

Extrait de la Revue trimestrielle 32<sup>e</sup> année,  
nouvelle série, N° 101, sept. 1988 – Editions  
de la Nuée Bleue, DNA, Strasbourg.

# DE SOURCES EN NAPPE

## UNE HISTOIRE DES EAUX SOUTERRAINES DE STRASBOURG \*

par Jean-Jacques Schwien, Jean Maire, Nathalie Schneider et Paul Ursat

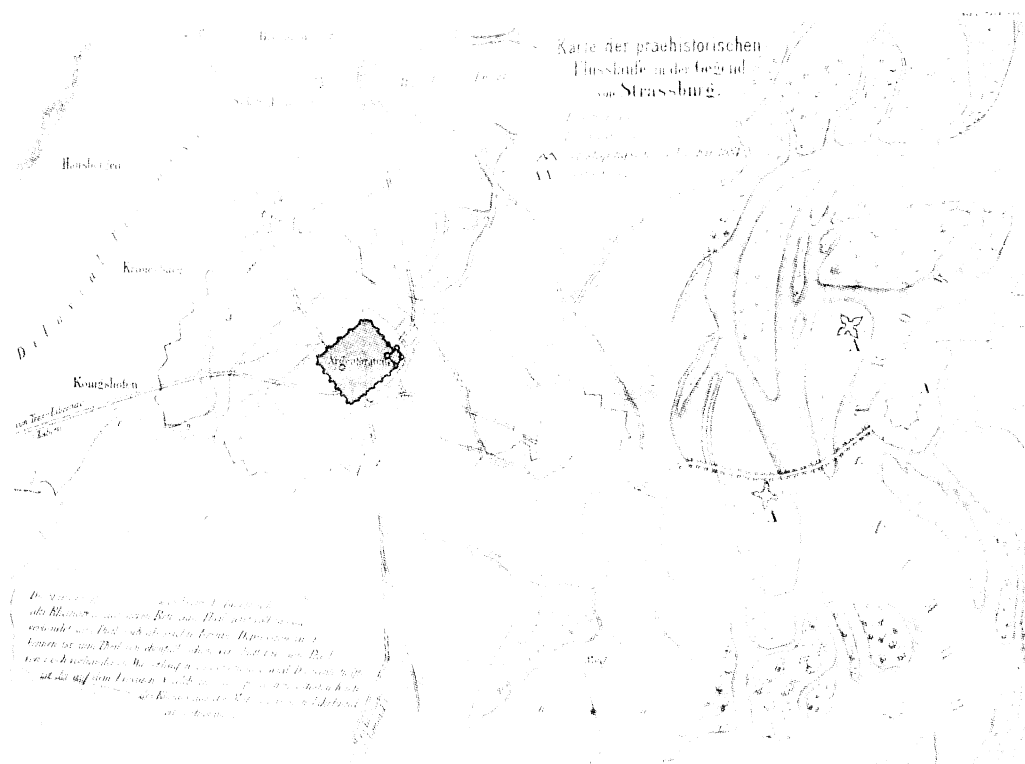


Vue de Strasbourg à partir de la Robertsau (par Benjamin Zix, 1772-1811).

«De l'avis du commun des hommes, il y aurait sous la cathédrale une immense voûte permettant de s'y déplacer en bateau; l'entrée se situait dans une cave en face de la cathédrale près de la pharmacie du Cerf... On y gardait jalousement un trou avec une porte; quand on l'ouvrait, il en sortait un fort vent qui éteignait aussi les lanternes de ceux qui voulaient y entrer... On raconte aussi que lorsque les eaux montaient, il en sortait des serpents, des orvets, des crapauds et autres vermines. Pour se débarrasser de cette calamité, on a fait murer la porte et remblayer avec des gravats...».

Cette légende d'un lac sous la cathédrale, recueillie par l'architecte Heckler en 1665, avait encore cours à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Stoeber, Sagen, II, 237 et 357). On serait tenté de la prendre comme point de départ – récent – d'une histoire de la nappe phréatique relatant le passage d'un lieu imaginaire – l'homme est aveugle sous terre : les lanternes s'éteignent – à son observation scientifique. Les recherches archéologiques conduisent pourtant à aborder autrement cette histoire. Avec la découverte de traces concrètes des contacts entre l'homme et les eaux souterraines tant au fond des puits et des latrines qu'à la base des constructions sur pilotis, naît une triple interrogation sur l'évolution des connaissances, de la qualité des eaux et du toit de la nappe.

\* Cet article n'aurait pu être écrit sans les informations communiquées par Yves Henigfeld pour le site de la Drira (Place du foin), Jean-Pierre Legendre pour la Cour des Bœufs et Marie-Dominique Waton pour Istra (rue des Juifs). Nous les en remercions très vivement. Nos remerciements vont aussi au SG-CETRAM de la Communauté Urbaine de Strasbourg qui nous a permis de faire état des recherches hydrogéologiques de l'APS du Métro de l'agglomération strasbourgeoise.



Carte préhistorique des cours d'eau de Strasbourg. (Topographie der Stadt Strassburg. Dr. Krieger 1889)

## I. De l'origine des eaux souterraines

On sait aujourd'hui que la nappe phréatique est une quantité d'eau contenue dans les alluvions graveleuses quaternaires du bassin d'effondrement rhénan. Ses caractères physiques particuliers – volume, alimentation, écoulement – n'ont été reconnus que progressivement. L'évolution des connaissances étant mal connue, il est plus simple de la présenter à rebours en partant des certitudes vers les hypothèses.

