



HAL
open science

Les caves de Paris : fondements de la première industrialisation (1740-1840)

André Guillerme, Mathieu Fernandez

► **To cite this version:**

André Guillerme, Mathieu Fernandez. Les caves de Paris : fondements de la première industrialisation (1740-1840). Alain Salamagne; Clément Alix; Lucie Gaugain. Caves et celliers : dans l'Europe médiévale et moderne., Presses universitaires François-Rabelais, pp.355-372, 2019, Perspectives historiques, 978-2-86906-714-1. halshs-03188713

HAL Id: halshs-03188713

<https://shs.hal.science/halshs-03188713>

Submitted on 2 Apr 2021

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.

Les caves de Paris : fondements de la première industrialisation (1740-1840)

André Guillerme¹

Mathieu Fernandez²

Cet article a été publié dans l'ouvrage : Alix C., Gauguin L., Salamagne A. (sous la direction de), *Caves et celliers : dans l'Europe médiévale et moderne. Actes du colloque « caves et celliers du Moyen Age à l'époque moderne », 4-6 octobre 2017, Tours*, Presses universitaires François-Rabelais, Tours, 2019, pp. 355-372. Seules la mise en page des figures et la pagination ont été modifiées.

Mots-clés : Paris, cave, sol, sous-sol, nappe, puits, pompe, architecture, histoire des techniques, industrialisation, topographie, morphologie

Les caves urbaines

La cave manifeste discrètement le durable : elle est là avant même d'appartenir à l'habitat, elle l'ancre et en assure la pérennité. Elle est en terre et en conserve donc l'écosystème - isothermie, hygrométrie, biologie -. La cave est, en milieu densément humanisé, en ville, une riche interface - public/privé, nature/culture, terre/air/eau, dessus/dessous - dont nous cherchons et recherchons collectivement les moyens de contrôler le développement pour lors foisonnant. Ces cavités construites, aujourd'hui contenant de paperasses et d'archives d'entreprises, réceptacles œnologiques, garages, déchèteries familiales, chaufferies, fournils, salles de restaurant ou boîtes de nuit, étaient hier des dépôts de bois et de charbon, de pétrole et d'alcool, d'huiles à recycler.

L'architecture française des bâtiments particuliers de Louis Savot de 1685 note que les caves à édifier « doivent être étroites et basses [...] pour apporter une plus grande facilité et force aux voûtes »³. Elles sont voûtées en anse de panier pour pouvoir emmagasiner un

1 Professeur émérite d'Histoire des Techniques du Conservatoire national des Arts et Métiers (CNAM), directeur de recherches au HT2S

2 Chercheur postdoctoral en urbanisme, *Labex Futurs Urbains*, Université Paris-Est Marne-la-Vallée

3 Louis Savot, *L'architecture française des bâtiments particuliers*, [s.n.], 1685 (éd. or. : 1624), chap. XI, p. 68.

maximum de tonneaux et pouvoir « aller plus commodément derrière iceux ». Soupiraux étroits pour « empêcher les rayons du soleil et de la lune d'y pénétrer »⁴. En milieu urbain, le cellier diffère de la cave : il paraît plus vaste, plus élevé, accessible par plan incliné depuis la rue, ventilé, pavé, ferré. Il contient spécifiquement des barriques vins et de cidre. Il peut remiser les véhicules. Les caves servent de semelle au bâti permanent et en assure la stabilité en butant le massif de terre extérieur. De fait, elles ne sont pas « forcément » nécessaires dans les maisons à pans-de-bois. Des fosses d'aisance sont creusées dès le 17^e XVII^e siècle dans une portion de la cour, des tuyaux en terre cuite branchés y descendent. C'est surtout la prime industrialisation qui fait de la cave urbaine un logement de misère et un équipement artisanal. Mais elle est ignorée des historiens de la construction⁵ et de la plupart des traités d'architecture, d'ingénierie, de géologie.

Peu de matériaux remplissent en effet les belles pages consacrées à l'habitat parisien⁶. Les cavités souterraines sont pourtant particulièrement riches tant dans leurs formes – mine, carrière, puits, tunnel, cellier, vide sanitaire, garage, réserve, tunnel, métro – que dans les usages. Aucune comptabilité, aucun récolement municipal, la cave, considérée jusque hier comme un vide archéologique est un plein de traces, de microorganismes et de restes de civilisation. À Paris, son occupation contribue fortement à la prime industrialisation, comme l'exploitation des carrières de pierre à bâtir, de gypse, la cueillette du salpêtre, de la nappe phréatique.

La géologie parisienne dispose de richesses minérales qui font référence : la pierre calcaire extraite à ciel ouvert ou par galeries, selon les bancs, dont l'exploitation est ancienne mais qui s'accélère à la fin du XVII^e siècle pour la pierre de taille et le moellon, fut placée sous contrôle par l'inspection générale des carrières créée en 1777 et interdite dans l'enceinte de Thiers. Si le nombre de maisons double entre 1550 et 1650, passant de 12 000 à 23 000, c'est probablement parce que le pan de bois est devenu, depuis que la guerre de Cent ans a dévasté les villes, les campagnes et les forêts françaises, le mode constructif dominant, où seul le bois court se substitue au bois long. En revanche, le nombre de maisons varie peu au cours du XVIII^e siècle, passant de 23 000 en 1637 à 30 000 en 1807, soit 7 000 de plus en 170 ans, ce qui revient à une quarantaine de maisons neuves par an, tandis que la population sédentaire triple. Deux types de mur composent le bâti parisien : en pierre ou à en pan de bois ; la cave fait la différence, mais dans quelle proportion ?

4 *Id.*, p. 69.

5 Aucun article parmi plus de deux mille références des six International Congress of Construction History et des trois Congrès francophone d'histoire de la construction.

6 Youri Carbonnier, *Maisons parisiennes des Lumières*, PUPS, Paris, 2006 ; François Loyer, *Paris XIX^e siècle. L'immeuble et la rue*, Hazan, Paris, 1987 ; Alain Faure, « Comment se logeait le peuple parisien à la Belle Époque », in *XX^e siècle, revue d'histoire*, n° 64, oct.-déc. 1999, pp. 41-51 ; Alexis Marcovics, *L'immeuble de rapport post-haussmannien à Paris : la production exemplaire, ordinaire et commerciale d'Albert Sélonier (1858-1926), architecte*, thèse de l'université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, 2010 ; Jacques Frédet, *Les maisons de Paris*, Editions de l'encyclopédie des nuisances, Paris, 2003. Deux thèses remarquables ont heureusement mis le sous-sol parisien en valeur : Sabine Barles, *La pédosphère urbaine*, thèse de l'université Paris 8, 1993 ; Mathieu Fernandez, *Approche topographique historique du sous-sol parisien : 1800-2000. La ville épaisse : genèse et évolutions morphologiques*, thèse du Cnam, 2014. Quelle part de pierre de taille, de moellons, de pan-de-bois, de terre ? *La conquête du plain-pied. L'immeuble parisien au XVIII^e siècle* de Jean-François Cabestan (2004) ne dit rien du sous-sol...

Les caves sont soit construites à partir d'une fosse murée, l'épaisseur du mur est proportionnelle à la hauteur du bâtiment prévu initialement, soit à partir de ruines ; elles prolongent l'espace privé pour servir de cellier, réservoir, ou pièce pour domestique ; elles peuvent aussi être espace public comme cachot, caveau, entresols, lieux provisoires, gratuits. Elles forment surtout l'espace commun, partagé entre les occupants du dessus, lorsqu'elles sont un enclos abrité mais non fermées ou lorsqu'elles sont abandonnées ou difficilement accessibles. Les fosses d'aisance, difficiles à raccorder aux pans-de-bois, accompagnent plutôt les maisons de pierre. Elles prennent aussi la forme d'un puits comblé.

Caves des arts

Avant le XVIII^e siècle, les caves urbaines sont déjà occupées par certains métiers comme la mégisserie qui étuve dans un « endroit bien clos qui n'a qu'une petite issue pour la fumée dans laquelle on allume un feu léger avec du petit bois et du charbon pendant deux heures [...]. Puis on met les peaux en chaleur ou en échauffe : petite chambre étroite fermée de tous côtés »⁷, mais au milieu du XVIII^e siècle, les mégisseries abandonnent l'espace dense intra-muros pour le faubourg fangeux, en l'occurrence la rive gauche de la Bièvre qui compte une vingtaine d'ateliers vers 1760.

