
L'hydraulique dans l'antiquité

Hydraulics in historical times

J. Bonin

Ingénieur en chef à Electricité de France

Introduction

L'homme a toujours eu besoin de l'eau : pour son alimentation, puis pour celle de son bétail ; pour son agriculture, puis pour ses déplacements ; il l'a également utilisée pour se défendre contre ses ennemis, mais aussi pour les attaquer.

Il est donc intéressant de regarder les réalisations qu'il a pu, à des époques fort reculées, accomplir dans les domaines variés qui touchent à l'hydraulique ; c'est en outre l'occasion de voir comment il a pu comprendre le comportement de l'eau, soit d'un point de vue scientifique, soit sous forme de croyances superstitieuses ou religieuses, et comment il en a réglementé l'usage.

C'est le sujet d'un livre en cours de publication (*), qui a été volontairement limité à la période antérieure à notre ère, déjà abondamment riche en événements relatifs au sujet ; les paragraphes qui suivent résument les aspects essentiels de cet ouvrage. Par mesure de simplification, les dates citées s'entendent toutes, sauf mention contraire, avant notre ère.

Hydraulique agricole

Depuis des temps fort anciens, les peuples habitant des pays insuffisamment arrosés par les pluies ont eu besoin d'irriguer leurs cultures pour en améliorer le rendement.

A Jéricho, par exemple, de nombreux travaux ont été effectués dans ce but dès - 8 000 ; et vers 6 000 avant J.C. fut construit un canal d'irrigation long d'une quinzaine de kilomètres.

A Çatal Hüyük, les archéologues ont trouvé des vestiges de travaux d'irrigation que l'on a pu dater du 7^e millénaire. En Egypte, de tels travaux ne sont pas antérieurs au milieu du 6^e millénaire, mais, depuis - 3 000 environ, on a commencé à construire de grands bassins de rétention, dont la surface était de l'ordre d'une trentaine de kilomètres carrés, utilisés pour mettre en réserve l'eau des crues du Nil, employée ensuite pour l'irrigation. Beaucoup plus vaste, le lac Moeris servit aux mêmes fins.

En Mésopotamie, l'art de creuser des canaux d'irrigation était déjà très développé en - 3 000. Le Code d'Hammourabi et l'Almanach du Fermier, du XVIII^e siècle, donnent des lois et des conseils pour l'exécution et l'entretien de ces ouvrages. Plus tard, en - 690, le roi Sennachérib fit irriguer les vergers de Ninive, sa capitale, par un canal long de 50 kilomètres.

En Chine, dès avant notre ère, d'immenses travaux d'irrigation ont été réalisés, comme par exemple les canaux de Cheng Kuo et de Kuanhsien. Dans le même temps, à Ceylan, les méthodes d'irrigation et la construction des systèmes permettant de les mettre en œuvre étaient très élaborées.

En ce qui concerne le drainage des terres, c'est-à-dire l'élimination de l'eau en excès, il était pratiqué dès - 2 750 dans la vallée de l'Indus, en - 1 300 à Nippur, et au milieu du premier millénaire en Etrurie. Enfin, les Chinois et les Etrusques furent les premiers à réaliser des polders.

Hydraulique urbaine

Depuis que les civilisations anciennes ont commencé à s'urbaniser, c'est-à-dire à se regrouper en cités de plus en plus importantes, il est devenu nécessaire d'amener à ces agglomérations l'eau dont elles avaient besoin,

* J. Bonnin : L'eau dans l'antiquité : l'hydraulique avant notre ère. Préface de M. Daumas. Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France. Eyrolles, à paraître en 1983.

puis d'éliminer les eaux usées, et souvent les eaux de pluie. On commença dans bien des cas par collecter l'eau qui coulait des toits lors des pluies, puis on a capté celle des sources et des rivières, pour la conduire vers des citernes ou des réservoirs. Beaucoup de ces réservoirs existaient dès le 2^e millénaire avant notre ère, en Egypte, en Palestine, en Phrygie, au Yémen, en Grèce (comme sur l'acropole de Mycènes); et quelques siècles plus tard furent construits des réservoirs destinés à la purification de l'eau par décantation.