### a) Les réponses au XIX<sup>e</sup> siècle

En Alsace comme partout ailleurs en Europe, c'est aux travaux des géologues, des ingénieurs et des foreurs du XIX<sup>e</sup> siècle

que nous devons les premières informations sur le sous-sol. La nappe rhénane a été décrite dès 1852 par A. Daubrée (*Description*, p. 341 et s.). Elle est renfermée dans les interstices du dépôt de gravier et ses dimensions sont celles de ces alluvions : à la hauteur de Strasbourg, elle est large de plus de 20 km ; d'après le forage le plus profond, son épaisseur est supérieure à 10 mètres (200 m selon les données actuelles).

Alimentée par les eaux météoriques et les infiltrations latérales des rivières, elle est animée de deux mouvements, l'un horizontal, dans le sens d'écoulement de la rivière, l'autre vertical en raison des variations de niveau de la même. Daubrée présente les premières mesures de l'écoulement de la

nappe et de la porosité des alluvions, précise enfin qu'elle fournit l'eau des puits.

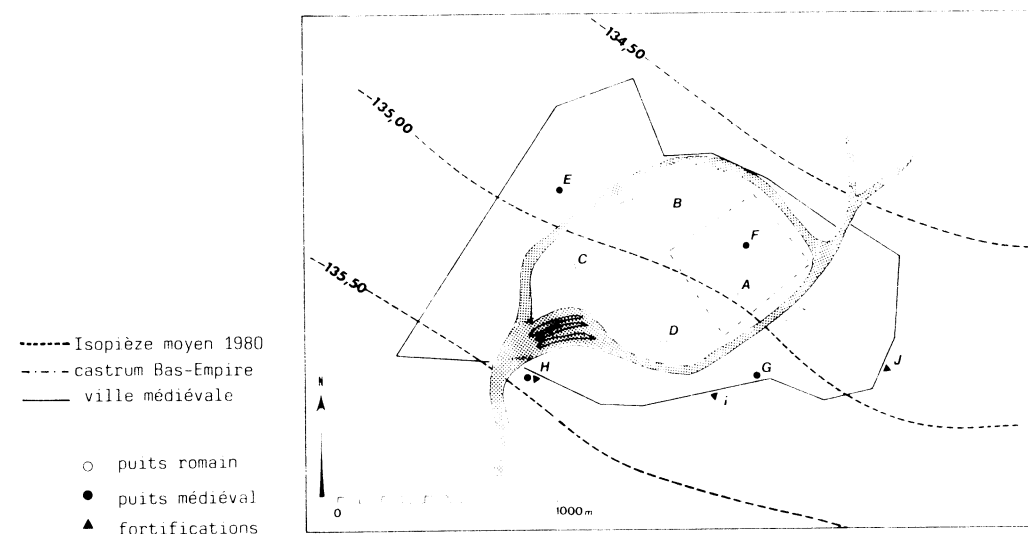
En comparant les ouvrages des hygiénistes avant et après Daubrée, on mesurera tout l'impact de ses travaux. L'objectif de ces médecins étant de dresser un état sanitaire de la population, les puits, principale source d'alimentation en eau, retenaient toute leur attention. Au début du siècle, la question de l'origine de l'eau ne semble pas posée. Graffenauer, en 1816 (*Topographie*, p. 17) décrit une ville dont « l'intérieur du sol est arrosé de sources : on en trouve partout dans les endroits où l'on creuse ». Rennes, en 1828, emploie les mêmes termes (*Topographie*, p. 70). Par contre, si Roger en 1857 (*Analyse*) parle d'une nappe aquifère comparable à un lac souterrain, Stoeber et Tourdes en 1864 (*Topographie*, p. 55 et s.) et Krieger en 1889 (*Topographie*, p. 104 et s.) témoignent d'une bonne connaissance théorique de la nappe phréatique. Ils s'en servent même judicieusement pour multiplier les études et mesures en vue d'une exploitation domestique et industrielle de l'eau : la quantité d'eau du réservoir et la vitesse de filtration (ou d'arrivée) au fond des puits les intéressent tant pour éteindre les incendies que pour les besoins des brasseries et des

manufactures. La qualité de l'eau importe davantage : partout de même composition à plus de 2 mètres de profondeur, elle diffère – mais toujours très chargée en matières organiques – d'un point à l'autre de la couche superficielle. La proximité des latrines et l'infiltration latérale des rivières passent pour les principaux agents de cette altération : l'Ill semble avoir une influence prépondérante et non pas le Rhin, dont les cures ne se répercutent pas au fond des puits du centre ville. Des altérations accidentelles sont aussi possibles : en 1848, les puits du Faubourg-de-Pierre sont infectés par le goudron de l'usine de gaz (actuelles Halles), ce qui est mis à profit pour observer le sens d'écoulement de la nappe.

### b) Les questions au XVII<sup>e</sup> siècle

L'intérêt porté aux eaux souterraines par les premiers géologues et leurs émules du XIX<sup>e</sup> siècle traduit un questionnement neuf mais n'a pas valeur de découverte : les puits romains et médiévaux montrent que leur présence était constatée depuis fort longtemps.

Fig. 1 - Localisation des sites mentionnés (les lettres renvoient aux figures 2-4).



Cet usage toutefois, n'induit en rien le degré de connaissance théorique. Peut-être considérerait-on ces eaux comme des sources : c'est en tout cas le terme employé par Graffenauer et Rennes à la suite de Renaudin dans sa description des puits de Strasbourg en 1766 (*Mémoire*, p. 227). La légende du lac de la cathédrale au contraire, fait référence à une étendue d'eau. L'étude des fondations de la cathédrale au 17<sup>e</sup> siècle, suggère la même chose.