Le vieux oing est préparé par les fondeurs de suif et surtout les charcutiers qui disposent d'au moins une cave sèche dans laquelle il stockent et conservent leurs préparations. Ils réservent, quelques semaines durant, dans un coin de leur cave « les mauvaises graisses rances, de porc, de bœuf, de mouton, tous les restes des onguents des parfumeurs, peut-être tous les vieux suifs »⁸. Le vieux oing sert à graisser les essieux. Dès la Restauration, les délégués du commerce de la charcuterie s'intéressent activement à ce produit dérivé si utile aux transports lourds et en font un monopole. À partir de 1817, ils visitent en compagnie du conseiller de Salubrité, du commissaire de police et de l'architecte voyer les nouveaux ateliers, souvent une cave « aérée » disposée sous la charcuterie⁹. Plusieurs charcutiers disposent de deux ou trois boutiques liées à un dépôt situé hors barrière, à Montsouris par exemple¹⁰, pour éviter une sur-taxation de l'octroi. Cœur des transports, la capitale possède une douzaine de fabriques de vieux oings.

Les chandeliers « qui travaillent dans les caves, auront attention de ne pas s'exposer aux vapeurs du charbon qui n'ont point d'issue dans ces endroits : ils choisiront des caves grandes, bien voûtées, hautes et dont les soupiraux soient larges », préconise le pharmacien Fourcroy en 1777¹¹. Près de cent cinquante ateliers se dressent en 1823, ne consommant pas moins de cinq mille tonnes de suif blanc, soit soixante millions de chandelles, de quoi éclairer les Parisiens pendant un trimestre. Grâce à quoi « la chandelle de Paris est estimée et

7 Joseph-Jérôme de Lalande, *Art du mégissier*, Guérin & Delatour, Paris, 1765.

8 Archives de la préfecture de Police (APP), rapport n°187 du 12 septembre 1817.

9 APP, rapport du Conseil de Salubrité n°46 du 14 mars 1817.

10 APP, rapport du Conseil de Salubrité n°195 du 19 septembre 1817.

11 Bernardo Ramazzini & Antoine-François Fourcroy (trad.), *Essai sur les maladies des artisans (De morbis artificum diatriba)*, Moutard, Paris, 1777 (éd. or. 1700), pp. 187-188.

demandée de l'extérieur »¹² : sept cents tonnes sont exportées annuellement à la fin de la Restauration, près de quinze mille années-lumière¹³. Le suif, extrait des graisses putréfiées et cuites - surveillé par un enfant, pendant au moins 12 heures - dans l'endroit le plus aéré de la cave, est refroidi puis à nouveau fondu pour être moulé en chandelle. Au XVIII^e siècle, les caves ne sont guère closes, faute de porte ou de trappe. Un pauvre et son chien, y dort pour gardienner en échange du gîte.

La prime industrialisation fait de la cave urbaine un équipement artisanal particulier. Voyons Londres : « La plus grande partie des pauvres de cette ville habite dans des caves humides et sombres, encombrées de toute espèce d'immondices, parce qu'aucun soin domestique ne pourrait parvenir, en effet, à les entretenir dans un état de propreté. Ces asiles de la misère sont comme autant de secrets réceptacles, où vient se concentrer un air fétide et lourd ; et leurs pâles habitants sont presque toujours atteints d'une fièvre contagieuse ; espèce de maladie pestilentielle qui leur est propre, et qui n'approche point l'habitation du riche¹⁴ », signe Dickinson en 1817. À Paris, aucune statistique ne permet d'appréhender une quelconque dynamique souterraine. Et pourtant...

Les caves deviennent des foyers de chapelier pour l'humidité et l'inertie thermique, des réserves de chiffonniers qui y stockent des matières organiques, des cendriers pour les boulangers qui y jettent les braises pour qu'elles refroidissent avant de les vendre comme lessive, des chambres de corroyeurs pour battre les cuirs épais à chaud et y faire pénétrer les graisses. On y trouve des alambics, des machines à vapeur. Des centaines de vacheries en occupent d'autres dans les faubourgs. De fait, la cave du premier XIX^e siècle est tiède et putride. Avec la fermentation urbaine, elle produit intensivement du salpêtre si les moellons ou les pierres de taille sont poreuses.

L'enquête menée par Parmentier et Cadet de Vaux en 1778 à la demande du Roi ému par l'asphyxie de plusieurs vidangeurs, nous précise que ces fosses d'aisance sont de vastes salles enterrées remplies en 60 ou 70 ans - ce qui laisse croire qu'elles datent du début du siècle - jouxtant des caves, communiquant les odeurs et les eaux-vannes suintantes alentours¹⁵. Ils mentionnent aussi les dix-sept odeurs que repèrent les vidangeurs, notamment le plomb et la mite (respectivement CO_x et H₂S). Ces autres caves sont donc visitées et nettoyées ; sont-elles vidées ou comblées à l'époque haussmannienne lors de l'installation du tout-à-l'égout qui évacue les eaux-vannes en Seine ? Nul ne le sait.

Ces fosses côtoient les caves et leur procurent de quoi alimenter les nitrobactères qui produisent le salpêtre récolté sur les murs. La cave parisienne du XVIII^e siècle a donc une atmosphère particulière : une ambiance humide ? saline ? nauséabonde ? La fermentation intestinale élève-t-elle la température du sol ? Cette biochimie souterraine maintenue grâce à l'humidité et le peu d'aération encourage-t-elle l'occupation artisanale des caves ? La grégarité de certains métiers comme les corroyeurs ou les amidonniers ?

12 APP, DB403, Abattoirs de la Ville, « Renseignement sur les suifs fondus [...] » du 8 novembre 1833.

13 Si l'on prend pour base un kilo par semaine pour s'éclairer, soit 50 kg/an.

14 T. W. Dickinson, *L'Angleterre et les anglais*, vol. II, [s. n.], Paris, 1817, p. 43.

15 Louis-Guillaume Laborie., Antoine-Alexis Cadet de Vaux & Antoine-Augustin Parmentier, *Observations sur les fosses d'aisance et moyen de prévenir les inconvénients de leur vidange*, Pierres, Paris, 1778.

Dans ces caves comment voit-on, quelle lueur permet d'y travailler ? Sont-elles de fait le lieu d'exploitation des mieux-voyants : les enfants ? Que dispose-t-on comme matériel ? Voici une distillerie jugée très dangereuse par un Conseiller de salubrité en 1825 : il est installé sans autorisation à la barrière Poissonnière « dans une cave dans laquelle on descend par un escalier de trente marches, étroit. La cave est petite, sur les côtés se trouvent douze tonnes pour la fermentation des sirops. À l'opposé de l'entrée, l'appareil distillatoire, composé d'une tonne en bois d'une contenance de dix hectolitres dans laquelle est le fourneau, forme deux cavités sphériques communiquant l'une l'autre par le moyen d'un tuyau en tôle. Un autre tuyau en fonte passe à travers la voûte pour évacuer la fumée. Le foyer a son ouverture à la partie antérieure du tonneau. Le tonneau est placé sur des lambourdes au milieu duquel tombe la braise¹⁶ ». La cave est en moellons de gypse, intenable en cas d'incendie, deux ouvriers peuvent à peine y tenir, pas de courant d'air.

La solidification de la construction au XIX^e siècle - abandon du pan-de-bois, fondations plus profondes, chaux hydrauliques et ciments, béton, briques cuites, métaux - et l'imperméabilisation du sol alentour - le développement des trottoirs et de l'assainissement - font disparaître les manifestations sensibles : le salpêtre ne se régénère plus, faute d'urine stagnante, les façades sont gommées et noircies par l'acide sulfureux des fumées, la brique, le béton, l'asphalte stérilisent la construction. Les grandes villes sont devenues insensibles au XX^e siècle. Durant le siècle, la pédosphère urbaine, imperméabilisée, s'assèche, son milieu se transforme. Mais la cave change-t-elle pour autant d'atmosphère ? Les besoins énergétiques - domestication des repas, développement du confort - installent poêles, cuisinières, calorifères (à air, à eau, à vapeur) et leurs conduits de cheminées dans les caves ou les appartements. La capitale triple sa consommation énergétique entre 1800 et 1900. Trois fois plus de charbon de bois et de terre, de bûches et de fagots, sont stockés dans les caves, à défaut de places dans les arrières cours transformées en ateliers et en remises à voiture : 30 000 chevaux en 1820, mais 80 000 en 1900, qui habitent intra-muros, 40 000 dans la première couronne. 50 000 écuries transforment les caves. Y remise-t-on aussi les voitures et autres calèches à la Belle Epoque ? Les premiers parcs de stationnement naissent à l'air, en hauteur, dans les années 30.