Au X^e siècle, à Jérusalem, Salomon fit réaliser un aqueduc dont les passages en siphon comportaient des tuyaux en pierre; et, en - 702, Ezéchias fit forer un tunnel d'adduction d'environ 550 mètres de long, reliant la source de Gihon au réservoir de Siloé. En Crète, au début du 2^e millénaire, plusieurs dizaines de villes disposaient de systèmes d'adduction d'eau.

Au VII^e siècle, l'ingénieur grec Eupalinos creusa un tunnel de quelque 1 200 mètres de long, pour amener l'eau à Samos; et, à Pergame, en Asie Mineure, l'acropole fut alimentée en eau, il y a quelque 22 siècles, par une conduite supportant une pression voisine de 20 bars.

Les plus magnifiques ouvrages d'adduction d'eau furent construits dans l'empire romain. Dès avant le début de notre ère, six grands aqueducs amenaient chaque jour, à la capitale, un demi-million de mètres cubes d'eau; leur hauteur atteignait en beaucoup d'endroits de 10 à 20 mètres. Le plus bel exemple de ces aqueducs est, en France, le Pont du Gard, construit en -32 par Agrippa, avec une hauteur de 48,77 m et une longueur de 275 mètres. Dans les villes romaines, l'eau était amenée jusqu'à de nombreuses fontaines, thermes ou bains publics, et beaucoup de maisons privées (aux propriétaires favorisés), en utilisant un excellent système de réservoirs et de tuyaux en plomb normalisés. On y utilisait l'eau également pour laver les rues et les latrines.

Pour évacuer les eaux usées, des égouts ont été construits dès le début du 2^e millénaire, comme à Mohendjo Daro (Indus), à Santorin (Grèce), à Mari (Mésopotamie). Au premier millénaire, des canaux d'évacuation étaient fréquents chez les Grecs et les Etrusques; on doit à ces derniers le premier grand égout de Rome, la *cloaca maxima*.

Hydraulique fluviale : correction des rivières

En Mésopotamie, dès le 6^e ou le 5^e millénaires, les habitants édifiaient déjà des digues pour se protéger des inondations. De nombreux travaux de ce genre ont été exécutés en Chine par le grand ingénieur Yü, vers -2280. Au XIX^e siècle avant notre ère, Iadun Lim a protégé son peuple contre les crues de l'Euphrate, et, dans le même temps, les Egyptiens utilisaient le lac Moeris pour régulariser celles du Nil. Quelques siècles plus tard, les Etrusques réalisaient l'émissaire du lac d'Albano — lac de cratère d'un ancien volcan voisin de Rome — en forant un tunnel long de 2234 mètres.

Hydraulique souterraine

L'homme a pu constater depuis très longtemps la présence d'eau souterraine, et la nécessité l'a poussé à la capter. Nous ne saurons probablement jamais où ni quand fut foré le premier puits; mais on trouve un signe figurant et signifiant un puits dans l'écriture hiéroglyphique mésopotamienne du 4^e millénaire (antérieure à l'écriture cunéiforme). Au XXIII^e siècle, des poèmes chinois mentionnent comme courante l'existence d'un puits. Vers - 1900 probablement fut foré au Caire le puits Joseph, profond d'une centaine de mètres, et quelque trois siècles plus tard fut construit en Crète le puits monumental du palais de Cnossos.

Vers - 1 200, en Orient, fut mis au point un excellent système de captage de l'eau souterraine, le qanat. C'est un tunnel à pente faible, inférieure à celle du relief, qui pénètre ainsi dans la nappe phréatique et laisse couler vers la surface du sol l'eau qu'il y a captée. On sait qu'en - 740 le roi Sargon II détruisit tout le système de qanats qui alimentait la ville de Ulhu en Arménie.