Les circonstances de cette étude sont désormais bien connues (Will, *L'examen*) : pour des raisons uniquement scientifiques, visant à contrôler la tradition orale sur la nature des fondations de l'édifice – en particulier sur l'existence d'un pilotis en bois d'aune –, l'architecte Heckler effectua deux sondages en 1665 et 1666, l'un près de la façade, l'autre près de la croisée du chœur. Profonds de huit mètres, ils atteignirent tous deux la nappe phréatique et donnèrent lieu à un rapport circonstancié accompagné de dessins.

Le rapport contient plusieurs observations à propos de la nappe. Si le relevé stratigraphique de 1665 la désigne sous le vocable de sources (*Wasserquällen*), le récit de 1666 ne parle plus que d'eau (*das Wasser*). Cette eau se trouve dans le gravier naturel, lui-même situé sous le limon naturel. L'architecte précise que la hauteur d'eau mesurée est toute relative : entre 1665 et 1666, elle avait baissé de 6,5 pouces (0,156 m). Si elle varie en même temps que le niveau de la rivière, sa surface est par contre horizontale (*wagrecht*) comme cela se doit, entre le premier sondage et les puits de la cathédrale et de la cour épiscopale.

Sans le dire explicitement, Heckler suggère donc fortement l'idée d'une étendue puisqu'il a observé – peut-être seulement confirmé, d'après l'expression « comme cela se doit » – une eau au même niveau en divers points. Son terme de source n'est pas incompatible avec cette idée. Daubrée lui-même explique que les sources proviennent de réservoirs souterrains, que pour la plaine alluviale on parle de puits et cite le cas de « la source d'Avenheim dite puits intarissable »

(*Description*, pp. 324, 341, 375). Quoiqu'il en soit, l'architecte en 1666, tout en parlant de sources, observe des points d'eau qu'il sait être en interrelation.

### c) L'idée d'étendue

La question principale devient celle de l'émergence de l'idée d'étendue. On peut avancer à titre d'hypothèse, qu'elle nécessite au minimum un grand nombre de points d'observation, c'est-à-dire d'excavations faites jusqu'à l'eau : la multiplication des points d'eau, proches les uns des autres, dans une ville comme Strasbourg, a vraisemblablement conduit un jour à considérer leur interdépendance.

Les 13 puits romains fouillés à ce jour ne fournissent pas d'éléments suffisants. Un seuil critique par contre, pourrait se situer au début de la Renaissance : le nombre de puits publics est en progression de 23 à 129 entre le XIII<sup>e</sup> et le XV<sup>e</sup> siècle ; il se stabilise entre 1 500 et 1 700 avec 8 nouveaux puits seulement (Bresch, *Histoire*, 36-63). Pour les fondations sur pilotis, nous ne disposons pas de ces estimations, à l'exception des fortifications : même sans considérer l'ellipse insulaire, trop mal connue pour le Moyen Age, on a construit plus de 5 km de murs, tous ancrés dans le gravier aquifère par des pieux, pour englober les faubourgs entre 1 200 et 1 440. Ici, le seuil critique peut déjà se situer au début du XIII<sup>e</sup> siècle.

Ces ingénieurs et techniciens qui creusent les puits et élèvent les fortifications ne sont pas tous originaires de Strasbourg et peuvent y apporter des connaissances acquises ailleurs. Il s'agit toutefois de déterminer les conditions objectives et locales de la prise de conscience d'une étendue d'eau. Cette enquête reste encore à faire. On devine qu'elle sera difficile tant les sources – archivistiques et archéologiques cette fois – sont multiples.

Nous pouvons donc distinguer, pour le moment, trois périodes quant à la connaissance des eaux souterraines. Une première, qui débute dès l'Antiquité, se caractérise pour nous par un simple usage de l'eau des

puits. Sauf à faire appel à des auteurs qui, comme Vitruve au I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., avaient déjà admis la formation des sources par la pénétration dans le sol des eaux de pluie, pour notre région nous ne savons rien quant aux questions sur l'origine des eaux. Une seconde, au plus tard à partir de la seconde

moitié du XVII<sup>e</sup> siècle, est marquée par l'idée d'une étendue d'eau souterraine : tant la légende de la cathédrale que les observations de Heckler vont dans ce sens. La dernière enfin, depuis 1850 environ et qui est encore la nôtre, définit la nappe phréatique.

## II - De la qualité des eaux

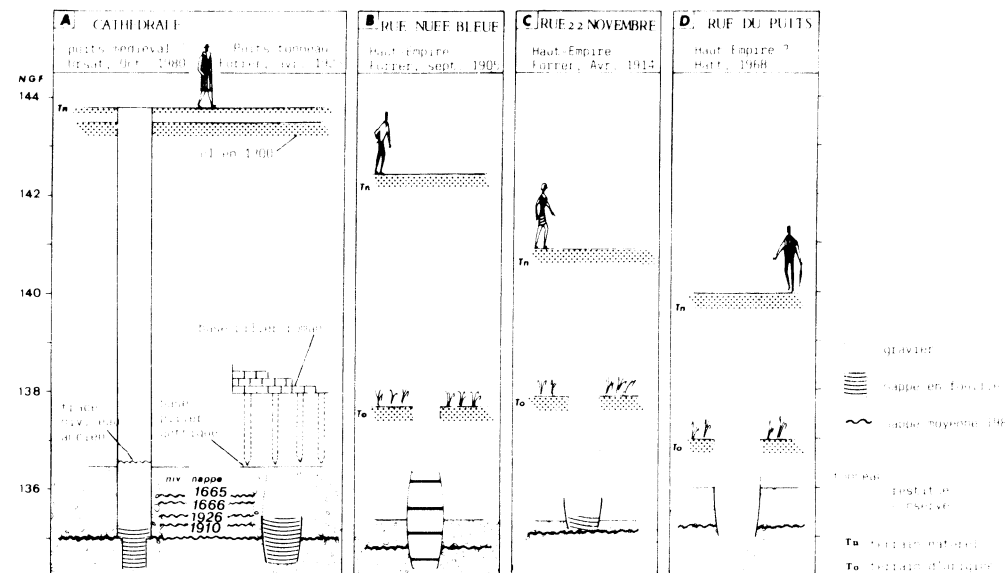
On sait aujourd'hui que la nappe est un milieu en équilibre fragile, menacé à tout moment par une pollution d'origine humaine.

