*… n° 5, p. 37.
19. J. Konvitz, 1987, p. 92.
20. Sur l'origine et les premiers développements des courbes de niveau, voir F. de Dainville, 1959, p. 195-222 ; J. Konvitz, 1987, p. 77 et suiv. ; B. Belhoste, 1994 ; P. Lamandé, 2009 ; R. Hewitt, 2011, chap. II ; L. Rossi, 2014 ; *id*., 2018a ; K. Rann & R. S. Johnson, 2019.
21. L. Rossi, 2018b ; P. Lamandé, 2009.
22. *Mémorial du dépôt général de la guerre*, t. IV, p. 347-391 et t. V, p. 458-482.
23. *Mémorial topographique*… n° 5, p. 9-10.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Dufour, un autre polytechnicien. Tous devaient contribuer à imposer l'usage des courbes équidistantes[24].

Figure 3. *Rocher de Pierre Scize, détail du* Plan nivelé… *(1818)*



Titre original : *Place de Lyon. Plan nivelé par courbes horizontales de la hauteur de Fourvières [*sic*]*. Plagniol, Aillaud, Tabareau, 1818. Échelle : 1/1 000. Détail du rocher de Pierre Scize.

Sources. SHD, GR, 1 VH 1004 nº38 (T12).

On retrouve sur le plan lyonnais plusieurs traits caractéristiques du prototype ligure : levé à grande échelle (1/1 000) et feuille de grand format (150×165 cm), nécessaire ici pour embrasser la totalité des 142 hectares de la colline de Fourvière en conservant l'échelle prévue. La couleur, en revanche, est réservée aux bâtiments et ne vient plus s'ajouter aux courbes de niveau pour accentuer la plasticité du relief, comme c'était encore le cas pour la carte nivelée du promontoire de Porto Venere dessinée par la brigade topographique en 1811. Les hachures sont utilisées avec parcimonie pour figurer

24. On consultera avec profit les nombreuses études menées par Luisa Rossi sur ce thème (L. Rossi, 2011 ; *id*., 2018b notamment), en attendant la parution annoncée de son ouvrage de synthèse (voir bibliographie).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

certains reliefs particulièrement abrupts et éviter une agglutination peu lisible de courbes de niveau. Même discrète, la représentation naturaliste du socle rocheux affleurant permet, par ailleurs, de visualiser instantanément les escarpements du site à fortifier, comme pour Corfou ou la Spezia. Pittoresque archaïque ou pragmatisme moderne ? Nous inclinons plus volontiers pour la seconde solution.

La prédominance de l'abstraction géométrique est un signe indéniable de cette modernité. Car, ces cas particuliers exceptés, les courbes de niveau sont omniprésentes et nappent l'intégralité du plateau de Fourvière. On mesure le chemin parcouru depuis le levé par Haxo du plan de la Rocca d'Anfo, sur lequel les courbes équidistantes cédaient encore le pas aux artifices graphiques plus symboliques que réalistes. Le contraste est plus net encore avec le plan aquarellé de Lyon, exécuté par Barby en 1817 (Figure 4), où le relief est simplement suggéré par ombrages, à la manière, dorénavant obsolète, du plan de Jary et Villionne de 1799 qui lui a servi de modèle[25].

La représentation des isohypses, dont les arrêts brutaux ou les soudaines disparitions peuvent dérouter l'observateur contemporain, est conforme aux méthodes mises au point par la brigade topographique de Clerc. Tabareau, le plus jeune des trois officiers topographes, en a probablement suivi le cours à l'École polytechnique. Si le canevas polygonal n'a pas été reporté sur le plan, on y trouve tout de même soixante-dix-neuf profils utilisés pour établir les courbes équidistantes. Ces profils, en principe raccordés aux sommets de polygones et dirigés suivant les pentes du terrain, sont ici pour la plupart rectilignes, contrairement aux cas théoriques présentés par Pierre Antoine Clerc dans le monumental essai qu'il publia à la fin de sa vie[26]. On a pris soin d'y ajouter les points qui fixent, « en nombre rond de mètres[27] », la distance verticale des courbes au plan général de comparaison et leur équidistance relative. Ces points ont été déterminés par rapport aux sommets, préalablement nivelés, des polygones dans lesquels ils s'inscrivent. On ne saurait dire si, pour faciliter ces opérations de terrain, les officiers de Lyon avaient adopté la boussole nivelante de Clerc qui permettait de réaliser simultanément le levé et le nivellement des horizontales[28]. Contrairement au cas homologue de Barcelone, nous ne disposons pas ici de registres de triangulation et de

25. SHD, GR, 1 VH 2061 : *Plan général de la ville de Lyon et de ses environs* [1799].
26. P. A. Clerc, 1839, p. 250 et suiv. ; *id*., 1840, p. 214 et suiv.
27. *Ibid*., p. 251.
28. Sur la mise au point (avant 1814) de cet instrument présenté comme « une boussole ordinaire à laquelle on a adapté un niveau à bulle d'air à lunette, qui est en même temps celle de la boussole » (P. A. Clerc, 1839, p. 254), et son perfectionnement « dans ses mains et dans celles des élèves qu'il a formés », voir *Mémorial du dépôt général de la guerre*, 1829, t. I, p. 409, n. 1 ; P. A. Clerc, 1839, p. 254 ; *id*., 1840, p. 234 et suiv. ; L. Rossi, 2018a, p. 73 et p. 79 n. 11. Sur les techniques usuelles de nivellement, voir aussi F. Graber, 2006.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

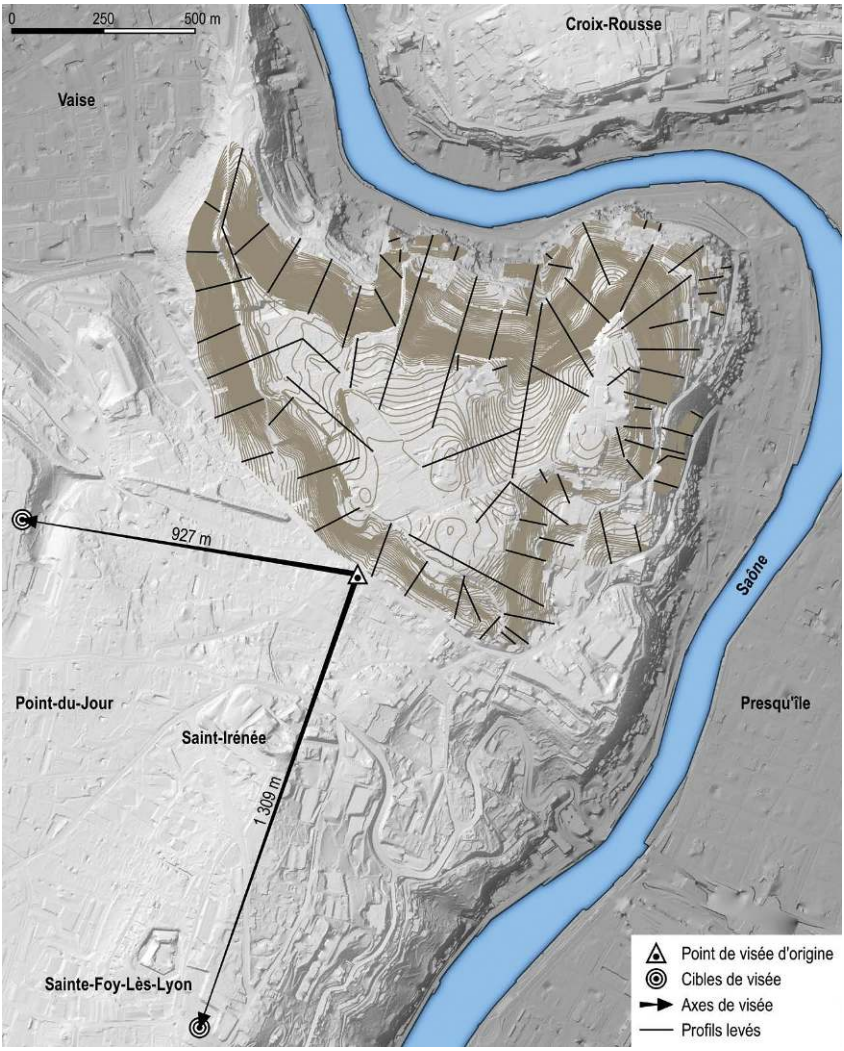
Figure 4. *Plan aquarellé de Lyon, par Barby (1817)*

Titre original : *Plan de Lyon indiquant les ouvrages de défense exécutés ou projetés en 1815*. Barby, 1817.
Note. En rouge, emprise du plan de Fourvière.

Sources. SHD, GR, 1 VH 1004 nº 34 (T12).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 5. *Distribution des profils levés et nivelés pour le plan de Fourvière et axes de visée des éminences utilisées comme repères topographiques*



Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.

nivellement susceptibles de nous renseigner sur les méthodes de levé et de calcul employées[29].

29. F. Nadal & C. Montaner, 2018.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Ce réseau de courbes est par ailleurs complété par les cotes altimétriques ponctuelles relevées sur les terrasses, les cours et les jardins clos de mur dans lesquels il n'a pas été possible de lever de sections horizontales. Enfin, deux axes dessinés depuis l'angle d'un bâtiment de la place de Trion pointent en direction des éminences de Sainte-Foy et des Massues, qui devaient constituer une menace pour la future citadelle. Leur altitude respective est indiquée avec une remarquable exactitude (Figure 5).

Le plan horizontal de comparaison pris, ici, « au-dessus de la plus grande hauteur du terrain[30] », a été fixé à 200 mètres au-dessus des basses eaux de la Saône au pont de l'Archevêché. Les cotes altimétriques, déduites du plan de comparaison, fonctionnent à la manière de sondes bathymétriques et rappellent opportunément l'origine marine de l'isohypse : leur grandeur est donc inversement proportionnelle à celle du relief.

Leur conversion dans le système NGF actuel (IGN69) doit permettre d'exploiter ces données à des fins archéologiques, en comparant notamment l'évolution du relief à deux siècles d'écart. C'est également le cas du nivellement de la ville réalisé par Coillet.