Voies navigables

A l'époque où les voies terrestres étaient peu développées — et peu sûres —, le transport par voie d'eau a été très pratiqué. Aussi, les régions continentales, ne pouvant bénéficier du cabotage côtier, se sont-elles tournées vers la navigation intérieure, sur rivières et sur canaux. Ce fut le cas de la Mésopotamie, de l'Egypte, de la Chine; l'empire romain lui-même, il y a 20 siècles, utilisait en Italie plus de 4 500 kilomètres de rivières navigables. La construction de canaux s'est avérée nécessaire, moins pour raccourcir les trajets pour éviter les passages difficiles et pour relier deux bassins versants. Beaucoup de ces canaux étaient utilisés tant pour le transport que pour l'irrigation.

Au XIX^e siècle, le pharaon Sésostris III fit contourner les cataractes du Nil par un canal, rendant praticable la route fluviale d'Assouan à la Méditerranée, large par ailleurs de 500 à 900 mètres. Au IX^e siècle, la reine Sémiramis fit construire un canal reliant le Tigre à l'Euphrate; de plus, le long du Tigre, on a retrouvé les restes du canal Nahrawan, long de 400 kilomètres et large de 200 mètres, qui contournait Bagdad.

Mais c'est en Chine que l'on trouve les canaux antiques les plus remarquables: le "canal des oies sauvages", long de quelque 400 kilomètres, et le "canal magique", permettant de traverser le pays du nord au sud, sur 2 000 kilomètres environ, et toujours utilisé après 22 siècles. Beaucoup de ces canaux chinois ont certes contribué à enrichir la terre, mais ont servi également à collecter les impôts en nature payés par les paysans — justifiant doublement ainsi le nom de "corne d'abondance" porté par l'un d'eux.

D'autres canaux ont été percés pour relier deux mers, au besoin par l'intermédiaire d'un fleuve. Le premier en date est certainement l'ancêtre du canal de Suez, attribué à Sésostri III, au XIX^e siècle, et reconstruit par Ramses II au XV^e siècle ; il fut l'objet plus tard de grands travaux sous le pharaon Nechao, puis sous le perse Darius, en - 670. Certains pensent que ce canal a comporté des écluses à partir de - 280, permettant alors le passage des bateaux de la Méditerranée à la Mer Rouge et vice-versa, évitant ainsi les transbordements de cargaison, pour une durée de plus de dix siècles. Mentionnons aussi le canal du Mont Athos, dont le percement, destiné à faciliter l'invasion de la Grèce au V^e siècle, est décrit par Hérodote.

Barrages

Pour alimenter les irrigations, des barrages ont dû être utilisés depuis des temps extrêmement anciens ; il est probable qu'on en a construit de petits en Iran, en Inde, dès le 5^e ou le 4^e millénaire, mais ils n'ont pas laissé de trace. Le plus ancien barrage connu semble être celui construit à Jawa, en Jordanie, vers la fin du 4^e millénaire. En Egypte, un ouvrage remarquable fut le barrage de Kosheish, mur de 450 mètres de long, atteignant une quinzaine de mètres de hauteur, édifié au début du 3^e millénaire.

Quelques décennies plus tard, le barrage de 12 mètres de haut construit à Sadd-el-Kaffara, en Basse Egypte, fut détruit par déversement ; et, par la suite, les constructeurs se sont montrés extrêmement prudents : pendant les 15 siècles qui ont suivi, les Egyptiens n'ont pratiquement construit aucun barrage, et pendant 25 siècles aucun ouvrage n'a dépassé 8 mètres de hauteur.

Au cours du 2^e millénaire, les barrages se multiplient, dans l'Indus, en Mésopotamie, au proche Orient, en Grèce ; plusieurs sont encore en état. Pendant le premier millénaire, on édifie des barrages un peu partout, en Turquie, au Yémen, en Assyrie, en Perse, en Chine, en Inde, à Ceylan. Dans l'empire romain, les barrages sont utilisés pour l'alimentation de plus en plus exigeante des villes ; plusieurs d'entre eux, comme par exemple en Espagne, fonctionnent encore. Et c'est probablement sous Agrippa que fut construit en Provence, à Glanum, le premier barrage-voûte.