Cette fragilité la caractérisait déjà au XIX<sup>e</sup> siècle, ainsi qu'on l'a vu, même s'il ne s'agissait alors que des deux premiers mètres dans lesquels on puisait l'eau. Toutes les analyses révélèrent des taux importants d'ammoniaque, de nitrate et d'azote. Les auteurs préconisèrent une meilleure étanchéification des latrines et un approfondissement des puits (Bresch, *Histoire*, 111-112).

Nos informations sont plus lacunaires pour les siècles précédents. Les mesures d'hygiène n'étaient pas inconnues. Dès le XV<sup>e</sup> siècle au moins, les responsables des puits publics avaient mission de veiller à leur propreté (Krieger, *Topographie*, 202). Au XVI<sup>e</sup> siècle, on signale le nettoyage d'un puits : les parois sont soigneusement grattées, le gravier vaseux du fond est remonté et lavé avant d'être remis en place (Bresch, *Histoire*, 109).

A en croire les seules sources écrites, ni les premiers médecins du XV<sup>e</sup> siècle (Legendre, *Contribution*, p. 343), ni les hygiénistes

Fig. 2 - Coupes schématiques des puits romains et du puits médiéval de la cathédrale.



du XVIII<sup>e</sup> siècle ne considèrent leur eau comme polluée. Renaudin en 1766, précise seulement que «les différentes sources (de Strasbourg) sont plus ou moins pures selon qu'elles se rencontrent dans les fonds graveleux, sablonneux, pierreux ou argileux; les meilleures eaux sont néanmoins plus dures, cuisent moins bien les légumes et dissolvent moins le savon que l'eau de la rivière» (*Mémoire*, p. 227).

Les observations archéologiques pourtant suggèrent tout le contraire: dès les XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles, comme encore au XIX<sup>e</sup> siècle,

les puits sont construits à proximité de latrines atteignant la nappe aquifère et donc menacés par un transfert latéral des matières organiques (Legendre, *Contribution*). Ici se pose avec acuité la question de la connaissance – de la méconnaissance? – de l'écoulement de la nappe. Cette pollution virtuelle, cependant, n'est encore qu'une hypothèse, trop de points restant obscurs. On ne peut toutefois s'empêcher de penser aux accusations portées contre les Juifs d'empoisonner les puits, en particulier au XIV<sup>e</sup> siècle.

### III - Du battement de la nappe

On sait aujourd'hui que la nappe est un volume en équilibre fragile, susceptible de varier tant en raison de la pluviosité que de l'action de l'homme sur le réseau hydrographique.

La variation la mieux connue, directement liée à celle des régimes pluvial et fluvial, est le mouvement saisonnier qui voit se succé-

der les hautes et les basses eaux. A Strasbourg, son battement est de l'ordre du mètre.

Les mouvements de longue durée sont plus difficiles à saisir parce qu'ils nécessitent un grand nombre de mesures qui n'existent que pour le XX<sup>e</sup> siècle. On peut malgré tout en considérer deux.

### a) L'action de l'homme

En modifiant le régime des cours d'eau, l'homme peut provoquer une hausse ou une baisse, temporaire ou définitive du niveau moyen de la nappe.

L'exemple le plus ancien est celui de la rectification du Rhin au XIX<sup>e</sup> siècle: avec la réduction du cours, la vitesse de l'eau s'est accrue, entraînant un surcreusement du lit en aval de Bâle et un remblaiement à la hauteur de Strasbourg (Duprat, *La nappe*, 57). Partout observée, on n'a pas toujours bien mesuré la baisse correspondante de la nappe phréatique. A Ottmarsheim, le plan d'eau du Rhin a baissé de 2,87 m et la nappe de 3 m entre 1907 et 1938 (Gendrin, *Etude*, 28-29). A Strasbourg, le niveau du Rhin a baissé de 0,60 m entre 1842 et 1862 (Stoerber, *Topographie*, 79) obligeant les riverains immédiats (de la Krutenau) à approfondir leurs puits (Krieger, *Topographie*, 115). Certains aménagements du XX<sup>e</sup> siècle – le Grand Canal d'Alsace – ont parfois amplifié le phénomène; d'autres par contre – les contre-canaux de drainage à St-Louis et en

aval de Strasbourg – l'ont inversé en rehaussant le niveau moyen (Duprat, *La nappe*, 57-59).

Ces aménagements d'ailleurs, n'ont pas toujours un effet sur le volume global de la nappe: en régulant le régime des crues des cours d'eau, c'est seulement l'amplitude du battement saisonnier que l'on modifie.

Le niveau actuel de la nappe est donc le résultat d'une histoire récente, mais complexe dont il est difficile de toujours démêler l'écheveau, en particulier pour le comparer à un niveau «naturel».

### b) Les variations séculaires

En l'absence de mesures antérieures à 1850, on suppose seulement leur existence en rapport avec l'évolution climatique. A Strasbourg, nous pouvons l'évaluer grâce aux observations archéologiques.