2. Le plan nivelé de Coillet (1820-1822)

Si les recherches de Françoise Cotton et de Claude Mermet ont permis d'éclaircir la carrière de Coillet et les conditions de réalisation de son plan à grande échelle de Lyon, les opérations de nivellement complémentaire qu'il y a réalisées à la suite du Génie restent une part méconnue de son œuvre[31]. Elles s'inscrivent, par leur technique et leur présentation, dans la lignée des travaux des ingénieurs Pierre-Simon Girard et Pierre Égault, ses devanciers à Paris (1805-1807)[32].

Prévu par l'article 17 du « bref des clauses et conditions d'adjudication du plan d'alignement » daté du 2 juillet 1808, le nivellement de la ville – c'est-à-dire la mesure de l'altitude des rues – devait se rapporter à un plan de comparaison dont le choix n'avait pas été immédiatement arrêté : il devait passer « par un point désigné de l'observatoire de Lyon ou de tout autre point qui sera désigné[33] ».

30. Il eût pu, tout aussi bien, l'être « au-dessous de sa partie la plus basse » (P. A. Clerc, 1839, p. 251). Sur les niveaux de pente ou éclimètres, voir L. Puissant, 1820 [1807], p. 345. L'auteur a intégré à cette seconde édition un nouveau chapitre traitant du « figuré géométrique du terrain par le moyen des courbes de niveau équidistantes ou des lignes de plus grande pente » (p. 226 et suiv.).
31. C. Mermet, 1997, p. 69-77.
32. Sur ce nivellement, voir F. Graber, 2006 et M. Fernandez, 2018.
33. Voir Annexe 1.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

En 1811, l'ingénieur Chastelus, chargé de vérifier le travail de Coillet, suggéra au maire d'employer à cette fin le point de la salle Henri IV de l'hôtel de ville choisie comme centre des opérations trigonométriques de la ville. Cette proposition n'a pas été suivie d'effet. L'inventaire des travaux réalisés au 12 octobre 1818 montre que le nivellement n'avait même pas encore débuté à cette date[34]. La commission de vérification du plan invita l'adjudicataire à s'en occuper sans tarder. Coillet, qui imputait ce retard à la qualité des repères fournis par la ville, annonça le 10 avril 1819 avoir traité à grands frais avec « d'habiles artistes » qui s'étaient engagés « à rendre le tout parfait et parachevé[35] » pour décembre.

Par sa délibération du 14 avril 1820, le Conseil municipal lui fit obligation de fournir en double expédition le plan général et les atlas de nivellement, qui n'avaient apparemment pas été rendus malgré ces prévisions optimistes[36]. Un projet pour l'exécution du nivellement, postérieur à cette délibération (mais reprenant sans doute un document plus ancien) laisse même supposer que rien n'avait encore été fait. Il expose, mieux que le bref peut-être, la double nature du travail attendu :

> « Le travail du nivellement, pour atteindre le but d'utilité dont il est susceptible, comprendra nécessairement deux parties : l'une, formant le nivellement proprement dit, fera connaître la hauteur actuelle et l'état des lieux ; l'autre présentera comme projet un nouveau nivellement pour toutes les parties de la ville où la disposition du terrain rendra cette opération nécessaire[37]. »

Peut-être influencé par les travaux du Génie, ce projet envisage pour la première fois d'employer l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché (rebaptisé Tilsitt) comme repère fondamental du nivellement, en faisant passer le plan de comparaison 100 m au-dessous de l'étiage de la Saône :

> « Le nivellement de la ville dans son état actuel sera d'abord exécuté suivant les procédés ordinaires en prenant pour point de départ un plan général de comparaison supposé à 100 mètres au-dessous du niveau des basses eaux marquée 0 sur l'échelle tracée à la culée est du pont de l'archevêché[38] ».

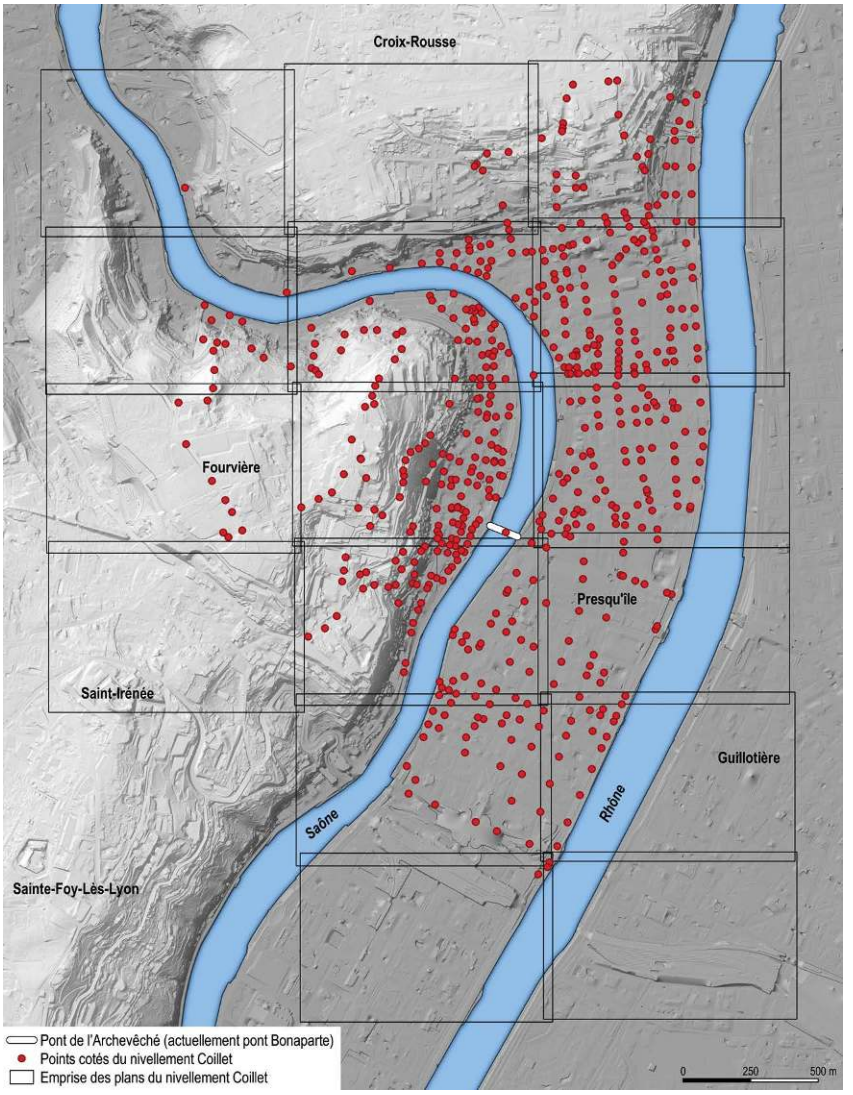
Le 5 octobre 1822, Coillet informait enfin le maire que l'ingénieur chargé par lui du « nivellement de l'intra-muros » venait de lui annoncer qu'il l'avait achevé[39]. Le « tableau de nivellement de la ville de Lyon et repèrement des points nivelés », qui résulte de cette opération (Figures 6 et 7), indique que

34. AML, 322 WP 1.
35. AML, 322 WP 2.
36. AML, 1217 WP 39, p. 128, art. 11.
37. AML, 322 WP 1.
38. AML, 322 WP 1.
39. Le nivellement du sud de la presqu'île, alors en pleine mutation, fut cependant corrigé et complété au gré de l'aménagement du « quartier neuf de Perrache » (jusqu'en 1825). Voir notamment AML, 2 S 109.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

le plan de comparaison a pour finir été pris « à zéro de l'échelle du pont de l'archevêché[40] » et non 100 m en-dessous comme cela avait été envisagé.

Figure 6. *Tableau d'assemblage des plans de nivellement de Coillet (au 1/900) et distribution des cotes altimétriques*

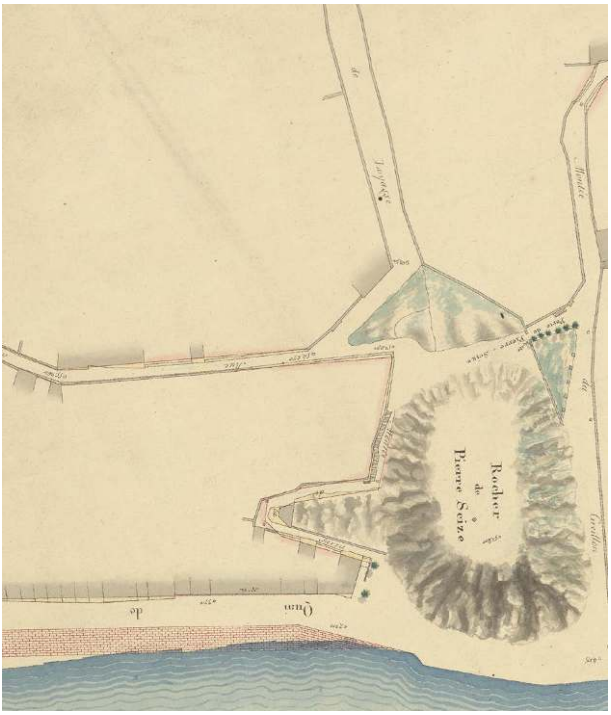


Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.

40. AML, 322 WP 1.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 7. *Plan de nivellement de Coillet* (c. *1820), détail du rocher de Pierre Scize*



Sources. AML, 2 S 502/11.

Les 600 cotes altimétriques consignées dans ce registre sont reportées sur le plan général de nivellement levé au 1/900, dont quatre exemplaires ont été recensés en 1823[41]. Deux d'entre eux, découpés en 16 feuilles, étaient destinés à être reliés pour former les atlas de nivellement[42]. Seuls un plan général et les feuilles de l'un des deux atlas sont parvenus jusqu'à nous[43]. Comme pour le plan du Génie, leur exploitation archéologique nécessite de déterminer au préalable la cote altimétrique de leur point de référence.