Approche topographique historique du sous-sol urbain

Topographie tridimensionnelle du sol : 1807-2016

« La science du terrain », c'est ainsi qu'Antoine-François Lomet traduit la *topographie* dans son manuscrit sur les baraquements militaires à destination de l'armée française en 1804¹⁷. Cet art de dessiner un lieu¹⁸ néglige traditionnellement le sous-sol, jusqu'aujourd'hui dans le cas parisien où aucun plan de récolement n'existe en dehors de l'espace viaire. Le

16 APP, rapport du Conseil de Salubrité n°201 du 9 décembre 1825.

17 Antoine-François Lomet des Foucaux, *Instruction pratique sur le baraquement des troupes en campagne*, An XII, 1804, Service historique de la Défense, Ms 19.

18 Pierre Chantraine, *Dictionnaire étymologique de la langue grecque, histoire des mots*, Klincksieck, Paris, 1977, p°1125.

constat établi, il faut bien prendre la cave comme un vide cartographique qui doit être appréhendé par d'autres moyens. L'hypothèse que nous réalisons ici consiste à approcher les caves par les couches qui les entourent, disposant d'une continuité topographique historique et permettant de saisir les évolutions morphologiques du terrain. Le sous-sol urbain possède en effet plusieurs limites sur lesquelles il est possible d'opérer des recoupements topo-historiques. D'abord le sol « réglementaire », dont la marque est celle du nivellement des rues des bâtiments et des réseaux, ensuite le sol « naturel », dont le niveau est géologique, précédant l'exhaussement urbain, enfin la nappe phréatique qui, malgré sa fluidité, possède une dynamique de temps long en milieu urbain.

Avant le XIX^e siècle, le relief urbain n'est pas davantage maîtrisé que ne l'est celui des vastes territoires¹⁹. Illustrant cet état, une commission réunie en 1802 à l'initiative du général Samson du corps d'armée des ingénieurs géographes, prolonge l'utilisation de hachures et d'ombrages comme standard d'expression du relief ainsi que la production de plans-reliefs²⁰. Sylvestre-François Lacroix, mathématicien, académicien, insiste pourtant lors de la même commission en faveur de l'utilisation de la ligne de niveau, diffusant ainsi l'invention de Ducarla publiée dans un mémoire paru en 1782²¹. Selon le colonel Berthaud, c'est « faute d'artistes exercés » et « l'éclimètre [n'étant] pas inventé » que la maîtrise du relief est remise à plus tard pour les vastes territoires, dont les cartes sont tenues à jour par le corps des ingénieurs géographes²². A ce titre, 1880 marque le début de l'édition de la carte d'Etat-major avec lignes de niveau.

Toutefois un phénomène marquant, dont l'initiative est civile, dissociant les échelles territoriales, se produit à Paris au début du XIX^e siècle. Une représentation géométrique du relief basée sur une mesure topographique y est expérimentée en 1805-1807²³. Les auteurs sont les ingénieurs Pierre-Simon Girard, ingénieur en chef responsable des travaux du canal de l'Ourcq et Pierre Egault, également affecté au service²⁴. Ils enveloppent un vaste espace - correspondant à Paris compris dans l'enceinte des Fermiers Généraux - grâce à des lignes de niveau brisées mesurées par pas de 1 m et reportées graphiquement sur un exemplaire du plan Verniquet dont l'édition s'est achevée en 1799. Egault rédige en 1807 un *Mémoire sur les inondations de Paris* renouvelant substantiellement la lecture de l'espace urbain souterrain. Il

19 Pierre-Simon Girard, « Mémoire sur le nivellement général de la France et les moyens de l'exécuter », in *Journal des Mines*, Paris, nivôse an XIII (décembre 1804), n°100.

20 Patrice Bret, « Le moment révolutionnaire : du terrain à la commission topographique de 1802 », in *Les usages des cartes, XVII^e-XIX^e siècle : pour une approche pragmatique des productions cartographiques*, Presses Universitaires de Strasbourg, Strasbourg, 2005, pp. 81-97.

21 Marcelin Ducarla-Bonifas, *Expression des nivellements ou méthode nouvelle pour marquer rigoureusement sur les cartes terrestres et marines les hauteurs et les configurations du terrain*, Jean-Louis Dupain-Triel, Paris, 1782. Sylvestre-François Lacroix, « Introduction à la géographie mathématique et critique », in John Pinkerton, *Géographie moderne*, Dentu, Paris, 1804.

22 Colonel Berthaud, *Les ingénieurs géographes militaires. Tome 2*, Imprimerie du Service Géographique, Paris, 1902.

23 L'archive, conservée à la Bibliothèque historique de la Ville de Paris (BHVP), est datée « des années 1810 ». Cependant, une des mesures de Girard donne une date de mesure : il s'agit du 5 prairial an XIII, c'est à dire le 25 mai 1805, pour le relevé de la hauteur de la Seine en face du Jardin des Plantes et de la pompe à feu de Chaillot. Les *Mémoires* de Girard confirment par ailleurs que la campagne de mesures a lieu entre 1805 et 1807.

24 Girard et Egault appartiennent au corps des Ponts et Chaussées et sont affectés au service exceptionnel des eaux de Paris créé sur décret par Napoléon I^{er}. Pierre-Simon Girard a par ailleurs participé à l'expédition d'Egypte.

entrevoit, à l'instar de Girard dans d'autres écrits, une morphologie urbaine spécifiquement liée à l'exhaussement du sol et au processus d'accumulation :

« Il est facile de concevoir que le sol de Paris a été exhaussé. En effet, chaque jour on fait des démolitions dont les gravois sont transportés à quelque dépôt ; autrefois ces dépôts étaient situés hors de la ville, mais par les agrandissements qu'elle a éprouvés, ils se sont trouvés dans l'intérieur, et ont été couverts de maisons. [...] Le sol s'est exhaussé avec assez de promptitude, car chaque nouvelle construction produit des gravois, et la mauvaise qualité des matériaux, qui rend les édifices peu durables, oblige de les reconstruire souvent. »²⁵

Dans ce contexte où la mesure tridimensionnelle est importée par le corps d'ingénieurs des Ponts et Chaussées nouvellement spécialisé dans le milieu urbain, l'archéologie suit le mouvement initié. Théodore Vacquer suit la plupart des travaux d'ouverture de rues et d'égouts dans le tissu existant durant la seconde moitié du XIX^e siècle et publie, en 1896, une carte du sol naturel de Paris représenté par des lignes de niveau²⁶. Ses carnets de travail, non publiés, montrent un permanent recours aux cotes de niveau du sol initialement produites par les ingénieurs concepteurs des réseaux. L'épaisseur anthropique de la ville dès lors délimitée, disciplinée, devient le terrain de prédilection de l'archéologie pour l'étude des périodes urbaines préindustrielles, couche partagée dans une période plus récente avec les géotechniciens experts de la mécanique et de la pollution des sols. Cependant, l'archéologie parisienne ne dispose pas d'une cartographie régulière dans le temps qui soit postérieure à l'œuvre de Vacquer. L'inspection générale des carrières de Paris, dont la mission est centrée sur les risques urbains, fournit toutefois une continuité dans la mesure en gardant l'archive des forages réalisés et les publiant dans ses cartes géologiques de Paris²⁷. Le modèle numérique de terrain le plus précis disponible pour le sol actuel peut quant à lui être trouvé dans le modèle RGE ALTI[®] commercialisé par l'Institut géographique national.