### Les puits

Par définition, creusés jusqu'à l'eau, leur

Fig. 3 - Coupes schématiques des puits médiévaux et d'un puits du XVIII<sup>e</sup> siècle.

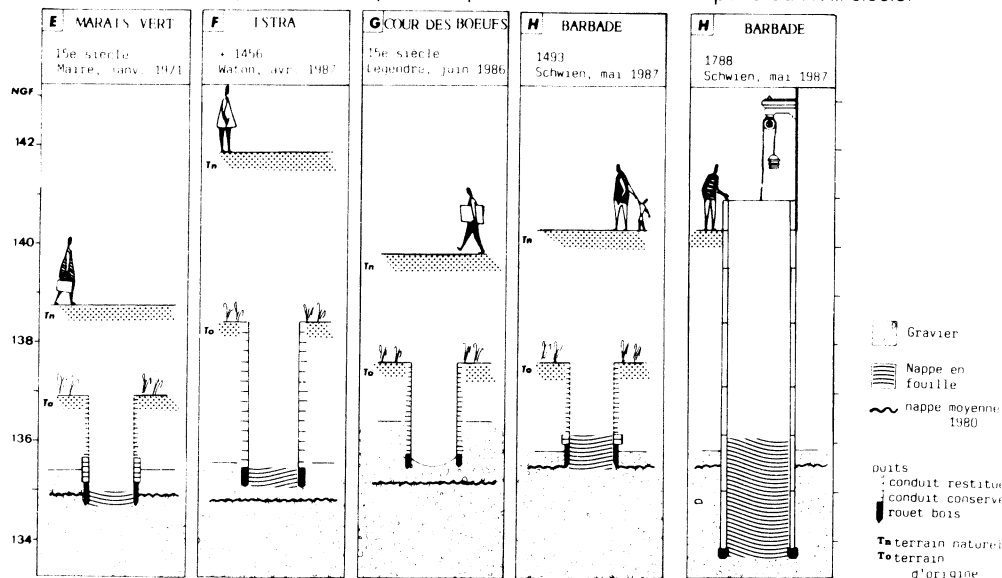
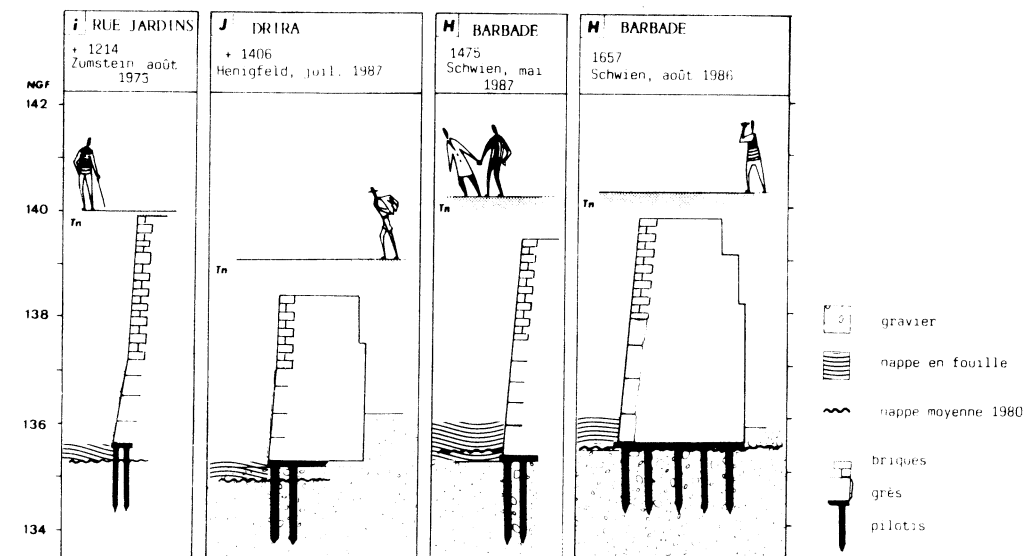


Fig. 4 - Coupes schématiques des fortifications médiévales et modernes.



base fournit une valeur minimale du toit de la nappe au moment de leur aménagement.

Nous avons retenu quatre puits romains, dont deux aux moins datent du Haut-Empire, assez éloignés les uns des autres pour disposer de contextes différents. Tous se présentent sous la forme de tonneaux en bois, sans fond, hauts de 1,80 à 2,00 m, avec un diamètre de 0,70 à 0,90 m et une contenance de 800 à 1 200 litres d'eau.

Quatre puits médiévaux ont été choisis selon les mêmes critères. Datés du XV<sup>e</sup> siècle, dont deux par dendrochronologie, ils sont généralement en briques appareillées très régulièrement à sec – pour faciliter les infiltrations latérales – et reposant sur un rouet en bois plus ou moins élaboré. De plan circulaire, leur diamètre oscille autour de 0,90 à 1,00 m.

### La méthode

L'objectif étant, rappelons-le, de mesurer les variations du toit de la nappe sur la longue durée, seuls les éléments utiles de chacun des puits ont été comparés. L'échelle stratigraphique est donnée par le terrain naturel actuel, le terrain d'origine du puits (toujours supposé pour l'Antiquité, parfois connu pour le Moyen Age), le toit des graviers. Ce dernier niveau indique en même temps la limite supérieure du substrat saturé d'eau. Les puits sont représentés schématiquement ; on a tout de même distingué la nature des matériaux (bois, briques...), les parties conservées et restituées : le niveau de conservation du bois est révélateur du toit de la nappe à un moment donné. Enfin, les niveaux d'eau éventuellement observés lors de la fouille et ceux de la nappe actuelle constituent les références nécessaires à toute comparaison dans le temps.