41. Le registre aujourd'hui lacunaire n'en comporte plus que 593 (dont 5 doublons, ou quasi doublons). Neuf cotes altimétriques ont été omises sur le plan ; elles peuvent y être ajoutées d'après les indications géographiques contenues dans le registre. À titre de comparaison, le nivellement général de Paris de Girard et Égault compte 559 points de contrôle (M. Fernandez, 2018, p. 96).

42. Voir Annexe 2.

43. AML, 7 S 21 (plan) et 2 S 502/1 à 13, 2 S 967, 2 S 968, 2 S 969 (feuilles).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

3. Le zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché

Choisi par Coillet et les officiers du Génie comme point de référence du plan de comparaison de leur nivellement respectif, le niveau des basses eaux de la Saône était, en 1857, matérialisé par le zéro d'une échelle hydrométrique fixée au mur de soutènement du quai Tilsitt (rive gauche, Figures 8 et 9), en aval et près de la culée du pont de l'Archevêché[44]. C'est là que Bourdalouë la vit lorsqu'il procéda au second nivellement civil de Lyon. Elle remplaçait l'échelle tracée sur la culée du pont qu'avaient connue ses devanciers. La translation de l'une à l'autre, probablement consécutive aux travaux de construction du quai (de 1836 à 1840), requerrait évidemment de ne pas perdre le niveau de référence, et avec lui le bénéfice, du premier nivellement de la ville : on prit donc très certainement soin de régler la seconde échelle sur l'altitude de la première. La postérité du repère renforce cette conviction.

La postérité du repère fondamental

Employé comme repère fondamental des premiers nivellements de Lyon, le zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché bénéficia de la faveur des topographes durant une large moitié du XIXe siècle. Que la carte d'État-major ait déterminé son altitude à la cote arrondie de 163 m au-dessus du niveau de la mer et l'ait reportée sur la minute de la feuille de Lyon, levée au 1/20 000 par le capitaine Conil en 1832, n'a pu qu'accroître son importance.

Si les ingénieurs chargés des nivellements de la grande Saône de 1835 à 1837 ne paraissent pas l'avoir pris en considération et lui ont préféré, pour point de départ, le zéro de l'échelle du pont de la Mulatière établi par l'État-major à la cote également arrondie de 162 m, le Génie n'a cessé d'y rapporter ses nivellements successifs[45]. Une note portée sur le *Plan de Lyon et de ses environs* de 1828 précise que le « plan général de comparaison du nivellement passe à 200 mètres au-dessus de l'étiage de la Saône au pont de l'archevêché[46] ». Une mention similaire, reproduite sur chacune des six feuilles du *Plan directeur de la place de Lyon*, levé à nouveaux frais par le lieutenant-colonel du Génie Mengin en 1841 (Figure 10), rappelle que ses « cotes de nivellement se rapportent à un plan de comparaison passant à 200 m au-dessus du zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'archevêché[47] ».

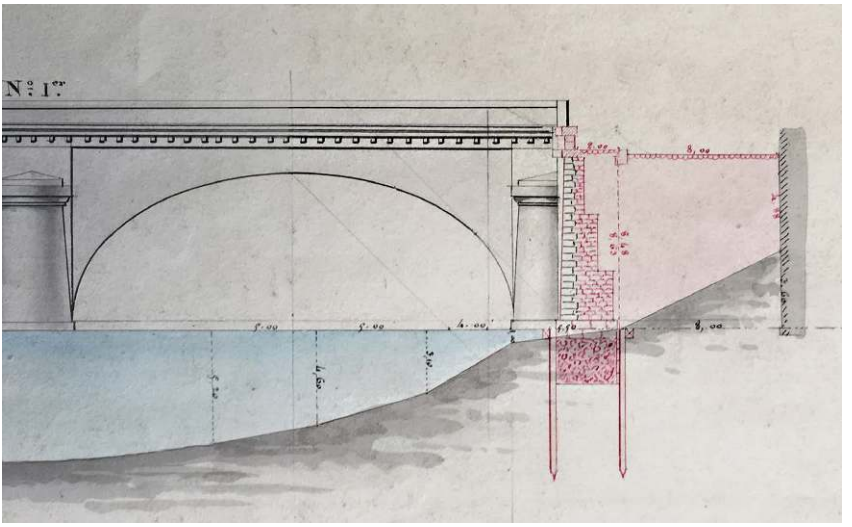
44. P. A. Bourdalouë, 1858.
45. J.-C. Mallard, 2004, p. 32 et suiv. Le nivellement de 1842 signalé par J. E. Valentin-Smith (1852, p. 67) n'a pas été retrouvé.
46. SHD, GR, 1 VH 1005 nº 9 (T13).
47. SHD, GR, 1 VH 1006 nº 17 (T13).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 8. *Détail du* Plan géométral du quartier de l'arsenal et du pont Tilsitt, *par Coillet (1811)*

Sources. AML, 2 S 269a.

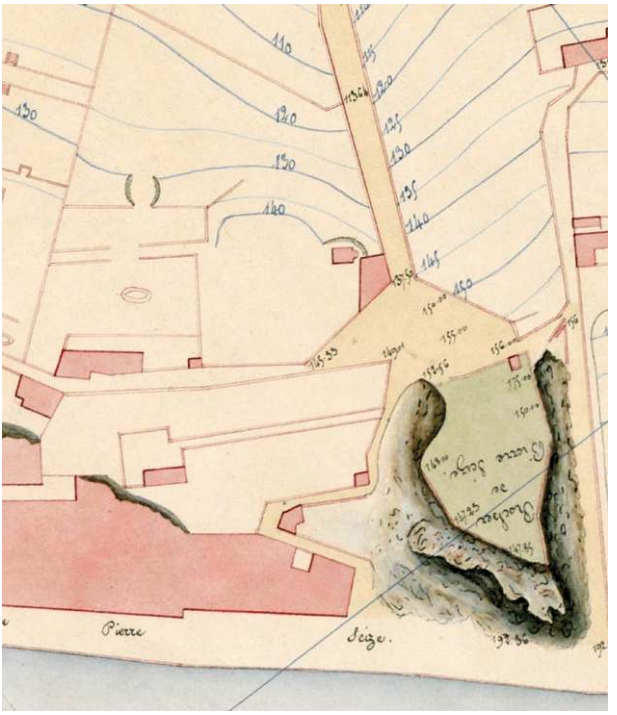
Figure 9. *La construction du quai Tilsitt (détail)*



Sources. Archives du département du Rhône et de la métropole de Lyon (désormais ADR), S 1386.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 10. *Rocher de Pierre Scize, détail du* Plan directeur de la place de Lyon, *par Mengin (1842)*



Titre original : *Plan directeur de la place de Lyon indiquant l'état des fortifications à la fin de l'année 1841.* Feuille n° 2. Mengin, 1842. Détail du rocher de Pierre Scize.

Sources. SHD, GR, 1 VH 1006 n° 17 pl. 2 (T13).

Sur le tableau d'assemblage des 52 feuilles du *lever-nivelé de la place de Lyon*, réalisé de 1843 à 1849 par la brigade topographique, au 1/1 000, le chef de bataillon du Génie Bichot précise également que « la surface de niveau de comparaison passe à 500 m au-dessus du zéro de l'échelle hydrométrique du pont de Tilsitt[48] ». Laurent Dignoscyo, pour son *Plan de Lyon, de ses environs et de ses forts*[49] de 1844, ou les Ponts et Chaussées, pour les aménagements contemporains des quais, se sont à leur tour basés sur ce repère[50]. Les altitudes du chemin de fer de Lyon à Genève, dont la construction débutait alors, ont aussi été calculées en fonction du zéro de cette échelle, tandis que le nivellement

48. Saint-Mandé, Cartothèque de l'IGN, chemise n° 80. Ce document très intéressant, issu du dépôt des fortifications, sera prochainement versé au SHD de Vincennes.

49. AML, 2 S 153. Il y est précisé que « les cotes entre parenthèses indiquent les élévations au-dessus de zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'archevêché ».

50. Quai Fulchiron, par exemple : ADR, S 1029.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

de la Saône ordonné en 1850 par M. Rolland de Ravel, « pour la combinaison des études du chemin de fer de Chalon à Lyon » dont il avait la charge, prenait encore pour point de départ l'altitude de 163 m mesurée sous le pont[51].

L'enquête menée en 1857 auprès des ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Chemins de fer confirme l'indéfectible attachement de leurs services au repère formé par l'étiage du pont Tilsitt[52] (Tableau 2). Cet emploi ininterrompu témoigne de son importance et garantit sa stabilité. Chaque service était même, à cette époque, en mesure d'approximer sa cote par rapport au niveau de la mer, avec des résultats variables que les opérations de nivellement menées par Bourdalouë devaient de toute façon rendre obsolètes.

Tableau 2. *Altitude du repère hydrométrique du pont Tilsitt prise en considération par les différents services techniques en 1857*

Service technique	*Altitude (en m)*
Service de la navigation du Rhône	163
Service de la navigation de la Saône	163
Service ordinaire des Ponts et Chaussées	163
Service de la voirie municipale	163
Chemin de fer de la Méditerranée	159,77
Chemin de fer de Genève	163
Chemin de fer de Paris	162,93
Chemin de fer du Bourbonnais	162,93

Le nivellement général de la ville de Lyon de Bourdalouë et l'altitude du repère fondamental

Lorsqu'en 1857, à la demande de l'ingénieur en chef Bonnet, Paul Adrien Bourdalouë entreprit le nivellement général de la ville de Lyon, il découvrit en ville des repères en fonte portant un numéro d'ordre et l'indication de l'altitude se rapportant à un plan de comparaison passant à 163 m au-dessous du zéro de l'échelle du pont Tilsitt. Sans doute avaient-ils été posés par le service de la voirie ou le service ordinaire des Ponts et Chaussées. La réalisation simultanée du nivellement général de la ville de Lyon et de celui du Rhône, qui lui avait été commandé en 1856 par le Service spécial de la navigation, lui permit cependant de substituer à ce plan de comparaison celui qui avait

51. J. E. Valentin-Smith, 1852, p. 67 ; P. A. Bourdalouë, 1858.

52. Voir la note du 6 novembre 1857 intitulée « *Résultats des renseignements recueillis* [par le Génie] *chez MM^rs^ les ingénieurs des Ponts et Chaussées et des chemins de fer à Lyon sur la cote de repère adoptée dans leur*[s] *différents services, rapportée au niveau de la mer* », AML, 984 WP 4.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

été adopté pour le nivellement du fleuve et qui passait par le zéro de l'échelle des marées du port de Marseille. Le zéro de l'échelle hydrométrique du pont Tilsitt se vit ainsi attribuer par Bourdalouë la cote altimétrique de 160,783 m[53].