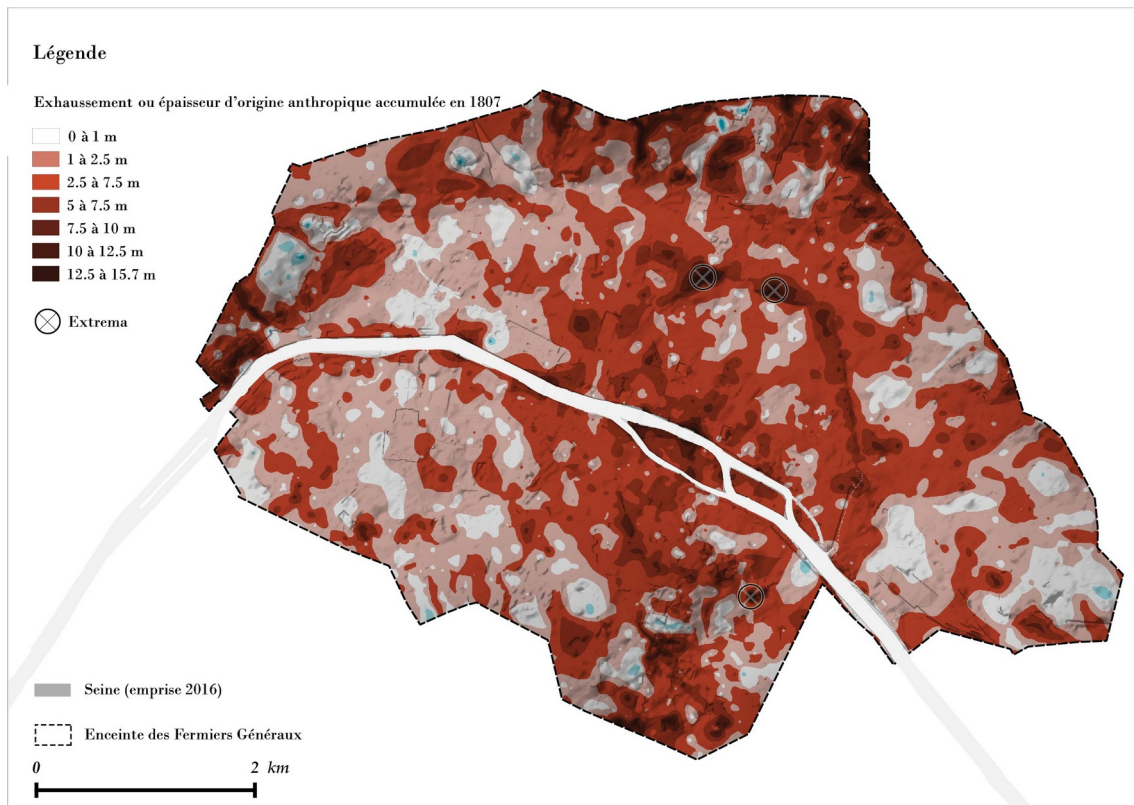
L'expérience suivante est neuve, effectuée à l'aide des outils des systèmes d'information géographique (SIG) autour des données précédemment décrites pour Paris. L'objectif est de fournir un espace épais pour le sous-sol urbain, permettant de mieux matérialiser le milieu des caves et leur intégration au substrat anthropique. Les **cartes 1 et 2** représentent le phénomène d'exhaussement urbain à Paris compris dans l'enceinte des Fermiers Généraux sur deux périodes : préindustrielle et contemporaine. En pratique, elles sont issues de soustractions opérées entre l'interpolation des points cotés de la carte géologique, l'interpolation des points cotés de Girard et Egault de 1805-1807 et le modèle numérique de terrain de 2016²⁸.

25 Pierre Egault, *Mémoire sur les inondations de Paris*, Firmin Didot, Paris, 1814, p°3.

26 Georges Villain, *Rapport au nom de la 2^e commission sur la mairie du X^e arrondissement*, Imprimerie Municipale, Paris, 1896.

27 Inspection générale des carrières (IGC), *Atlas géologique de la Ville de Paris au 1/5000^e*, Mairie de Paris, Paris, 1993.

28 La carte de l'IGC fournit 2 672 points cotés renseignant la première couche géologique rencontrée, les données de Girard et Egault fournissent 8 478 points cotés en 1805-1807, le RGE ALTI[®] est une couche au format *raster* constituée de pixels de 5 m de côtés, représentant l'élévation du sol en 2016.



Carte 1. Exhaussement urbain opéré entre le substrat géologique et la couche du sol de 1805-1807.



Carte 2. Exhaussements et déblaiements opérés entre 1807 et 2016.

Selon un certain nombre de comptes rendus archéologiques, les caves du centre médiéval de Paris atteignent régulièrement d'un à trois étages souterrains. Cette morphologie souterraine profondément ancrée dans le substrat est partagée avec plusieurs cités du bassin parisien, du Nord ou encore de la vallée ligérienne. Un exemple restitué par Bénédicte Perfumo rue du Renard dans le marais parisien topographie deux niveaux de sous-sol. L'auteur estime, par datation et analyse morphologique du bâti, à 60 cm le rehaussement du sol depuis le XIII^e siècle, ce qui induit selon la **carte 1** un fort exhaussement datant d'une période antérieure²⁹. La même carte montre que le substrat concerné par la présence de caves dans la ville enceinte par la muraille de Philippe Auguste est une épaisse couche constituée de matières d'origine anthropique. Cette couche mesure communément 2,5 à 7,5 m d'épaisseur, c'est-à-dire un à trois niveaux de caves. Le maximum au sein de l'enceinte des Fermiers Généraux est atteint à 15,8 m sous la butte de Bonne-Nouvelle, ancienne voirie - ou décharge médiévale pour gravats et matériaux -.

La spatialité fournie par les données topographiques interdisciplinaires et diachroniques montre alors que l'activité industrielle des années 1800 se développe dans un substrat d'origine anthropique. Ses propriétés mécaniques et physico-chimiques sont par conséquent spécifiques. Au sein de la reconstitution topographique historique du sol (**carte 1**) se trouvent la cave et le cellier médiévaux dès lors qu'ils ont été épargnés par les renouvellements du tissu urbain du XIX^e siècle. Ils sont des repères dans un espace-temps saisi par des disciplines topographiques naissantes à partir de la première moitié du XIX^e siècle. Originellement, les cavités apparaissent donc à la fois comme les éléments les plus stables de la topographie urbaine mais restant par ailleurs à la marge de la mise en œuvre d'un espace urbain topographié et mathématisé. Après enquête historique, la construction spatiale historique du milieu urbain apparaît liée d'une part au génie urbain investissant la rue, d'autre part à la gestion de la propriété investissant la parcelle et l'îlot à rez-de-chaussée, *via* le cadastre spatialisé de type napoléonien. La cave échappe aux deux mouvements. Ce cheminement historique de la mesure urbaine confirme que, faute de pouvoir y pénétrer aisément, il est cohérent de délimiter les caves par une topologie englobante.

La notion de sous-sol existe formellement suite à celle de sol qui, pour le cas parisien, devient une réalité topographique avec les mesures de Girard et Egault, puis réalité réglementaire en 1852³⁰. Auparavant, la cave semble se définir davantage par une fonction intégrée au bâti que comme un sous-sol urbain non formalisé. L'œuvre topographique de Girard et Egault est prolongée par le déploiement des réseaux d'adduction et d'évacuation d'eaux, puis par les réseaux viaires haussmanniens qui semblent prolonger la maîtrise topographique pour percer le tissu urbain. Les réseaux maillés contemporains, inventés à Paris

29 Bénédicte Perfumo, « Une maison du XIII^e siècle au n°11 de la rue du Renard (4^e arrondissement) », in *Bulletin monumental*, tome 167, n°1, 2009, pp. 64-69.

30 L'article 2 du décret-loi du 26 mars 1852 dont les initiateurs restent inconnus selon Morizet, « aucun dossier ne subsistant sur les origines de ce texte fondamental » est célèbre pour avoir rendues possibles les expropriations larges qui initient le processus des percées haussmanniennes. L'article 3 du décret-loi, plus discret, indique : « [qu']à l'avenir, l'étude de tout plan d'alignement de rue devra nécessairement comprendre le nivellement ; celui-ci sera soumis à toutes les formalités qui régissent l'alignement. Tout constructeur de maison, avant de se mettre en œuvre, devra demander l'alignement et le nivellement de la voie publique au-devant de son terrain et s'y conformer. ». André Morizet, *Du Vieux Paris au Paris Moderne, Haussmann et ses prédécesseurs*. Hachette, Paris, 1932, p°182 ; Georges Eugène Haussmann, *Mémoires*, Seuil, 2000, p°1149.

durant la première moitié du XIX^e siècle, ont donc *in fine* la propriété de stopper l'exhaussement urbain, corolaire de leur fonction première d'adduction et d'évacuation des matières³¹. Durant le demi-siècle 1800-1850, la topographie passe donc d'outil exploratoire à outil de fixation. Seuls les grands projets d'urbanisme laissent des marques indélébiles sur le sol pour la période 1807-2016. Le phénomène est lisible sur la **carte 2**, montrant une relative stabilité de l'élévation du sol urbain depuis 1807. Le « milieu des caves » est impacté par ces évolutions.