La confrontation de ces diverses informations n'est pas toujours aisée, pour deux raisons au moins. La première tient à la nature de la recherche archéologique qui s'effectue souvent dans des conditions de sauvetage urgent et surtout, qui détruit en même temps qu'elle observe. Or dans notre cas, il importe que ces mesures soient exactes et fiables, puisque nous voulons raisonner en termes de niveaux absolus d'un site à l'autre.

La seconde tient à la nature de la nappe phréatique. Son plan étant en pente dans le sens nord-sud, sous l'avenue des Vosges, il se situe un mètre plus bas qu'en amont du barrage Vauban. Du fait d'un battement saisonnier de l'ordre de un mètre, il faut choisir une valeur moyenne. Le modèle mathématique établi en 1980 à partir de mesures effectuées sur plus de dix ans propose une, mais atténuée, élimine même les cas particuliers (CUS, *Hydrologie*). Elle est aussi plus proche des basses eaux que des hautes eaux.

### Les observations

Ces réserves étant émises, nous constatons qu'à l'époque romaine, les tonneaux étaient plus ou moins profondément enfoncés dans le gravier aquifère, parfois complètement, parfois uniquement à l'usure du temps, les uns étant parfaitement conservés, les autres seulement à moitié ou au tiers. Pour la cathédrale, cette conservation correspond au niveau de l'eau au moment de la fouille ; ce n'est pas le cas ailleurs.

Tous se situent par contre dans une position équivalente par rapport au toit moyen actuel qui baigne leur quart inférieur : ils ont donc été enfoncés à la même profondeur relativement à cette nappe. Le niveau romain ne nous est pas indiqué pour autant : on peut estimer le manque à gagner inférieur à 1,50 m, correspondant au niveau supérieur des tonneaux. R. Forrer avait déjà placé ce niveau romain à la cote 135,50 - 136 m, soit une hauteur d'eau utile de 1,00 m dans la moitié inférieure du tonneau.

Accessoirement, on peut remarquer que ce niveau était fort proche – inférieur parfois à 2 m – des niveaux d'habitation romains. Or, de par ce que l'on sait des échanges nappes-rivière, tout porte à penser que les cours d'eau, dont l'Ill, se situaient dans la même fourchette altimétrique. Nous disposons ainsi d'un moyen de mesurer les agents naturels à l'origine du « marécage » du site primitif, plusieurs fois observé par les fouilles.

Tableau 1 - Les principales mesures (altitudes, dates) des puits étudiés

Puits	Antiquité				Moyen Age				Date
	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	
Niveau actuel	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau romain	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau médiéval	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la base	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la nappe	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50	135,50
Niveau de la fouille	135,50	135,50	135,50	135					

Tableau 2 - Les principales mesures (altitudes, dates) des fortifications étudiées.

FORTIFICATION				
	Rue des Jardins	DRIRA	BARBADE	BARBADE
Cotation NGF				
Terrain naturel actuel (In)	140,00	139,10	140,36	140,40
Sommet pilotis	135,65	135,32	135,40	135,65
Toit du gravier	?	136,17	135,80 ?	135,90
Nappe en fouille	135,65	135,25	136,00	136,10
Nappe moyenne 1980	135,25	134,90	135,50	135,50
Date de construction	+ 1214	+ 1406	1475	1657
Date d'abandon	18e s. ?	17e s.	1657	1905
Date de fouille	août 1973	juillet 1987	mai 1987	août 1986
Bibliographie	Zumstein 1987	./.	./.	./.

même contexte. Le tonneau romain de la cathédrale se situe à quelques pas d'un puits sans doute médiéval, observé par Hecckler en 1666 et fermé par une dalle en 1766 (Ursat, *Légendes*). Leur base se trouve au même niveau et la hauteur d'eau observée en 1923 et 1980 a légèrement baissé de l'un à l'autre. Le puits médiéval a même conservé la trace dans la pierre d'un niveau ancien à 136,58 NGF, correspondant à un peu plus de 2 m d'eau, l'équivalent de la capacité du tonneau romain. Cet exemple semble gommer l'hypothèse précédente d'une légère hausse. Il est vrai que l'âge du second puits est problématique.

Le puits du XV<sup>e</sup> siècle de la Caserne Barbade se situe de même à côté d'un autre de 1788 dont nous possédons et le devis de construction et le relevé archéologique. Le

plus ancien est posé sur le toit du gravier (et ici de la nappe). Le second est plus bas de 2 m alors que le devis imposait seulement une hauteur d'eau de 0,87 m. Plutôt qu'une baisse de la nappe entre 1493 et le XVIII<sup>e</sup> siècle – elle aurait été de l'ordre de 1 m –, il faut envisager une initiative de l'ingénieur qui, en approfondissant le puits, a sans doute voulu atteindre une eau de meilleure qualité, selon une pratique qui se répandait déjà (Bresch, *Histoire*, 114). Si telle était son intention, il n'y est cependant pas parvenu: en 1858, les riverains jugeaient que son eau avait «une odeur insupportable»; Roger, qui analyse ce puits, pense qu'il pouvait recevoir par infiltration les eaux presque stagnantes du rempart tout proche (Roger, *Analyse*, 16). Avec cette initiative, le puits du XVIII<sup>e</sup> siècle perd aussi son rôle de témoin du toit de la nappe.

Nous disposons de toute façon d'informations assez nombreuses pour évaluer l'évolution de ce toit: son niveau est sinon resté identique du moins n'a connu qu'une légère hausse entre le Haut-Empire et le XV<sup>e</sup> siècle. Avec une hauteur d'eau au fond des puits d'1 m environ, on peut le placer selon les lieux entre 135,50 et 136,50 m NGF. Une baisse de l'ordre de 1 m serait alors intervenue depuis la fin du XV<sup>e</sup> siècle.