Par suite des opérations de compensation exécutées, en 1862, sur le réseau des lignes de base du nivellement général de la France confié à Bourdalouë en 1857, et de la fixation, en 1860, de son point d'origine à 40 cm en contre-haut du zéro de l'échelle des marées du port de Marseille, la cote du zéro hydrométrique du pont Tilsitt fut ramenée à 160,319 m[54].

Cette altitude corrigée fut prise en considération à l'occasion d'un nouveau nivellement de la Saône réalisé en 1866-1867. La reconstruction du pont Tilsitt en 1863-1864 n'avait donc pas affecté l'échelle hydrométrique placée à ses côtés : elle continuait à servir de repère.

4. Tirer parti des nivellements anciens : méthodes et résultats

L'exploitation des données hypsométriques des plans du XIXe siècle requiert de connaître son altitude dans le système NGF actuel (IGN69). La disparition de l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché, à une date et dans des circonstances inconnues, nous interdit malheureusement de la déterminer par levé topographique. Les repères subsistants du nivellement général de Lyon peuvent toutefois nous permettre d'opérer cette mesure par simple conversion.

Détermination de l'altitude NGF IGN69 du repère fondamental

Un quart des 612 repères scellés à l'occasion du nivellement général de Lyon par Bourdalouë sont parvenus jusqu'à nous : aux 133 repères originaux s'ajoutent 20 repères de substitution posés, par les Ponts et Chaussées du Rhône, exactement au niveau des repères de 1857 qu'ils doublaient initialement[55]. Leur altitude est généralement exprimée, sur les étiquettes, dans la version compensée de 1862. Le numéro d'ordre des repères, quand il subsiste, et leur localisation

53. R. Vincent, 1996, p. 60. Et 160,813 m par rapport à la mer, mesurée à Bouc (AML, 984 WP 4).

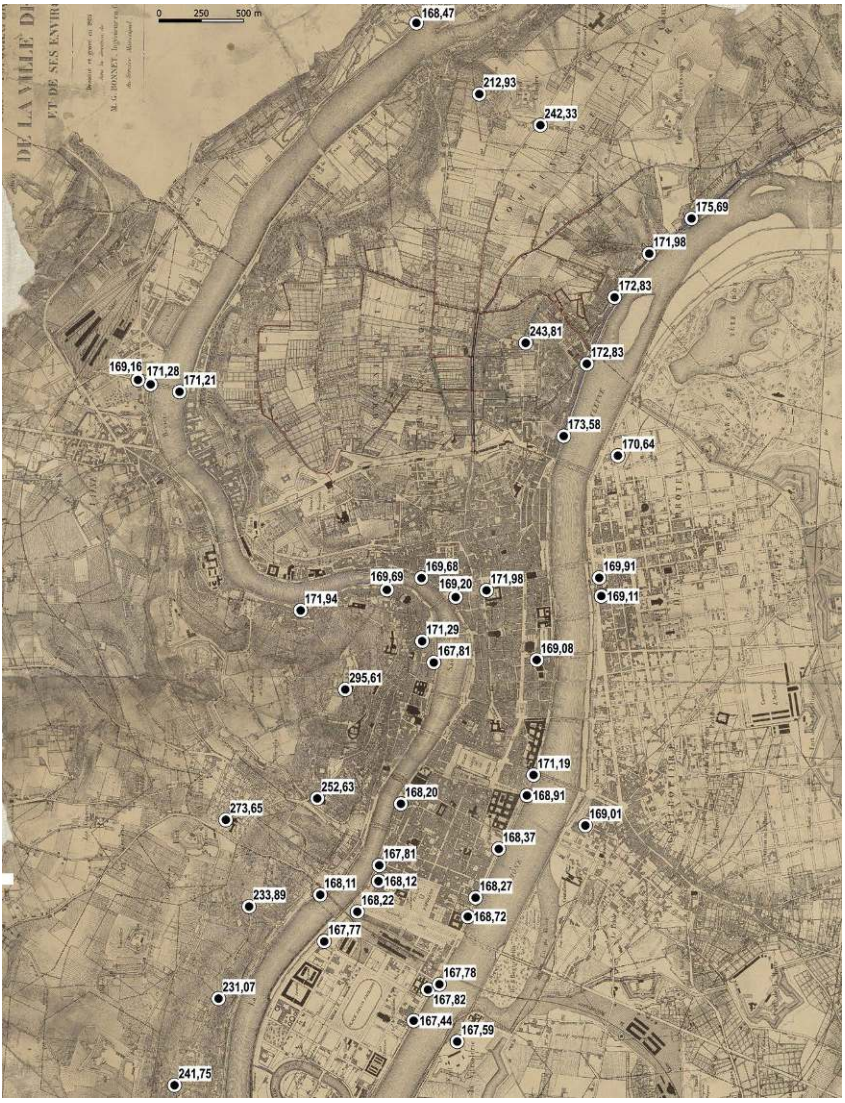
54. 160,783 m (altitude déterminée en 1857) – 0,40 m (écart entre les points de référence fixés à Marseille en 1857 et 1860) – 0,064 m (écart des mesures d'Avignon à Lyon, entre le nivellement du Rhône de 1857 et le nivellement réalisé par la route de la rive droite du Rhône après compensation). R. Vincent, 1996, p. 64-68.

55. AML, 984 WP 4 : les repères établis lors du nivellement de la ville se répartissent en trois séries : 287 ont été implantés entre le Rhône et la Saône, 106 dans les quartiers de l'ouest (rive droite de la Saône) et 219 dans les quartiers de l'est (rive gauche du Rhône). Leur récolement a été réalisé par Michel Chinal, géomètre honoraire à Anse (69), et publié sur le site internet de son association. URL : http://www.geo-anse.com/geo/nivellement/Nivellement_Lyon_Bourdaloue.htm.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

permettent néanmoins de les associer aux tables publiées par Bourdalouë et de connaître la cote qui leur avait été attribuée en 1857 (Figure 11).

Figure 11. *Le nivellement Bourdalouë de 1857 : repères subsistants cotés par l'IGN*

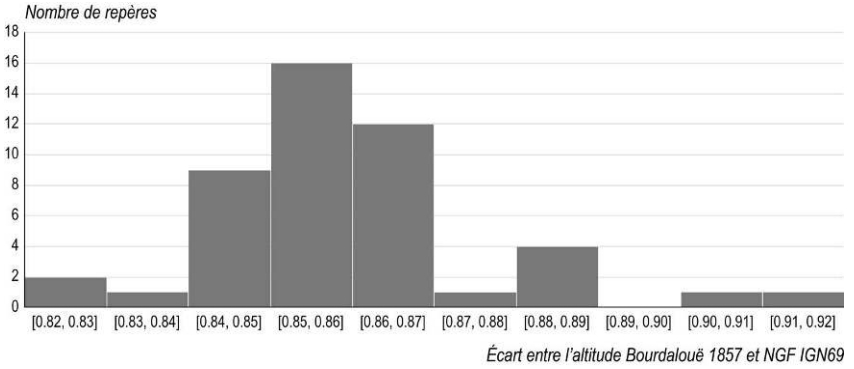


Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.
Sources. AML, 2 S 233. *Plan topographique de la ville de Lyon et de ses environs*. Extrait. G. Bonnet, ingénieur en chef du service municipal, 1857.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Sur cet ensemble, 59 repères (originaux et doubles confondus) sont encore aujourd'hui utilisés par l'IGN comme repères de nivellement : leur altitude, exprimée dans le système NGF IGN69, est indiquée sur leurs fiches géodésiques respectives. Douze d'entre eux ont dû être écartés en raison des mesures aberrantes fournies dans l'un ou l'autre système, par suite du déplacement du repère, à l'occasion de travaux, ou parce qu'une erreur est survenue lors de la réalisation de la table ou de la prise de mesure. Les 47 repères restants (35 originaux et 12 substitués) suffisent néanmoins pour apprécier l'écart entre les systèmes Bourdalouë de 1857 et NGF IGN69. Cet écart varie, selon les repères, de 82 à 92 cm. La distribution statistique des écarts présente une acuité et une symétrie fortes, et son amplitude n'excède pas 9 cm. Leur moyenne, de 86 cm, est donc fiable et représentative (Figure 12). Cette valeur doit être soustraite aux cotes du nivellement général de Lyon de 1857 pour les convertir dans le système NGF IGN69.

Figure 12. *Distribution des écarts entre altitudes Bourdalouë 1857 et NGF IGN69*



Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.

Sur ce principe, on peut attribuer au zéro de l'échelle hydrométrique disparue du pont Tilsitt la cote NGF IGN69 de 159,923 m (160,783 – 0,86). Cette valeur doit être ajoutée aux 600 cotes relevées par Coillet pour exprimer son nivellement dans le système IGN69. Le plan horizontal de comparaison d'où sont soustraites les cotes du *Plan nivelé des hauteurs de Fourvières* (*sic*) de 1818 et celles du *Plan directeur de la place de Lyon* de 1841 (et de 1828) passe, quant à lui, à 359,923 m NGF (159,923 + 200).