Topographie des eaux souterraines

La nappe est la deuxième limite souterraine. Paris est bâti sur un terrain alluvionnaire dont la nappe phréatique opère une continuité hydraulique entre le fleuve et les couches géologiques superficielles, perméables. La nappe phréatique est, par définition, la nappe des puits ou encore la première des nappes rencontrées en sous-sol³². Elle est donc incontournable pour décrire un milieu urbain lors de la première industrialisation, assurant la majeure partie de l'approvisionnement en eau ainsi qu'une part importante de l'absorption des rejets liquides. L'art de bâtir compose avec cette limite qui n'est que tardivement maîtrisée par la topographie avant d'être substantiellement modifiée. Les sources topographiques de 1741 à 1860 permettent ici de suivre, dans un temps séculaire, la découverte de la nappe et sa transformation, puis de montrer l'influence de son évolution sur la morphologie et le climat urbains.

La topographie hydraulique est initiée pour Paris au XVIII^e siècle par le géographe Philippe Buache et le mathématicien Antoine Deparcieux, missionnés par l'Académie des Sciences à la suite de l'inondation de la Seine de 1741. Tandis que Deparcieux se concentre sur des différentiels de hauteurs d'eaux au cours de la crue par plusieurs essais de nivellements, Buache « invente » la nappe. Il produit notamment, à côté d'une tentative de dessin de bassins versants en milieu urbain, application directe de sa théorie sur l'espace géographique, une cartographie des caves inondées et plusieurs essais de tranches urbaines. Il remarque alors que, quels que soient les mouvements du sol, le niveau de l'eau souterraine mesuré par la profondeur des puits possède un comportement spécifique : presque horizontal, légèrement incliné vers la Seine et dissocié des mouvements du sol par exemple sous la montagne Sainte-Genève. Il observe alors ce qu'il décrit comme une « espèce de nappe »³³.

En 1858, Achille Delesse propose pour la nappe phréatique une carte techniquement similaire à celle de Girard et Egault pour le sol, c'est-à-dire restituée par des lignes de niveaux. Les puits sont le principal instrument de mesure hydrogéologique. Le niveau de l'eau

31 Le manuscrit introduisant le *Plan de nivellement général de Paris*, inédit, commence par : « un système quelconque de distribution d'eau dans l'intérieur de Paris doit avoir pour base la connaissance exacte de la configuration du sol de la capitale ». Pierre-Simon Girard & Edme Verniquet, *Plan de nivellement général de la ville de Paris rapporté sur l'Atlas du plan général de la ville de Paris de Verniquet*, [s. n.], Paris, 1810.

32 Nommée ainsi par l'hydrogéologue Daubrée à la fin du XIX^e siècle. Auguste Daubrée, *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*, Dunod, Paris, 1887, p°21. Pour *phréa* voir Chantraine, *op. cit.*, p°1227.

33 Philippe Buache, « Exposé d'un plan hydrographique de la Ville de Paris », in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1742, pp. 371-378.

souterraine est mesuré durant l'été 1858 « pour les puits ordinaires et pour les puits forés »³⁴. Delesse décrit l'objet de son travail comme « [servant] à résoudre un grand nombre de questions intéressant la salubrité, l'hydrologie et en général les travaux qui sont du domaine de l'ingénieur ».

De même que le cas du sol, la topographie appliquée à l'eau souterraine aboutit à de notables changements de dynamiques, justifiant ainsi d'en saisir la morphologie historique. Le phénomène d'une dynamique est démontré pour la nappe parisienne par Philippe Diffre en 1969 qui identifie un phénomène de variation séculaire de la nappe phréatique en lien avec l'urbanisme de surface³⁵. Une dépression souterraine s'est formée rive droite de la Seine dont la forme est un cône de rabattement dépassant 12 m de hauteur et de diamètre approximatif allant de l'Opéra au Palais-Royal. Diffre parvient à cette conclusion par un travail diachronique de comparaison entre la piézométrie de 1965 et celle de Delesse de 1862. La dépression détectée est toujours d'actualité malgré des mouvements de remontée de nappe dans les années 1970 et expliquées par un changement de rythme des pompages industriels. Diffre estime en effet ceux-ci à 10 millions de m³ par an en 1965 pour la rive droite et à seulement 4 millions par an en 1978. La datation du début du phénomène de rabattement reste inexplorée dans l'étude de Diffre mais l'enquête historique permet ici de la relier à deux phénomènes apparus au XIX^e siècle.

Premièrement, le drainage de la nappe est conçu dès l'origine du projet de grands égouts collecteurs au cours des années 1850. En 1858, un rapport signé par trois experts dont Delesse, au sujet des caves inondées par des remontées de nappes liées à des fuites d'étanchéité du canal Saint-Martin, estiment qu'il « est probable que cette nappe souterraine sera notablement abaissée dans toutes les parties de Paris traversées par le drain collecteur et par les drains qui viennent s'y réunir [...] les drains étant placés à un niveau plus bas au-dessous de la nappe souterraine. » Dans le même rapport, l'égout collecteur place Laborde est cité comme ayant fait récemment « baisser l'eau dans les puits voisins de plus de 4 mètres » et « le sens dans lequel la nappe souterraine s'écoulait a été complètement inversé »³⁶.

Deuxièmement, des pompages industriels d'envergure débutent dans les années suivantes. Par exemple, la construction de l'Opéra Garnier implique qu'il « ne fallut pas moins de deux cent quatre-vingt-cinq jours (2 mars au 13 octobre) pour l'épuiser [la nappe] et l'on calcula qu'elle aurait couvert toute la cour du Louvre jusqu'à une hauteur dépassant de moitié celle des tours de Notre-Dame »³⁷.

34 Achille Delesse, *Carte hydrologique de la ville de Paris : 1858. Publiée d'après les ordres de M^r le baron G. E. Haussmann, préfet de la Seine et exécutée par M^r Delesse ; dessinée par Al. Babinski*, 1858.

35 Philippe Diffre, « Désordres dans les sous-sols des constructions récentes à Paris liés à la remontée des nappes peu profondes », in *Connaitre le sous-sol : un atout pour l'aménagement urbain*, BRGM, Orléans, 1979, p 117.

36 Achille Delesse, Beaulieu & Yvert, *Rapport des experts soussignés [...] au sujet de l'inondation souterraine dont [des propriétaires] ont été victimes pendant l'année 1856*, [s. n.], Paris, 1861, p°49.

37 Depuis [en 1900], cette nappe ne s'est pas reformée. Tous les anciens puits sont restés taris dans un rayon d'un kilomètre, et lorsque, l'année dernière, on a creusé deux nouveaux étages de caves sous le Crédit Lyonnais, on n'a pas retrouvé trace d'eau. Paul Dupuy, « Le sol et la croissance de Paris » in *Annales de Géographie*, vol. 9, n°46, 1900, pp. 340-358.

Par conséquent, le climat urbain change rive droite du fait de ces initiatives qui ne sont rien moins que l'assèchement du marais urbain parisien. Cet assèchement, succès des ingénieurs face aux eaux souterraines, imprime ses effets sur le biotope et sur le climat des caves mais aussi sur celui des rues et donc au final sur la biochimie urbaine spécifique de la première industrialisation. Ce climat urbain peut être perceptible lorsque Balzac fait traverser à son lecteur la cour Batave dans son état hydrique d'origine, vers 1837 :

« Ce monument malsain [...] est le centre des passages obscurs qui s'y donnent rendez-vous et joignent le quartier des Halles au quartier Saint-Martin par la fameuse rue Quincampoix, sentiers humides où les gens pressés gagnent des rhumatismes. [...] Il y a là plusieurs cloaques industriels, très peu de Bataves et beaucoup d'épiciers »³⁸.

La *Topographie Médicale de Paris* de Claude Lachaise rapproche du climat souterrain saturé en eau en citant les « frais excessifs que nécessitèrent les travaux entrepris pour donner à la nouvelle salle de l'Opéra [ancien Opéra de Paris] le degré convenable de solidité. C'est sur un terrain à peu près de même nature [alluvionnaire, à nappe affleurante] qu'est construit l'édifice de la Bourse ; aussi ses caves, comme celles du voisinage, sont-elles extraordinairement humides »³⁹.