### Les fondations sur pilotis

Nous examinerons uniquement celles des remparts de la ville entre 1200 et 1650 avec les mêmes méthodes que précédemment. Les murs des enceintes médiévales sont construits en briques avec un parement extérieur à la base, en grès. L'ensemble repose sur des planches placées horizontalement sur des pieux en chêne.

Dans tous les cas, ce pilotis est enfoncé de 1,50 m environ dans le gravier aquifère et nous est parvenu en parfait état de conservation. Lors des fouilles, le niveau de la nappe a toujours été observé à la limite supérieure des pilotis. Peut-être ne s'agit-il que d'une coïncidence, mais cette adéquation quasi-générale entre le toit de l'eau et le sommet du bois est troublante et permettrait de considérer une permanence du niveau entre le Moyen Age et nos jours. Dans deux cas seulement, le toit moyen se situe sous le premier tiers du pilotis.

Si au contraire, on envisageait un mètre d'eau supplémentaire, comme pour les puits, il faudrait alors considérer les fossés (sud) de la ville alimentés en grande partie par la nappe mais aussi les difficultés techniques de la construction: impossibles à détourner comme les rivières, ces importants volumes d'eau auraient seulement pu être pompés à l'abri d'un système de caissons ou de palplanches. Concevable à partir de la Renaissance, les informations à ce sujet manquent encore pour le Moyen Age. Une autre solution aurait consisté à édifier les fondations en période de basses eaux.

### La baisse de la nappe

Tous les auteurs consultés s'accordent sur une baisse récente de la nappe. Malgré l'exemple équivoque des pilotis, les recherches archéologiques la confirment. Il reste encore à déterminer son ampleur et son point d'origine, du moins pour Strasbourg.

Le site de la cathédrale nous fournit à nouveau le plus de renseignements: les niveaux relevés en 1910-1926 (Will, *L'examen*, p. 47) se situent à environ 0,40 m en dessous de celui de 1665. Le toit moyen actuel étant encore 0,50 m plus bas, le total de la baisse peut être estimé à 0,90 m; par rapport au niveau réel du mois d'octobre 1980 (Ursat, *Légendes*) elle n'est cependant que de 0,60 m. Ces chiffres, de toute façon, n'ont qu'une valeur indicative, les hauteurs d'eau étant à chaque fois mesurées depuis le sol de la cathédrale: ce sol a pu être surélevé depuis le XVII<sup>e</sup> siècle et n'est pas d'une horizontalité parfaite. Ainsi, le niveau d'origine moyen choisi pour cette comparaison n'est pas sans incidence sur la profondeur de l'eau.

Par contre, ces chiffres sont assez précis pour répondre négativement à la question souvent posée du pourrissement des pieux de fondation, consécutif à une baisse de la nappe. Les pieux de la cathédrale romaine ont été enfoncés dans un terrain sec (cote de base: 136,50 NGF) et n'étaient atteints que par les hautes eaux: le processus de pourrissement a donc dû commencer dès leur mise en place. Les fondations gothiques, elles, reposent seulement sur le gravier.

La rectification du cours du Rhin, à partir de 1842, passe généralement pour être le point d'origine de cette baisse. De fait, c'est aussi sur les sites archéologiques de l'est de la ville (Cour des Bœufs, rue des Jardins, DRIRA) que l'écart entre les structures en bois et le toit moyen actuel est le plus important. Mais la même chose se remarque pour le site d'Istra pourtant au centre de l'ellipse insulaire.

De plus, les quelques chiffres connus pour le XIX<sup>e</sup> siècle invitent à réfléchir: en 1862, l'eau des puits du centre ville se situait

encore à la cote 136, le niveau du Rhin ayant déjà baissé de 0,60 m (Stœber, *Topographie*, 77). Le même niveau, calculé sur les six premiers mois, est observé pour le puits de l'hôpital en 1870 (Krieger, *Topographie*, 107) alors que le toit moyen est aujourd'hui à 135,25 m.

À Strasbourg, la baisse générale pourrait être plus tardive qu'on ne l'a cru et ne saurait être uniquement imputée au Rhin. C'est l'III qui y exerce le rôle le plus important ce qui doit faire considérer ses propres aménagements comme le canal de décharge qui, à partir de 1894, a modifié son régime (des crues) en aval d'Erstein.

Il n'y a guère plus de 20 ans que l'on enregistre régulièrement les niveaux de la nappe pour l'ensemble de l'Alsace: la prudence est donc de mise pour toute évaluation de l'évo-

lution du toit de la nappe sur la longue durée. Si, d'après les relevés archéologiques, on constate des niveaux sensiblement identiques pour l'Antiquité et le XV<sup>e</sup> siècle, on ne sait rien d'éventuels mouvements intermédiaires. Il est vrai qu'on observe encore les mêmes niveaux au XIX<sup>e</sup> siècle. Cette stabilité reste malgré tout hypothétique: trop de valeurs de référence sont approximatives et en premier lieu la hauteur d'eau tolérée dans les puits. Même son histoire récente conserve de nombreux points obscurs, les mesures ayant longtemps été lacunaires et hétérogènes. Pour Strasbourg, on peut envisager une baisse de l'ordre de 0,50 à 1,00 mètre, sinon depuis 1850 du moins au XX<sup>e</sup> siècle, sans pour autant différencier les causes possibles. C'est l'homme toutefois qui en a été l'agent principal, rompant ainsi un équilibre au moins bimillénaire.