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Confirmation par le calcul de la stabilité du repère fondamental

La comparaison des cotes portées sur les rares points communs aux levés du Génie de 1818 et 1841 confirme que le repère fondamental n'a pas varié entre temps. Ainsi trouve-t-on sur les deux plans, immédiatement au sud du rocher de Pierre Scize (Figures 3 et 10), quatre repères cotés aux valeurs respectives identiques, en dehors d'un écart négligeable de 2 cm sur l'un d'eux (145,35 m en 1818 contre 145,33 m en 1841). Trois des quatre repères avaient sans doute été posés par les services municipaux en prévision du nivellement de Coillet, qui les a figurés sur son plan avec des valeurs rigoureusement équivalentes (Figure 7 et Tableau 3).

Tableau 3. *Altitudes respectives des repères du Génie et de Coillet implantés au sud du rocher de Pierre Scize*

Cotes du Génie	*Équivalent IGN69*	*Cotes de Coillet*	*Équivalent IGN69*
152,56	359,923 − 152,56 = 207,363	—	—
149,01	359,923 − 149,01 = 210,913	50,99	159,923 + 50,99 = 210,913
137,50	359,923 − 137,50 = 222,423	62,50	159,923 + 62,50 = 222,423
145,33	359,923 − 145,33 = 214,593	54,67	159,923 + 54,67 = 214,593

Ces équivalences, trop parfaites pour résulter de cheminements distincts qui valideraient notre calcul, montrent surtout que les équipes successives de topographes étaient en mesure d'établir les conversions d'un système à l'autre, en appliquant la formule :

[altitude Coillet] = 200 – [altitude du Génie]

Cette formule demeurait valable tant que le repère fondamental du plan de comparaison ne changeait pas ; sa pérennité atteste, à l'inverse, l'immutabilité du repère de 1818 à 1841.

Des observations et des comparaisons du même type permettent d'établir que le zéro hydrométrique du pont Tilsitt resta la référence implicite des plans du Génie antérieurs au nivellement Bourdalouë (les plans de comparaison étant établis, selon les cas, à 100, 200, ou 500 m au-dessus de ce repère). La situation changea cependant après 1857.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

L'universalisme trompeur d'un référent altimétrique basé sur le niveau de la mer

Si elle facilitait, théoriquement, les comparaisons altimétriques entre différents points du territoire national, la généralisation du calcul des altitudes par rapport au niveau moyen de la mer, dont la commission Sanson avait vainement fait la promotion, devait, paradoxalement, compliquer la confrontation locale des plans civils et militaires[56]. Chaque institution opéra effectivement ce calcul d'après ses propres repères.

La circulaire ministérielle du 11 septembre 1857 imposant de substituer, dès 1858, le système des altitudes rapportées au niveau de la mer à celui des plans de comparaison du service du Génie entraîna l'abandon par l'armée du repère hydrométrique du pont Tilsitt[57]. Dorénavant, tous les dessins produits par le Génie devaient être cotés en exprimant la hauteur des points au-dessus du niveau de la mer, non pas d'après le réseau de repères Bourdalouë, auxquels les Ponts et Chaussées recouraient désormais, mais d'après ceux que le corps d'État-major avait déterminés pour le nivellement géodésique de la carte de France[58].

À Lyon, ce repère était formé par l'intersection des bras de la croix de l'hôtel-Dieu, dont l'altitude avait été déterminée, en 1841, à 224,90 m[59]. Cette croix fut emportée le 4 septembre 1944 dans l'incendie du dôme de l'hôpital qui lui servait de support. Fort heureusement, le commandant de la brigade topographique en charge du levé de Lyon avait, en 1844, déterminé, d'après elle, l'altitude du zéro hydrométrique du pont Tilsitt par rapport au niveau de la mer. Selon ses calculs, le zéro de l'échelle se trouvait à 161,24 m, soit 1,317 m au-dessus de sa cote NGF IGN69 (161,24 – 159,923)[60]. En supposant son calcul juste, on peut considérer l'altitude de l'intersection des bras de la croix de l'hôpital surévaluée d'autant : il conviendrait donc de soustraire 1,317 m aux cotes portées sur les plans de la place de Lyon produits à partir de 1858 pour les exprimer dans le système NGF IGN69. Il devient ainsi possible, par cette méthode, de tirer parti des nombreux plans et profils de l'atlas des bâtiments militaires qui relèvent de cette catégorie.

56. *Mémorial topographique*… n° 5, p. 9-10.
57. J. Laisné, 1861 [1837], p. 838.
58. *Le spectateur militaire*, 1857, p. 470
59. [Dépôt de la Guerre], 1841.
60. AML, 984 WP 4. Cette cote est aussi reportée sur le tableau d'assemblage des *levers-nivelés* de la place de Lyon réalisés de 1843 à 1849.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Tableau de conversion des anciennes cotes de nivellement

Le Tableau 4 récapitule les calculs nécessaires pour convertir, dans le système NGF IGN69 actuel, les altitudes (Z) exprimées à Lyon dans chacun des principaux systèmes de nivellement. Nous y intégrons, à toutes fins utiles, le système NGF Lallemand qui devait, à partir de 1884, succéder au système Bourdalouë compensé en le modernisant[61].

Tableau 4. *Tableau de conversion des anciennes cotes de nivellement de Lyon (Z) en NGF IGN69*

Système de nivellement	*Levés concernés*	*Conversion à appliquer*
Nivellements du Génie	1818 (Plagniol), 1828 (Delmas), 1841 (Mengin)	359,923 – Z
Nivellement Coillet	*c.* 1820	159,923 + Z
Nivellement du Génie	1843-1849 (Bichot)	659,923 – Z
Nivellement Bourdalouë	1857	Z – 0,86 m
Nivellement du Génie	après 1858	Z – 1,317 m
Système Bourdalouë compensé	1862	Z – 0,404 m
Système NGF Lallemand *	après 1884	Z + 0,24

* L'écart de 24 cm entre les altitudes orthométriques du système NGF Lallemand et les altitudes normales du système NGF IGN69 est tiré de la grille de correction publiée par l'IGN. L'écart moyen calculé sur la base des six repères (sur les 47 précités) dont l'altitude est aussi exprimée dans le système NGF Lallemand est de 0,254 m.

Constitution d'un modèle numérique de terrain du début du XIXe siècle

La conversion en NGF IGN69 des cotes exprimées dans les systèmes antérieurs permet d'exploiter les données altitudinales résultant des différentes opérations de nivellement, après géoréférencement des plans numérisés qui leur servent de support. Dans cette optique, les courbes de niveau et cotes

61. J.-J. Levallois, 1988, p. 162-167.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

altimétriques provenant des nivellements du Génie et de Coillet dont nous avons étudié la genèse ont été digitalisées. Leurs valeurs altitudinales respectives ont été saisies afin de permettre une interpolation spatiale. Ce premier ensemble a été enrichi, selon le même procédé, par les données altimétriques issues des levés ordonnés par le général Fleury, dès 1831, en vue de la mise en défense de Lyon, et sera progressivement complété par celles des plans de 1828 à 1849[62]. En cas de discordance, et à précision équivalente, l'ordre chronologique est privilégié, afin de restituer la plus ancienne topographie possible[63]. Cette combinaison de sources (Figure 13) a ses limites, mais elle ouvre d'intéressantes perspectives pour l'archéologie lyonnaise en fournissant un paléo-MNT[64] de la première moitié du XIXe siècle couvrant une large emprise spatiale. Compte tenu des ruptures topographiques d'origine anthropique (remblais, murs de soutènement, rues…), nous avons utilisé une interpolation spatiale neutre, basée sur la construction d'un modèle TIN (Triangular Irregular Network)[65]. Ce modèle vectoriel a été converti en une matrice de pixels dont chaque valeur exprime une altitude. Cette opération produit le MNT.

D'autres modélisations paléo-topographiques basées sur des types de sources différents sont utilisées au Service archéologique de la ville de Lyon, notamment au sein du système d'information géoarchéologique, croisant sources archéologiques et géotechniques. La comparaison des résultats fournis par l'ensemble des outils disponibles permet de les enrichir mutuellement, et de mettre en évidence les éléments sujets à discussion (sources discordantes, artefacts de modélisation, etc.).

Le paléo-MNT produit sur la base des cartes de la première moitié du XIXe siècle fournit un état du relief antérieur à la densification urbaine, plus proche des périodes archéologiques et moins altéré par l'urbanisation récente.

La modélisation numérique de la topographie ancienne permet de restituer les vestiges archéologiques exhumés dans un environnement plus proche de la réalité et, ce faisant, d'améliorer leur interprétation et de faciliter

62. *Projet pour le rétablissement de l'enceinte de Fourvière*, 1831 (SHD, GR, 1 VH 1005 nº 34.1) ; *Projet pour la mise en état de défense de l'enceinte de la Croix Rousse*, 1831 (SHD, GR, 1 VH 1005 nº 32.1) ; *Projet d'un fort au château de la Motte*, 1831 (SHD, GR, 1 VH 1005 nº 31) ; *Enceinte de la Croix-Rousse. Bastion 5 - Porte principale de la Croix-rousse - Porte et bastion St Laurent - Barrière St Clair. État d'avancement des travaux*, 1833 (SHD, GR, 1 VH 1006 nº 08.4 (T13)). Les plans de 1828, de 1841 et de 1843-1849 ont déjà été cités.