La cave typique des quartiers industriels de la rive droite de Paris a donc la propriété d'être à fleur d'eau avant les années 1860. Cette caractéristique est archéologiquement occultée par l'assèchement de la rive droite entretenu de manière continue à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle par des drainages et des pompes réguliers. Les conditions hydrogéologiques qualifiant les volumes souterrains ont donc radicalement changé depuis la primo-industrialisation. Sur la base de l'état historique détecté, le puits apparaît comme un vecteur possible de transmission d'un état morphologique phréatique à celui de la ville.

Les puits : de la nappe phréatique à la morphologie urbaine

L'hydrogéologie ne représente habituellement pas la profondeur de l'eau par rapport à celle du sol, ne la connectant par conséquent pas aux formes urbaines. L'approvisionnement en eau de la ville dépend pourtant de cette profondeur jusqu'au XIX^e siècle, *via* les principaux équipements urbains hydrauliques précédant le réseau maillé : le puits et la pompe. Nous faisons ici l'hypothèse que ces équipements soient des révélateurs de formes urbaines en lien avec la notion d'épaisseur. Concernant le nombre des puits parisiens au début du XIX^e siècle, Laurent Mirlou en saisit 9 033 sur le plan de récolement cadastral Vasserot (1810-1836), dont 5 944 situés rive droite. En 1835, Girard et Parent-Duchâtelet en dénombrent grossièrement 25 000 dans les 12 arrondissements de Paris⁴⁰. Guillaume en comptabilise 22 000 à partir d'une enquête menée par les commissaires de police de quartiers en 1834. L'ingénieur Belgrand, préparant le siège de Paris en 1870, estime :

38 Honoré de Balzac, *César Birotteau*, chez l'éditeur 3 rue Coq Héron, Paris, 1838, p°113.

39 Claude Lachaise, *Topographie Médicale de Paris*, Baillères, Paris, 1822, p°150.

40 Pierre-Simon Girard, Alexandre Jean-Baptiste Parent-Duchâtelet, *Des puits forés ou artésiens*, Renouard, Paris, 1833, p°13.

« [qu'] aujourd'hui cette eau n'est employée à Paris, ni à la boisson, ni à la préparation des aliments, j'en ai à peu près la certitude. J'ai dit que, dans les premiers jours du siège de Paris, j'avais fait visiter les puits ; sur les 30 000 qui existaient alors, 20 000 ont dû être nettoyés pour qu'on pût y puiser, en cas de pénurie d'eau et de rapidité urgente, un liquide non pas salubre, mais qui ne fût pas trop répugnant.⁴¹ »

La pompe est un équipement simple et robuste directement plongé dans un puits de diamètre plus ou moins large pour atteindre la nappe phréatique depuis la surface. L'essor de la pompe comme équipement hydraulique semble se diffuser à partir du XVI^e siècle, la plus facile à construire étant alors en bois, de section carrée, la plus rentable en fonte moulée ou en laiton et de section circulaire⁴². L'enquête des commissaires de 1834 montre que plus d'un accès à l'eau sur deux se fait par le biais d'une pompe plongée dans un puits. Ainsi, elle corrobore statistiquement l'ingénieur Genieys qui estime, en 1829 :

« [en supplément] à l'eau de la Seine, dont le prix est trop élevé pour qu'on puisse en étendre l'emploi, on établit des pompes dans presque toutes les maisons particulières, et l'on se sert des eaux de sources ou de puits, quoiqu'elles ne possèdent pas les qualités qui les rendraient profitables à l'industrie »⁴³

La présence massive de pompes au début du XIX^e siècle dans les zones basses et denses de la ville (**carte 3**), développement en cours possiblement depuis le XVI^e siècle, est un trait morphologique assez peu exploré par les ingénieurs du XIX^e siècle. Leurs recherches se concentrent en effet prioritairement sur les réseaux et sur l'espace public. Genieys explique néanmoins que l'on « distingue deux espèces de pompes ; la pompe aspirante et la pompe foulante. La pompe aspirante [la seule à même d'équiper un puits] se compose de deux parties distinctes : l'une appelée le corps de pompe, l'autre le tuyau d'aspiration ». La mécanique des fluides implique par ailleurs :

« [que] pour assurer le jeu de la pompe aspirante, il faut [...] que le corps de la pompe soit placé à une hauteur moindre de 10,336 m au-dessus du réservoir d'eau, ou, pour mieux dire, à une hauteur inférieure à celle à laquelle l'eau peut-être élevée par la pression atmosphérique ».

La pompe à bras fonctionne donc théoriquement à moins de dix mètres de la nappe, en pratique aux alentours de sept à huit mètres avec les pertes de charges. Placée en cave, comme de nombreux puits semblent le permettre, la distance à la nappe peut être réduite. L'enquête de 1834 montre également que les premiers immeubles branchés au réseau des eaux de l'Ourcq sont majoritairement situés sur les coteaux, amorçant un changement morphologique majeur par rapport à la ville des pompes, typique de la première industrialisation. On passe d'un paradigme morphologique d'une eau aisément disponible lorsque la nappe phréatique est profonde de moins de 10 m, en lien avec la cote du fleuve - environ 26 m pour la Seine -, à celui d'une eau disponible en dessous du bassin de la Villette achevé en 1809 et positionné à 50 m d'altitude. La surface possible pour une urbanisation dense semble alors augmenter dans

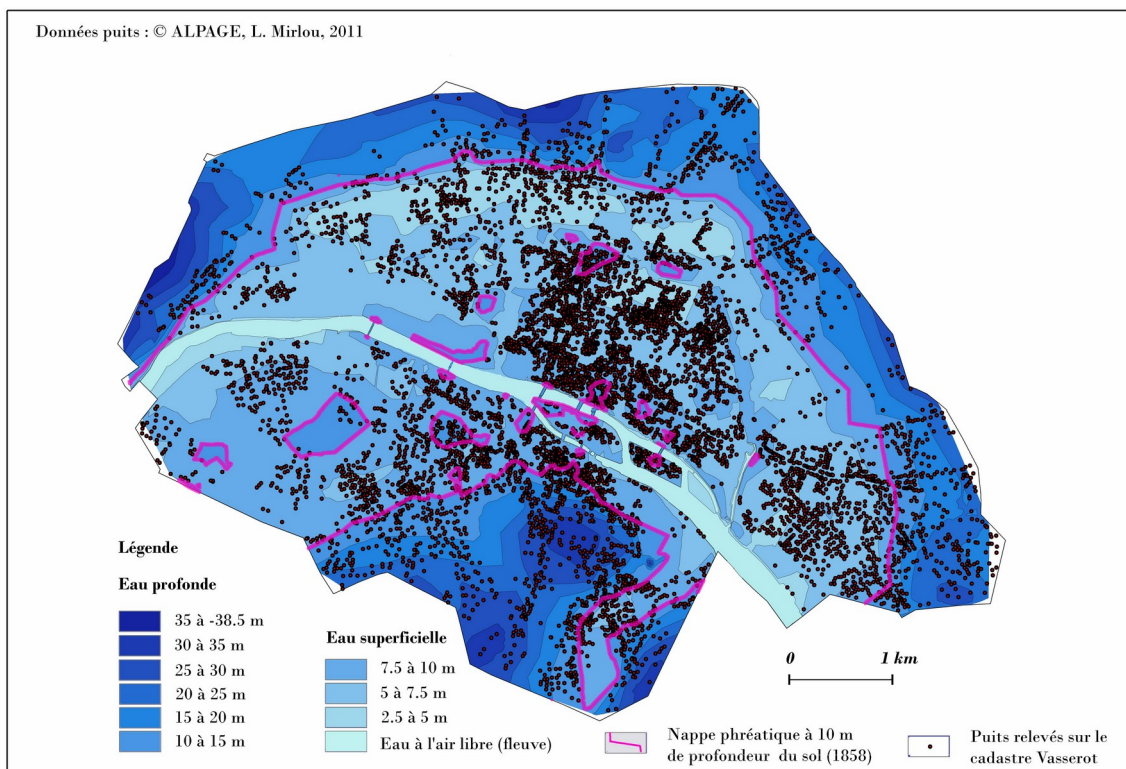
41 « Depuis le 30 juin 1870, on a creusé 54 nouveaux puits et on en a comblés 12 ; le 31 décembre 1875, on comptait à Paris 30 042 puits. » Eugène Belgrand, *Les travaux souterrains de Paris, tome IV. Les eaux*, Dunod, Paris, 1877, p°21.