*De l'histoire des eaux souterraines de Strasbourg qu'on a tenté d'esquisser, on retiendra finalement trois choses principales.*

*Le terme d'histoire convient mal pour la nappe phréatique puisqu'à l'échelle géologique, ses deux mille années connues sont à peine une goutte d'eau. Il convient tout aussi peu pour définir l'état de nos recherches: les quelques observations qui ont été faites relèvent plus d'hypothèses de travail que de résultats définitifs.*

*Il convient tout à fait, par contre, si l'on considère l'évolution des rapports entre l'homme et l'eau. La nappe phréatique, au sens étymologique, est une étendue d'eau atteinte et exploitée par les puits (Simler, La nappe) et son histoire débute avec les puisatiers.*

*Découverte dès l'Antiquité au moins, elle était alors fort proche de la surface du centre ville actuel de Strasbourg, avec les incidences sur la flore et la faune que l'on devine. Du Moyen Age au XVIII<sup>e</sup> siècle, on prend progressivement conscience de son étendue tout en rompant déjà – superficiellement et localement – son équilibre biologique, sans encore en perturber le volume global.*

*Les deux derniers siècles sont marqués par une évolution aussi rapide que radicale tant dans nos connaissances géologiques et écologiques que de notre capacité à exploiter et à modifier son volume et ses qualités. Dès lors, son histoire prend la dimension du réservoir tout entier.*

## Bibliographie

Bresch (R.), *Histoire de l'alimentation en eau de la ville de Strasbourg*, Strasbourg, 1931.

CUS (Communauté Urbaine de Strasbourg), *Mémoire de l'agglomération strasbourgeoise APS*, vol 19 Hydrologie, oct 1986.

Daubree (M. A.), *Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin*, Strasbourg, 1852.

Duprat (A.), Simler (L.), Valentin (J.), *La nappe phréatique de la plaine du Rhin en Alsace*, Paris, CNRS - Sciences géologiques vol 60, 1979.

Forrer (R.), *Strasbourg Argentorate*, Strasbourg, 1927, II, 406-415.

Gendrin (P.), Millot (G.), Simler (L.), *Etude de la nappe phréatique de la plaine du Haut-Rhin*, Mémoire du SGAL n° 15, Strasbourg, 1957.

Graffenauer (J.-P.), *Topographie physique et médicale de la ville de Strasbourg*, Strasbourg, 1816.

Hatt (J. J.), *Découvertes archéologiques à Strasbourg rue du Puits*, CAAH, 1970, 91-100.

Krieger (G.), *Topographie der Stadt Strassburg nach ärztlich, hygienischen Gesichtspunkten bearbeitet*, Strasbourg, 1889.

Legendre (J.-P.), Maire (J.), Rieb (J.-P.), *Contribution à l'étude de l'état sanitaire de la population strasbourgeoise à la fin du Moyen Age*, Archéologie et Médecine, VII<sup>e</sup> rencontres internationales d'archéologie et d'histoire, Antibes, 1986, pp 341-347.

Legendre (J.-P.), Maire (J.), *Strasbourg, les fouilles du quartier médiéval de la Cour des Bœufs*, BSIM, 3-1987, 83-86.

Levy (L.), *Analyses des eaux de Strasbourg*, Strasbourg, 1858.

Lormier (M.), *Distribution d'eau. Mémoire sur les études faites pour la distribution d'eaux potables et arrosables*, Strasbourg, 1859.

Maire (J.), Rieb (J.-P.), *Un puits du XV<sup>e</sup> siècle dans le Marais Vert à Strasbourg*, CAAH, 1972, 165-180.

Pallares Ochoa (J. F.), *Modélisation des échanges nappe rivière en période de crue - application à la région de Strasbourg*, Strasbourg, Th. III, cycle ULP, 1984.

Renaudin, *Mémoire sur le sol, les eaux et l'air de la ville de Strasbourg*, in Hautsierck, Recueil de médecine militaire Topographie médicale de Strasbourg et de l'Alsace, Strasbourg, 1766-1772.

Rennes (M.), *Topographie médicale de la ville de Strasbourg*, Strasbourg, 1828.

Roger (M.), *Analyse des eaux de quelques puits de Strasbourg et de la rivière de l'III*, Mémoire du Muséum de la Société des Sciences Naturelles de Strasbourg V, 1858.

Simler (L.), Vancon (J.-P.), *La nappe phréatique*, Encyclopédie d'Alsace, vol 9, 1985.

Stoeber (V.), Tourdes (G.), *Topographie et histoire médicale de Strasbourg*, Paris, 1864.

Stoeber (A.), *Die Sagen des Elsasses*, Strasbourg, 1892-96.

Ursat (P.), *Auscultation des fondations de la cathédrale de Strasbourg. Campagne de sondages de 1982*, Strasbourg, CETE de l'Est, Laboratoire régional des Ponts (dactylographié), 1982.

Ursat (P.), *Légendes et réalités sur les fondations de la cathédrale de Strasbourg*, BSACS, 1988 (à paraître).

Will (R.), *L'examen des fondations de la cathédrale de Strasbourg pendant l'hiver 1665-1666*, BSACS, 1960, pp 45-53.

Zimmermann (E.), *Mise en évidence des relations nappe-ouvrages en souterrain dans l'agglomération strasbourgeoise*, Mémoire de maîtrise, Strasbourg, ULP (Géographie), 1987.

Zumstein (H.), *Découvertes romaines dans la rue du Noyer à Strasbourg*, CAAH, 1962, 61-69.

Zumstein (H.), *Observations archéologiques faites en 1973 sur un tronçon de l'enceinte sud de Strasbourg datant du XIII<sup>e</sup> siècle*, CAAH, 1987, 139-141.