Les méthodes de construction des barrages antiques étaient parfois très élaborées. Beaucoup d'entre eux comportaient deux murs parallèles retenant un remplissage en terre ou en briques crues. Ce procédé a parfois été utilisé pour renforcer des barrages existants ; il a été perfectionné pour la construction du barrage de Cornalvo, en Espagne, constitué par des murs de briques verticaux entrecroisés, les mailles rectangulaires ainsi formées étant remplies de terre.

Vannes et robinets

Pour interrompre l'écoulement dans les petits canaux d'irrigation, on a utilisé depuis très longtemps des bottes d'herbe ou de paille ; puis on leur a substitué des panneaux de bois, glissant dans des rainures

dont les restes sont aujourd'hui des témoins indiscutables. Des vannes de plus grandes dimensions ont été construites pour fermer les écluses des canaux navigables ou des ports.

La fermeture du débit sur les tuyauteries dans les villes romaines a conduit à utiliser très tôt des robinets à boisseau. Leurs diamètres étaient normalisés, de 12 à 300 millimètres environ ; la plupart de ceux qui ont été retrouvés sont en bronze antifricition, et beaucoup d'entre eux, après 2000 ans, sont encore en état de fonctionner.

Machines et appareils hydrauliques

Les premières machines hydrauliques, mues par la force musculaire, humaine ou animale, étaient utilisées pour élever l'eau nécessaire à l'irrigation. C'est seulement une vingtaine de siècles plus tard que l'on a songé à entraîner ces machines élévatoires par le courant d'eau lui-même, puis à se servir de la force hydraulique pour actionner d'autres machines, comme les meules.

Au moins deux de ces premières machines élévatoires sont très anciennes - près de 4000 ans -, puisque le Code d'Hammourabi les cite : ce sont le chadouf et la roue à godets. Très répandu, et encore utilisé dans de nombreux pays, le chadouf est essentiellement un levier portant à une extrémité un seau de puisage et à l'autre un contrepoids réduisant l'effort musculaire à fournir. La roue à godets, à axe horizontal, porte à sa périphérie de petits récipients qui ramassent l'eau en position inférieure et se vident en haut dans un canal.

Une autre machine élévatoire est la vis dite d'Archimède, probablement inventée au IV^e siècle avant J.C. par Archytas de Tarente, et perfectionnée au siècle suivant par Archimède. Elle est constituée par une surface hélicoïdale en forme de vis, disposée entre deux cylindres coaxiaux ; la rotation élève l'eau retenue dans ses filets.

De leur côté, les Chinois ont inventé une chaîne de palettes, se déplaçant dans un canal incliné de section rectangulaire, et entraînée par un pédalier.

Dans tout l'Orient, et plus tard dans bien d'autres pays, on a utilisé des chaînes à godets ou norias : la chaîne, portant une série de petits récipients, est suspendue verticalement dans un puits ; les godets prennent l'eau à la partie inférieure et se vident à la partie supérieure.

Citons encore le tympan, très utilisé par les Romains : c'est un tambour à axe horizontal, divisé en secteurs (8 le plus souvent) ; des orifices ménagés dans chacun d'eux leur permettent, dans la rotation de la machine, de se remplir à la partie inférieure et de se vider dans l'axe, creux.

La première pompe à piston fut probablement inventée par le Grec Ctésibios ; le corps de pompe était en bronze, et les clapets en bronze et/ou en cuir.