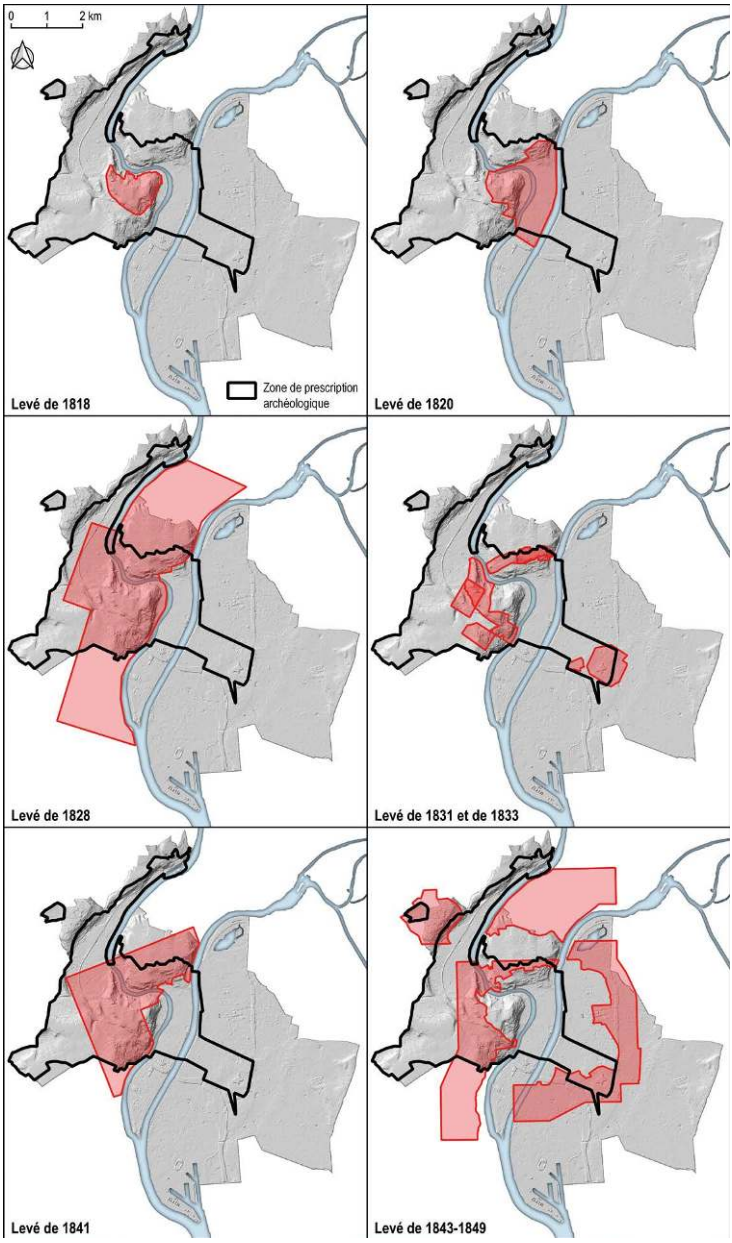
63. Bien qu'établi sur la base de levés commencés avant 1825 et terminés en 1827, le plan de 1828 n'est utilisé, en raison de son échelle (au 1/5 000) et de sa précision, qu'en complément des plans de 1831, au même titre que le plan directeur de 1841. Sur les étapes de sa réalisation, voir le *Tableau synoptique du lever de la place et de ses environs* du chef de bataillon du Génie Delmas (SHD, GR, 1 VH 1005 nº 5) et le chapitre « fortification » des *Projets pour 1827* (*ibid.*).

64. Modèle numérique de terrain d'un état topographique ancien.

65. M. Heller, 1986.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 13. *Emprise et sources des nivellements réalisés par le Génie dans la première moitié du* XIX*e siècle*



Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

leur étude. Il est possible d'en extraire des profils topographiques qui peuvent éclairer certaines logiques constructives. Un rez-de-chaussée anormalement voûté peut, par exemple, s'expliquer par l'abaissement récent du niveau de la rue : les voûtes servant initialement à conforter le mur de terrasse contre lequel la maison fut construite.

La modélisation permet également d'étudier, par comparaison avec le MNT lidar actuel, l'évolution des versants sur deux siècles (colluvionnements, glissements de terrain, etc.) en facilitant la confrontation des données de terrain et des données d'archives dans une perspective géoarchéologique voisine de celle du projet Paris Time Machine[66].

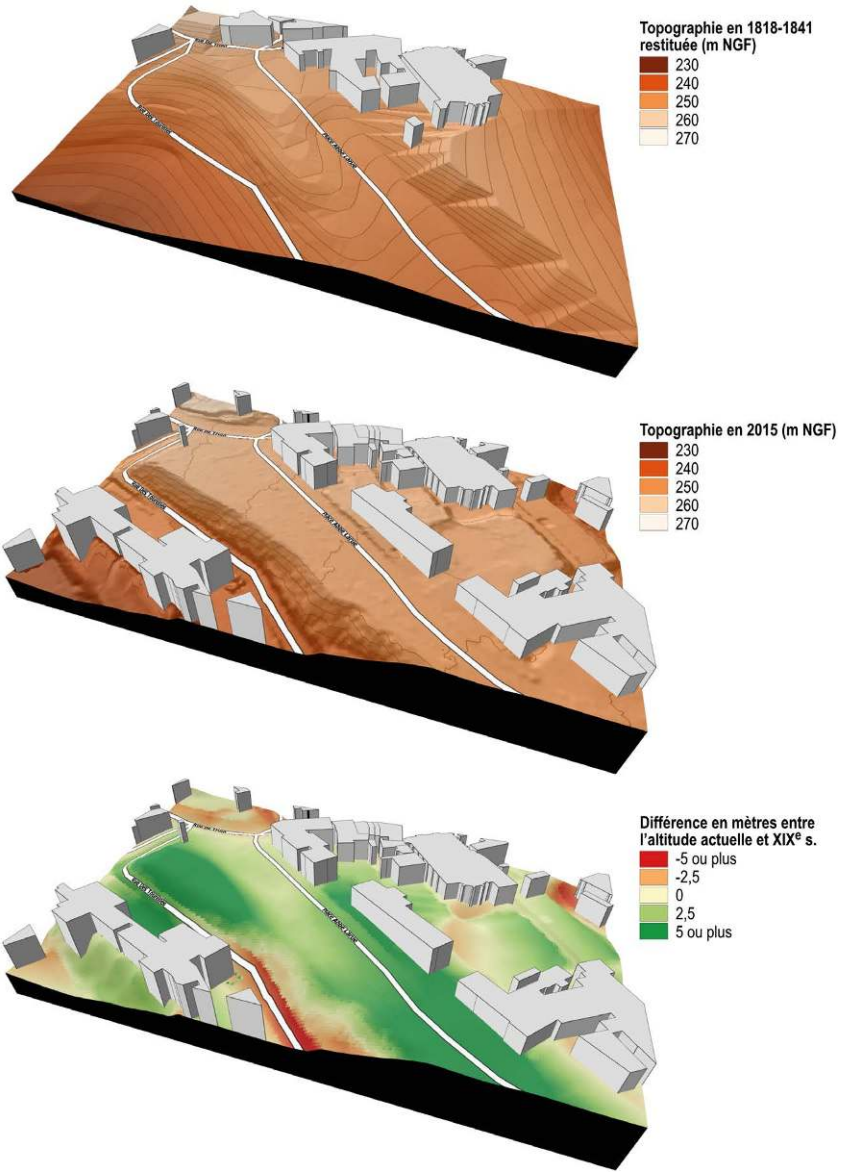
Le cas de la fouille de la place Abbé-Larue (Figure 14) montre ainsi une altération profonde du relief initial : ligne de crête régularisée et décalée vers le sud, disparition d'un talweg probablement liée à des dynamiques colluviales voire à un ruisseau… L'ampleur de ces modifications topographiques atteint localement plus de 5 m d'épaisseur. La visualisation des évolutions topographiques, soit par lecture directe des différences d'altitude au niveau des points cotés, soit en ayant recours à l'interpolation spatiale dans les secteurs où ceux-ci sont moins denses, fournit également, pour les acteurs de l'archéologie, une aide à la prise de décision.

Les mesures cotées du XIXe siècle permettent, par exemple, d'ajuster la position d'un sondage sur une parcelle fortement remaniée, voire de renoncer à diagnostiquer un terrain notablement remblayé. Rue Franklin, dans le 2e arrondissement de Lyon (Figure 15), où les remblais « Perrache » atteignent plus de 4 m d'épaisseur, nous avons pu nous épargner la surveillance du creusement de fosses d'arbres, prévues dans le cadre du réaménagement de la rue Victor-Hugo et de ses abords : elles n'avaient en effet aucune chance d'atteindre les niveaux archéologiques. À l'inverse, cette même carte fait apparaître les zones qui, parce qu'elles ont été écrêtées, peuvent se révéler intéressantes même en cas de terrassements superficiels.

66. Sur les travaux réalisés à Paris, voir M. Fernandez, 2017 ; *id*., 2018 ; *id*., 2020 ; URL : https://paris-timemachine.huma-num.fr/. Sur les travaux réalisés à Strasbourg, voir T. Hatt, 2014a ; *id*., 2014b. Sur les apports de la géoarchéologie urbaine, voir Q. Borderie *et al*., 2016.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 14. *Évolution de la topographie de la place Abbé-Larue (Lyon 5e) depuis 1818 d'après le modèle numérique de terrain restitué*



Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Figure 15. *Ampleur des remblais (en vert) et des décaissements (en rouge) réalisés dans le « Quartier neuf de Perrache » entre 1825 et 2015*

Crédits. H. Tronchère-Cottet & C. Ducourthial.
Sources. AML, 2 S 109.

Effet de sources et limites techniques

L'interpolation des courbes de niveau et des cotes altimétriques permet de produire un modèle numérique de terrain de la topographie théorique lyonnaise du XIXe siècle. Néanmoins, nombre de précautions doivent être prises en utilisant ces données. Des discordances apparaissent en effet entre les différentes cartes à notre disposition, qu'il faut cependant utiliser conjointement pour maximiser la couverture de Lyon. Ces divergences, atteignant parfois plusieurs mètres, peuvent avoir plusieurs causes qu'il est souvent difficile d'identifier formellement. Des erreurs dans la production des cartes sont possibles. Un plan peut avoir été recopié plus ou moins fidèlement sur un autre, sans faire l'objet d'un levé topographique spécifique. Il est théoriquement possible de quantifier la marge d'imprécision dans les relevés anciens. Ce travail a notamment été effectué lors de l'exploitation des cartes de Barcelone de 1823-1827, pour lesquelles le détail des relevés d'origine était accessible [67]. Dans notre cas, ces documents sources ne sont

67. F. Nadal & C. Montaner, 2018.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

malheureusement pas disponibles. L'imperfection du géoréférencement des cartes est par ailleurs susceptible de générer d'importantes erreurs dans les secteurs les plus accidentés. Enfin, on ne peut exclure qu'entre deux levés, des aménagements et des terrassements aient réellement modifié la topographie.