42 André Guillerme, *La naissance de l'industrie à Paris : 1770 - 1830. Entre sueurs et vapeurs*, Champ Vallon, Seyssel, 2007, p°34.

43 Raymond Genieys, *Essai sur les moyens de conduire, d'élever et de distribuer les eaux*, Carilian-Goeury, Paris, 1829, p°154. Sur les pompes, voir aussi : Prony G.-C.-F., *Nouvelle architecture hydraulique*, Firmin Didot, Paris, 1790.

des directions nouvelles. La cartographie cette aire potentielle montre une corrélation avec les extensions urbaines des années 1830-1840, comme par exemple pour le quartier de l'Europe. Les quantités disponibles changent également, pouvant alimenter les machines à vapeur contrairement aux puits.

Cette approche morphologique est représentable par le traitement SIG des données topographiques historiques. La carte suivante présente la morphologie de l'eau souterraine au cours de la période 1800-1850 superposée aux points correspondant aux puits répertoriés sur le plan cadastral Vasserot (1810-1836). La densité de puits apparait comme importante dans une zone bien spécifique d'affleurement de la nappe à moins de dix mètres de profondeur du sol c'est-à-dire rive droite, dans le marais, asséché postérieurement à 1860⁴⁴.



Carte 3. Puits relevés sur le plan cadastral Vasserot et profondeur de la nappe phréatique, durant la première moitié du XIX^e siècle.

Les caves urbaines : archéologie ou géologie anthropique ?

44 La carte est réalisée grâce aux données de Girard, de Delesse et à la couche des puits relevés sur le récolement cadastral de Vasserot dont la saisie a été réalisée par Laurent Mirlou au sein du programme de recherches Alpage. Voir : Hélène Noizet, Boris Bove & Laurent Costa (dir.), *Paris : de parcelles en pixels*, Presses Universitaires de Vincennes - Comité d'histoire de la Ville de Paris, Saint-Denis, Paris, 2013. Laurent Mirlou *Transmission des formes et morphologie urbaine : l'exemple des réseaux de l'eau parisiens*, vol. 3., mémoire de l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, 2011.

La topographie issue de mesures historiques et géologiques a permis d'atteindre la morphologie urbaine de la couche du sol anthropique. Elle contient les caves, tout particulièrement dans les zones urbanisées avant l'invention du réseau - des années 1810 à 1830 pour Paris -. L'application d'outils géomatiques permet d'atteindre des résultats en épaisseur décrivant ce phénomène. Elle permet ainsi de donner un volume pour les caves qui restent une section non topographiée des volumes urbains.

En 1980, Pierre Duffaut propose le chiffre de 43 million de m³ pour estimer le volume des caves de Paris⁴⁵. La méthode mise en œuvre n'est pas reproductible car trop peu développée. Seule l'hypothèse de « la plupart [des caves sont situées] entre 0 et 4 mètres de profondeur sous la base des bâtiments » est spécifiée. Le volume du réseau du métro y est estimé à 19 millions de m³ et celui des égouts à 8 millions de m³. Dans une perspective comparatiste avec cette approche « urbaniste », nous voulons estimer la part du volume des caves par rapport à celle du volume du sol urbain exhaussé. Cette comparaison poursuit l'hypothèse initiale selon laquelle la couche des caves peut être pour partie précisée par la couche de sol d'origine anthropique dans laquelle elle prend place.

L'épaisseur et le volume du sol artificiel accumulé par la ville préindustrielle se trouve entre la première couche géologique rencontrée et celle du sol de 1807. Son calcul sur la base de la **carte 1** donne 97,8 millions de m³ pour Paris. Il reste 37,2 millions de m³ si l'on se place en dehors des emprises bâties. Cette dernière valeur correspond à un exhaussement estimé hors espace bâti, c'est à dire en dehors des caves potentielles. On retrouve dans ce dernier volume celui des réseaux superficiels, la plupart du volume des égouts et une partie de celui du métro. Concernant le volume potentiel des caves, le calcul automatique du volume entre 0 et 4 m sous la totalité des bâtiments actuels présents dans l'emprise de l'enceinte des Fermiers Généraux donne 56,8 millions de m³. Il s'agit d'une fourchette haute correspondant à un niveau de caves sous chaque bâtiment actuel. Ces chiffres fournissent des bornes pouvant servir à appréhender le milieu souterrain tel qu'accumulé en 1807.

La période couvrant 1807-2016 marque l'avènement d'une dynamique nouvelle. La fin de l'exhaussement est induite par l'invention des réseaux. Le nivellement réglementaire progressif de tous les artefacts urbains rend la variation de l'épaisseur urbaine dépendante des grandes opérations d'urbanisme. Au cours de cette période, 32,5 millions de m³ apparaissent en remblaiement et 9,6 millions de m³ sont extraits par déblaiements. En dehors des surfaces bâties, les valeurs passent à 9,4 millions de m³ de remblais et à 3,0 millions de m³ de déblais. Pour donner à ces chiffres un ordre de grandeur actuel, il est possible de les comparer aux 15 à 20 millions de m³ prévus à l'extraction pour les lignes d'extension du réseau de transport de la mégapole parisienne par la Société du Grand Paris dans la prochaine décennie⁴⁶.

	CARTE 1 (géol. - 1807)	CARTE 2 (1807 - 2016)
Surface de l'emprise des Fermiers	32,2 M m ²	32,2 M m ²

45 Pierre Duffaut, 'Past and future of the use of underground space in France and Europe', in *Underground space*, vol. 5, 1980, pp. 86-91.

46 Société du Grand Paris (SGP), *Réseau de transport du Grand Paris : schéma d'évacuation des déblais*, édition électronique, novembre 2012.

Généraux		
Volume de la couche anthropique exhaussée	97,8 M m ³	32,5 M m ³
Volume des excavations	Moins de 1 M m ³ (assimilable à 0 m ³)	9,6 M m ³
Même surface hors emprise bâtie 2017	18,0 M m²	18,0 M m²
Volume de la couche anthropique exhaussée	37,2 M m ³	9,4 M m ³
Volume des excavations	Moins de 1 M m ³ (assimilable à 0 m ³)	3,0 M m ³
Points culminants	Maximum : + 15,7 m butte Bonne-Nouvelle. Extrema : + de 15 m remblayés atteints butte Saint-Martin et butte des Copeaux (dans l'actuel Jardin des Plantes)	Maximum : remblai de + 8,3 m rue du Cardinal Lemoine Extrema : + de 7 m remblayés atteints rue de la Montagne Sainte-Genève, rue d'Iéna, gare de Lyon, place de la Bastille et boulevard du Port-Royal Minimum : déblaiement de -14,5 m butte des Copeaux. Extrema : - 10 m déblayés atteints trou des Halles, voies ferrées de la gare Saint-Lazare, place du Trocadéro, rue La Fayette et hôpital du Val de Grâce

Table 1. Volumes et extrema liés aux **cartes 1 et 2**

Ces quantifications fournissent des volumes précisant matériellement le phasage historique d'une évolution morphologique du sol urbain⁴⁷. Le sol exhaussé, dans lequel se trouvent la plus grande partie des caves préindustrielles, s'est formé dans un temps long, d'ordre pluriséculaire pour Paris. On observe au tournant du XIX^e siècle une stabilisation du niveau par le réseau induisant des mouvements postérieurs moins importants en volume, corrélables à la canalisation du fleuve ou aux grands travaux. Le phénomène d'arasement est alors nouveau, servant notamment à assurer la rectitude et le nivellement des obstacles aux percées de type haussmannien. Il représente environ un tiers du volume exhaussé. L'urbanisme souterrain, pris au sens large (métro, égouts, parkings), semble avoir engendré les mouvements de matières les plus importants au cours de la période contemporaine dans le centre urbain dense. L'urbanisme, du rabotage sous Haussmann, devenu souterrain au XX^e siècle, est donc le principal moteur des flux de sol urbain de l'époque contemporaine. Participe-t-il à l'étalement urbain de la seconde moitié du XX^e siècle ?