C'est probablement la roue à godets qui fut à l'origine du premier moulin à eau : les utilisateurs auraient remarqué que cette roue pouvait être entraînée par la rivière dans laquelle elle puisait l'eau ; ainsi serait apparue la possibilité d'un fonctionnement autonome,

facilité par la légèreté de la construction, observée en Chine et en Orient, et par l'addition de palettes rendant cet entraînement plus efficace. Ce n'est, semble-t-il, qu'au 1^{er} siècle avant notre ère que de telles roues à palettes furent installées, non plus seulement pour élever l'eau, mais aussi pour mouliner le grain, sous forme de moulins à axe vertical ou horizontal, cette dernière disposition nécessitant un engrenage (en bois) pour entraîner les meules du moulin.

L'ingéniosité de nos ancêtres les a conduits à réaliser depuis fort longtemps de multiples appareils utilisant l'écoulement de l'eau ou d'autres fluides ; les plus connus sont les horloges hydrauliques, dont la plus ancienne a probablement 35 siècles. D'autre part, depuis très longtemps, les Egyptiens se servaient de seringues pour embaumer leurs momies. Et, dans les derniers siècles avant notre ère, des savants grecs comme Archimède, Héron, Ctésibios, Philon de Byzance, ont inventé des dizaines d'appareils et de mécanismes hydrauliques aux usages les plus divers.

L'eau et la loi

L'importance qu'avait l'eau dans la vie quotidienne a rendu très tôt nécessaire l'élaboration de règlements et de lois assurant son utilisation correcte et sa protection, ainsi que celle des ouvrages hydrauliques. Le premier code écrit que nous connaissons contient déjà de telles lois : le célèbre Code d'Hammourabi comporte 7 articles qui visent l'irrigation et les machines hydrauliques. Rédigé en Mésopotamie au XVIII^e siècle, il a rassemblé de nombreuses lois plus anciennes. Il est gravé en caractères cunéiformes sur un bloc de diorite de 2,25 m de hauteur, qui était placé dans le temple de Sippar, près de Bagdad.

Le même souci se rencontre dans un recueil de lois assyriennes daté de - 1400 à - 1200 environ ; ces lois expriment explicitement les devoirs des personnes, alors que le code d'Hammourabi donne essentiellement les barèmes des punitions à appliquer lorsque des obli-

gations ne sont pas remplies, ou lorsque des fautes sont commises.

Il existe également des traces de lois très anciennes relatives à l'eau dans la Grèce et dans la Crète minoenne (milieu du 2^e millénaire), puis, plus tard, dans les œuvres d'Homère. Cette législation est très développée au VI^e siècle ; on l'a retrouvée sous forme d'inscriptions gravées, comme à Gortyne et à Pergame. Certaines de ces règles veillaient déjà à protéger la pureté de l'eau. Des fonctionnaires municipaux ou *ασπυνομοι* (astynomes) étaient chargés de faire respecter ces lois et de percevoir les amendes éventuelles.

La loi romaine, toujours présente dans le système législatif français, n'a pas négligé non plus les problèmes de l'eau, traitant en particulier de ceux relatifs à sa propriété et à la distribution. A Rome existait un *curator aquarum* ou administrateur des eaux, dont les fonctions ont été précisées par un sénatus-consulte ou décret de l'an 11 avant notre ère. Certaines de ces lois protégeaient la pureté de l'eau, d'autres sanctionnaient les vols d'eau. Les amendes étaient très élevées, et, comme en Grèce, le dénonciateur en touchait une partie.

Conclusion

Nous avons souligné dans les paragraphes qui précèdent le fait que beaucoup de problèmes hydrauliques étaient résolus il y a plus de 2 000 ans : on peut constater que la plupart de nos réalisations actuelles étaient déjà inventées avant notre ère. Ceci est d'autant plus remarquable que, d'une part, la théorie permettant de comprendre le comportement des fluides était à la fois inexacte, incomplète et mal utilisée, et que d'autre part la technologie — principalement celle des métaux — était insuffisamment développée, et n'offrait donc pas les mêmes possibilités qu'aujourd'hui. On ne peut, par suite, qu'admirer le succès qu'ont obtenu la ténacité et l'esprit d'entreprise de nos ancêtres, et avoir ainsi confiance pour l'avenir dans les capacités créatives de l'humanité.