À ces écueils, liés à l'imprécision des sources, s'ajoutent les biais inhérents aux interpolations topographiques en zone urbaine, avec pour conséquence la génération de modèles numériques de terrains imparfaits : la densité de l'information source, qu'il s'agisse de courbes de niveau ou de points cotés, est très variable d'une zone à l'autre. L'urbanisation dense du territoire lyonnais, notamment sur les versants, terrassés, parcourus de voies et de murs de soutènement constituant autant de ruptures de pente, et dont l'altitude et l'angle sont inconnus, rend impossible le recours à des outils d'interpolation géostatistique (krigeage par exemple) pour pallier cette limite. Par conséquent, si l'usage des altitudes ponctuelles issues des cartes anciennes est pertinent, le MNT qui en est tiré doit être utilisé en tenant compte de ces incertitudes. À petite échelle, il est possible d'analyser les altérations topographiques importantes. En revanche, à une échelle très locale (parcelle de fouille par exemple), la qualité du MNT interpolé dans le secteur concerné devra être évaluée avec soin avant de tenter de repérer des micro-variations de la topographie. Enfin, les calculs permettant d'estimer l'amplitude des altérations topographiques (calculs d'épaisseur de remblaiement ou de décaissement, calculs de volumes, etc.) peuvent également voir leur marge d'erreur accrue du fait de l'imprécision du géoréférencement des cartes anciennes : deux pentes identiques, mais dont la position relative est artificiellement décalée en XY en raison d'un mauvais géoréférencement de la source ancienne, feront apparaître entre elles un volume en réalité inexistant.

Conclusion

La mesure du relief de la ville fut à Lyon particulièrement précoce et souvent renouvelée. Aux opérations du Génie nécessitées par la position stratégique acquise par Lyon à la fin de l'Empire, sans équivalent à Paris avant 1830[68], s'est en effet ajouté le nivellement exécuté pour la municipalité dans le cadre très élargi de la loi du 16 septembre 1807 définissant les nouveaux pouvoirs des maires en matière d'urbanisme.

Dès 1818, le Comité des fortifications fit lever par le Génie un plan de Fourvière à courbes de niveau d'une technicité et d'une précision remarquables, qui s'inscrit dans le sillage des travaux pionniers de la brigade topographique de Clerc. Dans la foulée, Coillet, devenu voyer de la ville, entreprit de mesurer l'altitude des 600 bornes repères posées dans le pavé des rues pour le plan

68. M. Fernandez, 2020, p. 14.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

d'alignement que lui avait commandé la municipalité. Différents par leur technique et leur aspect, ces deux premiers plans sont complémentaires ; nous en connaissons désormais la genèse.

Avec le rétablissement des enceintes de Fourvière et de la Croix Rousse et la construction d'une première ceinture de forts, la mise en défense de Lyon ordonnée par le général Fleury entraîna, à partir de 1831, la réalisation par le Génie d'une nouvelle série de plans nivelés qui vient parfaire la couverture de la place. Le plan directeur de 1841, le *lever-nivelé* de 1843-1849, les plans de travaux, de perfectionnement et d'état des lieux des différentes fortifications de Lyon ont progressivement enrichi cette collection, avec une précision d'autant plus surprenante qu'elle n'était plus nécessitée par des travaux d'ampleur.

Tous ces plans ont un point commun. Jusqu'en 1857, leur hypsométrie se fonde sur un système de plans de comparaison dont l'altitude est calculée par rapport à un repère altimétrique unique et immuable, choisi par le lieutenant-colonel et ingénieur en chef Plagniol en 1818 : le zéro de l'échelle hydrométrique du pont de l'Archevêché. L'altitude de ce repère fondamental, aujourd'hui disparu, a pu être calculée avec une précision centimétrique par l'intermédiaire des derniers repères subsistant du nivellement général de Lyon opéré par Bourdalouë en 1857. Elle s'établit à 159,923 m NGF (IGN69). L'adoption du système des altitudes rapportées au niveau de la mer, en 1858, entraîna paradoxalement la démultiplication des référents altimétriques locaux, le Génie adoptant celui qui avait été déterminé près de vingt ans plus tôt pour la carte d'État-major.

Nous sommes maintenant en mesure d'exploiter, avec toutes les précautions qui s'imposent, les informations altitudinales des cartes militaires du XIXe siècle et des levés de Coillet. En les intégrant dans les systèmes d'information géographique actuels, elles deviennent comparables à d'autres données de diverses natures (cartes, bases de données stratigraphiques, imagerie…) et peuvent être mises à contribution dans un but scientifique ou opérationnel.

Enfin, la compréhension du système altitudinal développé par le Génie et la conversion de ses levés dans le système NGF actuel permettront, après avoir modélisé les fortifications lyonnaises documentées par l'atlas des bâtiments militaires, de les restituer dans un environnement proche de la réalité historique, à la manière de ce qu'a pu réaliser l'Institut Cartogràfic i Geologic de Catalunya sur la base du *lever-nivelé de la place de Barcelone* de 1823-1827[69].

69. B. Baella, D. Barrot & M. Pla, 2018.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Bibliographie

Sources archivistiques

Archives du département du Rhône et de la métropole de Lyon (ADR)

Travaux publics et transports (S) : S 1029, S 1386.

Archives municipales de Lyon (AML)

Plan d'alignement de la ville dressé par l'ingénieur Coillet (levé, 1797-1834) : 322 WP 1, 322 WP 2.

Nivellement général de la ville de Lyon : 984 WP 4.

Conseil municipal : registres des rapports et délibérations : 1217 WP 39.

Cartes et plans de moyen format : 2 S 109, 2 S 502, 2 S 967, 2 S 968, 2 S 969.

Hors format : plan général et géométral de la ville de Lyon, par Coillet, c. 1818 : 7 S 21 (original), 5 PH 35633 (reproduction photographique).

Service historique de la Défense (SDH), Vincennes

Fonds de l'armée de terre (GR), Archives techniques du Génie, Dépôt des fortifications, Places françaises, Lyon (1698-1847) : 1 VH 1004 à 1006 ; Collections de plans, Lyon : 1 VH 2061.

Fonds de l'armée de terre (GR), Officiers supérieurs et subalternes (1791-1847) : 2 Ye 16/7 ; 2 Ye 3858/50 ; 2 Ye 3281.

Sources imprimées

Annuaire de l'état militaire de France pour l'année 1819, Strasbourg et Paris, F. G. Levrault, 1819.

Bourdaloué, Paul Adrien, *Nivellement général de la ville de Lyon exécuté en 1857 sous la direction de M. Bonnet ingénieur en chef du service municipal*, Bourges, Imp. Jollet-Souchois, 1858.

Clerc, Pierre Antoine, *Essai sur les éléments de la pratique des levers topographiques et de son enseignement*, vol. 1, Metz et Paris, Verronnais et Leneveu, 1839.

—, *Essai sur l'enseignement des éléments de la pratique des levers et du nivellement topographique*, vol. 2, Metz et Paris, Verronais et Gaultier-Laguionie, 1840.

[Dépôt de la Guerre], « Positions géographiques et hauteurs absolues des principaux points de la feuille de Lyon (Nouvelle Carte de France) », rééd. in *Bulletin de la Société de statistique des sciences naturelles et des arts industriels du département de l'Isère*, 2e série, tome II, Grenoble 1854 [1841], p. 329-333.

Dufaÿ, Charles Jules, *Galerie militaire de l'Ain*, Bourg, 1874.

Laisné, Joseph, *Aide-mémoire portatif à l'usage des officiers du Génie*, Paris, Librairie militaire J. Dumaine, 1861 [1837].

Le spectateur militaire. Recueil de science, d'art et d'histoire militaires, 2e série, 32e an., 20e vol., oct.-déc. 1857.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Marielle, Charles Philippe, *Répertoire de l'école impériale polytechnique*, Paris, Mallet-Bachelier, 1855.

Mémorial du dépôt général de la guerre, tome I : *1802-1803* ; tome IV : *1826* ; tome V : *1827-1828*, Paris, Picquet, 1828-1829.

Mémorial topographique et militaire rédigé au dépôt général de la guerre, nº 5 : *Topographie, IIIe trimestre de l'an XI*, Paris, Imprimerie de la République, 1803.

Puissant, Louis, *Traité de topographie d'arpentage et de nivellement*, 2e éd., Paris, Courcier, 1820 [1807].

Testu, Laurent Étienne, *Almanach royal pour l'an M.DCCC.XVIII*, Paris, Testu et Cie, 1818.

Valentin-Smith, Johannès Erhard, *Monographie de la Saône*, Lyon, Boitel, 1852.

Travaux

Baella, Blanca, Barrot, Dolors & Pla, Maria, « Lever-nivelé de la place de Barcelone, 1823-1827 : comment obtenir un modèle 3D ? », *Cartes et géomatique*, nº 238, 2018, p. 71-84.

Belhoste, Bruno, « Le dessin de la carte dans la formation des ingénieurs du Génie de 1750 à 1850 », *Bulletin du Comité français de cartographie*, nº 139, 1994, p. 39-42.

Borderie, Quentin, Desachy, Bruno, Gaillot, Stéphane & Tronchère, Hervé, « Géo-archéologie de l'urbain : éléments de réflexion, de méthode et résultats récents », *25e réunion des sciences de la Terre (Caen, 24-28 octobre 2016)*, document déposé en ligne, 2016.
URL : https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01697831

Bret, Patrice, « Le Dépôt général de la Guerre et la formation scientifique des ingénieurs-géographes militaires en France (1789-1830) », *Annals of Science*, vol. 48, nº 2, 1991, p. 113-157.

—, « Le mouvement révolutionnaire : du terrain à la commission topographique de 1802 », *in* Isabelle Laboulais (dir.), *Les usages des cartes (XVIIe-XIXe siècle). Pour une approche pragmatique des productions cartographiques*, Strasbourg, Presses universitaires de Strasbourg, 2008, p. 81-97.