Le sol de la première industrialisation, contenant les caves, le développement des arts et de la chimie au cours de la période 1740-1840, est pollué. La destination des volumes exportés, rebuts de l'urbanisme de surface ou extraction de l'urbanisme souterrain, devient dès lors une question d'actualité. Si ce type de destinations reste globalement non exploré, le parc Georges Valbon de La Courneuve peut fournir une illustration en volume : le financement de son aménagement dans les années 1960 a reposé sur l'accueil des excavations des grandes opérations d'urbanisme des Halles et de La Défense pour un volume estimé à environ 13 à 16 millions de m³. L'approche topographique peut donc fournir des instruments

⁴⁷ Sabine Barles, Henri Galinié & André Guillerme, « Evolution spatiale des sols urbains », in Sabine Barles, André Guillerme & Denis Breyse (dir.), *Le sol urbain*, Anthropos, Paris, 1999, pp. 261-275.

de mesures renouvelés pour l'archéologie industrielle, liant la physico-chimie de la couche anthropique du sol au processus d'urbanisation. Les mouvements du sol dans le temps long, comprenant les volumes pollués et leurs destinations urbaines, sont bien la marque d'une actualité d'ordre archéologique de l'ère industrielle.

Sources et références

Service historique de la Défense, Ms 19 : Lomet des Foucaux A.-F., *Instruction pratique sur le baraquement des troupes en campagne*, an XII (1804).

Balzac H., *César Birotteau*, chez l'éditeur 3 rue du Coq Héron, Paris, 1838.

Barles S., *La pédosphère urbaine*, thèse de l'université Paris 8, 1993.

Barles S., Galinié H. & Guillaume A., « Evolution spatiale des sols urbains », in Barles S., Guillaume A. & Breysse D. (dir.), *Le sol urbain*, Anthropos, Paris, 1999, pp. 261-275.

Berthaud Colonel, *Les ingénieurs géographes militaires. Tome 2*, Imprimerie du Service Géographique, Paris, 1902.

Bret P., « Le moment révolutionnaire : du terrain à la commission topographique de 1802 », in *Les usages des cartes, XVII^e-XIX^e siècle : pour une approche pragmatique des productions cartographiques*, Presses universitaires de Strasbourg, Strasbourg, 2005, pp. 81-97.

Buache P., « Exposé d'un plan hydrographique de la Ville de Paris », in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1742.

Cabestan J.-F., *La conquête du plain-pied. L'immeuble parisien au XVIII^e siècle*, Picard, Paris, 2004.

Carbonnier Y., *Maisons parisiennes des Lumières*, PUPS, Paris, 2006.

Chantraine P., *Dictionnaire étymologique de la langue grecque, histoire des mots*, Klincksieck, Paris, 1977.

D'Alembert J., Diderot D., *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Pellet, Genève, 1778.

Daubrée A., *Les Eaux souterraines à l'époque actuelle*, Dunod, Paris, 1887.

Delesse A., *Carte hydrologique de la ville de Paris : 1858. Publiée d'après les ordres de M^r le baron G. E. Haussmann, préfet de la Seine et exécutée par M^r Delesse ; dessinée par Al. Babinski*, 1858.

Delesse A., Beaulieu & Yvert, *Rapport des experts soussignés nommés par arrêté du conseil de préfecture du département de la Seine en date du 21 janvier 1857 pour l'éclairer dans la contestation pendante entre la ville de Paris, l'administration du Canal Saint-Martin et soixante et un propriétaires des quartiers nord de Paris, représentés par Mr Delvincourt, avocat du Conseil d'Etat, au sujet de l'inondation souterraine dont ils ont été victimes pendant l'année 1856*, [s. n.], Paris, 1861.

Dickinson T. W., *L'Angleterre et les anglais*, [s. n.], Paris, 1817.

Diffre P., *Hydrogéologie de Paris et de sa banlieue*, thèse de l'Université de Paris, Faculté des sciences, 1969.

Diffre P., « Désordres dans les sous-sols des constructions récentes à Paris liés à la remontée des nappes peu profondes », in *Connaitre le sous-sol : un atout pour l'aménagement urbain*, BRGM, Orléans, 1979.

Du Carla, *Expression des nivellemens ou méthode nouvelle pour marquer rigoureusement sur les cartes terrestres et marines les hauteurs et les configurations du terrain*, Dupain-Triel, Paris, 1782.

Duffaut P., 'Past and future of the use of underground space in France and Europe', in *Underground space*, vol. 5, 1980, pp. 86-91.

Dupuy P., « Le sol et la croissance de Paris », in *Annales de Géographie*, vol. 9, n°46, 1900, pp. 340-358.

Egault P., *Mémoire sur les inondations de Paris*, Firmin Didot, Paris, 1814.

Faure A., « Comment se logeait le peuple parisien à la Belle Époque », in *XX^e siècle, revue d'histoire*, n° 64, oct.-déc. 1999, pp. 41-51.

Fernandez M., *Approche topographique historique du sous-sol parisien : 1800-2000. La ville épaisse : genèse et évolutions morphologiques*, thèse du Cnam, 2014.

Ferroussat de Castelbon E. H., *Réflexions sur la mauvaise qualité du plâtre et sur sa cause, et moyens pour parvenir à une meilleure fabrication*, [s. n.], Paris, 1776.

Frédet J., *Les maisons de Paris*, Editions de l'encyclopédie des nuisances, Paris, 2003.

Geneys, *Essai sur les moyens de conduire, d'élever et de distribuer les eaux*, Carilian-Goeury, Paris, 1829.

Girard P.-S. & Verniquet E., *Plan de nivellement général de la ville de Paris rapporté sur l'Atlas du plan général de la ville de Paris de Verniquet*, [s. n.], Paris, 1810.

Girard P.-S., « Mémoire sur le nivellement général de la France et les moyens de l'exécuter » in *Journal des Mines*, Paris, Nivôse an XIII (décembre 1804), n°100.

Girard P.-S., Parent-Duchâtelet A.-J.-B., *Des puits forés ou artésiens*, Renouard, Paris, 1833.

Guillerme A., *La naissance de l'industrie à Paris : 1770-1830. Entre sueurs et vapeurs*, Champ Vallon, Seyssel, 2007.

Hausmann G. E., *Mémoires*, Seuil, Paris, 2000 (éd. or. : 1893).

Inspection générale des carrières (IGC), *Atlas géologique de la Ville de Paris au 1/5000^e*, Mairie de Paris, Paris, 1993.

Laborie L.-G., Cadet le Vaux A.-A. & Parmentier P.-A., *Observations sur les fosses d'aisance et moyen de prévenir les inconvénients de leur vidange*, Pierres, Paris, 1778.

- Lachaise C., *Topographie Médicale de Paris*, Baillères, Paris, 1822.
- Lacroix S.-F., « Introduction à la géographie mathématique et critique », in Pinkerton J., *Géographie moderne*, Dentu, Paris, 1804.
- Lalande J., *Art du mégissier*, Guérin & Delatour, Paris, 1765.
- Legrand M., *La mise en ordre écologique des parcs urbains. Savoirs, pratiques et paysages*, thèse du Muséum d'histoire naturelle, 2015.
- Loyer F., *Paris XIX^e siècle. L'immeuble et la rue*, Hazan, Paris, 1987.
- Marcovics A., *L'immeuble de rapport post-haussmannien à Paris : la production exemplaire, ordinaire et commerciale d'Albert Sélonier (1858-1926), architecte*, thèse de l'université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, 2010.
- Mirlou L. *Transmission des formes et morphologie urbaine : l'exemple des réseaux de l'eau parisiens, vol. 3.*, mémoire de l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, 2011.
- Morizet A., *Du Vieux Paris au Paris Moderne, Haussmann et ses prédécesseurs*, Hachette, Paris, 1932.
- Noizet H., Bove B. & Costa L. (dir.), *Paris : de parcelles en pixels*, Presses Universitaires de Vincennes - Comité d'histoire de la Ville de Paris, Saint-Denis, Paris, 2013.
- Perfumo B., « Une maison du XIII^e siècle au n°11 de la rue du Renard (4^e arrondissement) », in *Bulletin monumental*, tome 167, n°1, 2009, pp. 64-69.
- Prony G.-C.-F., *Nouvelle architecture hydraulique*, Firmin Didot, Paris, 1790.
- Ramazzini B. & Fourcroy A.-F. (trad.), *Essai sur les maladies des artisans (De morbis artificum diatriba)*, Moutard, Paris, 1777 (éd. or. 1700).
- Savot L., *L'architecture française des bâtiments particuliers*, [s.n.], 1685 (éd. or. : 1624).
- Société du Grand Paris (SGP), *Réseau de transport du Grand Paris : schéma d'évacuation des déblais*, édition électronique, novembre 2012.
- Villain G., *Rapport au nom de la 2^e commission sur la mairie du X^e arrondissement*, Imprimerie Municipale, Paris, 1896.