Corvisier de Villèle, Marie-Anne & Bousquet-Bressolier, Catherine, « À la naissance de la cartographie moderne : la commission topographique de 1802 », in *Évolution et représentation du paysage de 1750 à nos jours. Actes du colloque du 28 septembre au 6 octobre 1996*, Montbrison, Festival d'histoire de Montbrison 1997, p. 393-405 et pl. XXV-XXVI.

Dainville, François de, « De la profondeur à l'altitude. Des origines marines de l'expression cartographique du relief terrestre par cotes et courbes de niveaux », *in* Michel Mollat (dir.), *Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge au XVIIIe siècle principalement en Méditerranée. Travaux du deuxième colloque international d'histoire maritime*, Paris, Service d'édition et de vente des publications de l'Éducation nationale, 1959, p. 195-222.

Fernandez, Mathieu, « Approche topographique historique du sous-sol parisien (1800-2000). La ville épaisse : genèse et évolutions morphologiques », *e-Phaïstos. Revue d'histoire des techniques* [en ligne], vol. 6, nº 2, 2017.
DOI : https://doi.org/10.4000/ephaistos.3086

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

FERNANDEZ, Mathieu, « Variations d'épaisseur du sol urbain à Paris entre 1807 et 2016 : méthode topo-historique et cartographie », *Flux*, nº 111-112, 2018, p. 94-103.

—, « Rapport technique travail effectué pour le groupe MNT de Paris Time Machine », document de travail déposé en ligne, 2020.
URL : https://paris-timemachine.huma-num.fr/web/wp-content/uploads/2020/02/2020_02_20_Rapport_final_Fernandez_Chantier_Relief.pdf

GRABER, Frédéric, « Le nivellement, une mesure pour l'action autour de 1800 », *Histoire & mesure*, vol. XXI, nº 2, 2006, p. 29-54.
DOI : https://doi.org/10.4000/histoiremesure.1745

HATT, Thierry, « Modélisations graphiques d'un plan de nivellement militaire de Strasbourg en 1774 », *Cartes et géomatique*, nº 219, 2014a, p. 53-59.

—, « Strasbourg, aménagement de la Neustadt. Étude du remblaiement d'après un plan avec cotes altimétriques vers 1875. Numérisation et modélisation graphique », *Metacult*, nº 2, 2014b, p. 25-29.

HELLER, Martin, « Triangulation and Interpolation of Surfaces », *in* Renee SIEBER & Kurt BRASSEL (dir.), *A Selected Bibliography on Spatial Data Handling: Data Structures, Generalization and Three-Dimensional Mapping*, Zurich, Universität Zürich (Geoprocessing series, 6), 1986, p. 36-45.

HEWITT, Rachel, *Map of a Nation: A Biography of the Ordnance Survey*, Londres, Granta Books, 2011.

JACOB, Nicolas, « La carte topographique en courbes de niveau : une difficile genèse au XIXe siècle », *Cartes et géomatique*, nº 238, 2018, p. 59-68.

KONVITZ, Joseph W., *Cartography in France: Science, Engineering and Statecraft*, Chicago et Londres, University of Chicago Press, 1987.

LAMANDÉ, Pierre, « Les lignes de niveau à l'appui d'une nouvelle vision de la géographie physique », *Le monde des cartes*, nº 199, 2009, p. 23-34.

LEVALLOIS, Jean-Jacques, *Mesurer la Terre : 300 ans de géodésie française. De la toise du Châtelet au satellite*, Paris, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées et Association française de topographie, 1988.

MALLARD, Jean-Claude, *Nivellements de la Grande Saône de 1835 à 1867*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 2004.

MERMET, Claude, « Coillet et le premier plan de Lyon à grande échelle : 1808-1827 », in *Forma Urbis. Les plans généraux de Lyon, XVIe-XXe siècles*, Lyon, Archives municipales, 1997, p. 69-77.

METTEY-BUNEVOD, Madeleine, *Les fortifications de Lyon dans la première moitié du XIXe siècle (1793-1858)*, Lille, Atelier national de reproduction des thèses, 1998.

NADAL I PIQUÉ, Francesco & MONTANER I GARCIA, Carme, « La carte de Barcelone avec des courbes de niveau (1823-1827) : un tournant vers la cartographie de précision », *Cartes et géomatique*, nº 238, 2018, p. 39-57.

PALSKY, Gilles, « Le projet de standardisation de la cartographie militaire en France au XIXe siècle », in *Historia da cartografia militar (séculos XVIII-XX). Actas do cóloquio internacional : Viana de Castelo, 3 de junho de 2005*, Viana de Castelo, Câmara Municipal, 2005, p. 47-69.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

Pansini, Valeria, « La géographie militaire, xvie-xxe siècle. Entre guerre et science », *in* Catherine Hofmann (dir.), *Artistes de la carte. De la Renaissance au xxie siècle : l'explorateur, le stratège, le géographe*, Paris, Autrement, 2012, p. 108-135.

Rann, Karen & Johnson, Robin S., « Chasing the Line: Hutton's Contribution to the Invention of Contours », *Journal of Maps*, vol. 15, n° 3, 2019, p. 48-56.

Rossi, Luisa, « La brigade topographique et ses archives », *in* Nicole Salat & Emmanuel Pénicaut (dir.), *Le dépôt des fortifications et ses archives, 1660-1940*, Paris, Archives & Culture, 2011, p. 97-113.

—, « La rappresentazione cartografica del paesaggio fra arte e geometria », *Études de lettres*, n° 293 (*Entre espace et paysage*, coord. Paola Polito & Alberto Roncaccia), 2013, p. 305-322.
DOI : https://doi.org/10.4000/edl.515

—, « Verso le isoipse », *in* Elena Dai Prà (dir.), *Approcci geo-storici e governo del territorio. 2. Scenari nazionali e internazionali*, Milan, Angeli, 2014, p. 432-450.

—, « Ancora sulla rappresentazione del rilievo. La centralità francese e un precoce caso italiano (secolo XIX) », *Geotema*, an. XXII, n° 58 (*Storia della cartografia e cartografia storica*, coord. Anna Guarducci & Massimo Rossi), 2018a, p. 70-79.

—, « Pierre-Antoine Clerc et la Brigade topographique du Dépôt des fortifications : premières réalisations des courbes de niveau », *Cartes et géomatique*, n° 238, 2018b, p. 25-38.

Vincent, Robert, « Paul-Adrien Bourdalouë », *Revue XYZ*, n° 68, 1996, p. 39-75.

Annexes

Annexe 1. Extrait du Projet de la levée du plan de la ville de Lyon et de ses faubourgs *du 2 juillet 1808*

« Art. 17. L'adjudicataire sera tenu de fournir un atlas de nivellement de l'échelle de 1 à 900.
Chaque page à droite représentera un ou plusieurs axes de rues ainsi que les points des repères placés sur les axes. Ces axes seront figurés géométriquement suivant leurs différents degrés de pente par rapport à une ligne horizontale tracée à 10 mètres au-dessus du point de repère le plus élevé de chaque axe. Les longueurs horizontales et les longueurs inclinées entre deux points de repère successifs seront cotées ainsi que les distances de chaque repère à la dite ligne horizontale. À l'une des extrémités de chacune de ces lignes horizontales sera cotée sa distance au plan horizontal passant par un point désigné de l'observatoire de Lyon ou de tout autre point qui sera désigné. Ce plan horizontal étant celui auquel tout le nivellement sera rapporté, la distance de chaque point à ce plan sera appelée la cote de nivellement du dit point.
Chaque page à gauche représentera le tableau du nivellement. Ce tableau sera formé en sept colonnes. La 1re contiendra les noms des rues. La 2e les longueurs totales des rues. La 3e les différences des niveaux entre les repères des deux extrémités de chaque rue. La 4e les numéros des repères. La 5e la distance d'un repère à celui qui le suit immédiatement. La 6e la cote de nivellement de chaque repère. La 7e les observations.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)

L'adjudicataire fera en outre un plan général de nivellement sur l'échelle de 1 à 900. Le plan sera copié sur celui mentionné dans l'art. 12 [lui-même étant une réduction du plan général au 1/300] moins les détails des propriétés et les alignements. La distance horizontale de chaque repère à celui qui le suivra immédiatement sera cotée sur la partie de l'axe comprise entre ces deux repères. Chaque point de repère sera accompagné de son numéro et à côté mais avec de l'encre d'une couleur différente on écrira la cote de nivellement du dit point.
L'adjudicataire fera enfin un répertoire général de nivellement. Ce répertoire ne sera autre chose que l'ensemble de tous les tableaux de nivellement contenu dans l'atlas avec cette différence que les noms des rues y seront disposés par ordre alphabétique. »

Note. La mention « ou de tout autre point qui sera désigné » a été ajoutée dans un second temps.
Source. Archives municipales de Lyon, 322 WP 1.

*Annexe 2. Extrait de l'*Inventaire des plans registres, canevas, réductions et autres objets tenant au plan général de Lyon *du 5 décembre 1823*

« 16. Plan général de nivellement établi sur l'échelle de 1 à 900 d'après le n° 14 [une réduction du plan général intra-muros réalisée au 1/900] et terminé au lavis, présentant les nouveaux alignements et projets arrêtés et portant les cotes du nivellement des voies publiques au-dessus de chacun des repères situés sur les axes des rues. Ce plan est collé sur toile et assujetti par deux rouleaux de bois noir.
17. 2e plan général de nivellement échelle de 1 à 900 entièrement conforme au précédent, collé sur toile et fixé sur une grande table.
18. 3e plan de nivellement sur l'échelle de 1 à 900 dessiné et lavé comme les précédents avec les repères et les cotes de nivellement mais divisé en 16 feuilles de papier grand-aigle auxquelles on a joint une feuille portant titre, un registre des cotes de nivellement par rues et une table générale.
19. 4e plan de nivellement conforme au précédent, également divisé en 16 feuilles avec les mêmes titre, registres, tables, etc. »

Source. Archives municipales de Lyon, 322 WP 1.

© Éditions de l'EHESS | Téléchargé le 25/11/2021 sur www.cairn.info via Le Grand Lyon (IP: 176.162.151.50)