

LES INGÉNIEURS DE L'EAU ET DU VENT

CoiFFé d'une tiare et vêtu d'une tunique blanche, le roi Sennachérib, qui régna de 705 à 681 av. J.-C. sur l'Assyrie, dans l'actuel Irak, contemple les jardins en terrasses de son palais, alimentés par un maillage de canaux. Conservé au British Museum de Londres, ce bas-relief répond aux inscriptions cunéiformes retrouvées dans les annales de son règne ou sur les ruines de son ancienne capitale de Ninive. Toutes témoignent du monumental système d'irrigation que ce souverain fit bâtir, transformant « des terres abandonnées où les araignées tissaient leurs toiles » en jardins opulents. Parmi les vestiges fouillés par les archéologues, un aqueduc aux arches de calcaire blanc, élément clé d'un canal qui acheminait l'eau des gorges de Jerwan jusqu'à la plaine de Ninive sur 50 kilomètres. Dans des travaux publiés en 2018, l'assyriologue de l'université d'Oxford Stephanie Dalley émettait d'ailleurs l'hypothèse que les jardins suspendus de Babylone, 7^e merveille du monde pour les Romains, furent peut-être plutôt ceux de Ninive...



« À l'époque de Sennachérib, la science de l'hydraulique a déjà près de 4000 ans en Mésopotamie, rappelle l'ingénieur des Ponts et Chaussées Pierre-Louis Viollet, auteur de plusieurs ouvrages sur l'histoire de l'hydraulique. Les archéologues retrouvent des traces de systèmes d'irrigation dès 6000 av. J.-C. dans la vallée du Tigre, au pied du mont Zagros. » Bien au-delà du Proche-Orient, on relève d'autres vestiges millénaires dans la vallée de l'Amou-Daria (l'Oxus des Romains) en Asie centrale, le long du Nil en Égypte, de l'Indus en Inde, du fleuve Jaune en Chine ou encore dans la vallée d'Oaxaca au sud du Mexique. Aux portes du désert, les hommes bâtissent des barrages-réservoirs qui stockent l'eau des oueds en crue ou creusent des *qanats*, des galeries souterraines en léger dénivelé que remplissent d'eau des puits forés

La méthode assyrienne d'irrigation : l'eau était élevée sur les berges du Tigre à l'aide d'une outre terminée par un entonnoir, puis déversée dans un canal d'irrigation. (*History of the Nations*, par Hutchinson, 1915).

Roues, arbres et lanternes transmettent le mouvement aux meules, tandis qu'une trémie déverse le grain dans les moulins installés sous les arches des ponts de Paris (d'après *Vita et passio sancti Dionysii*, 1317).

En Mésopotamie comme en Égypte ou en Chine, la maîtrise de l'eau et du vent a refait des déserts en jardins, bâti des royaumes et dicté des hiérarchies. Des canaux de Sennachérib aux moulins chinois, une même logique : transformer le paysage pour gouverner.

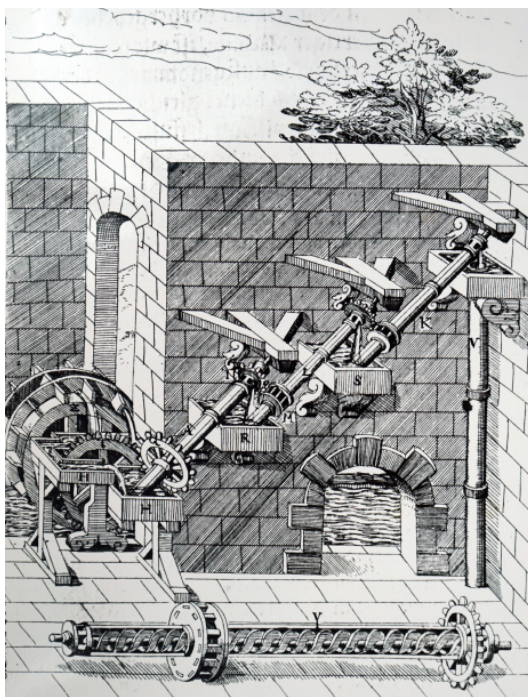
« Mais aussi pionniers et ingénieux soient-ils, ces grands travaux hydrauliques reposent encore sur l'écoulement gravitaire, le flux que suit l'eau selon la pente d'une rivière ou d'un canal. Ils ne permettent pas d'élever l'eau pour irriguer les terres situées plus en hauteur et encore moins d'utiliser l'énergie hydraulique. Le grain reste encore moulu à la main, avec l'aide de pilons ou de meules. » Les choses évoluent à partir du III^e siècle av. J.-C. En Égypte, les souverains de la dynastie des Ptolémée créent le Mouseion d'Alexandrie, sorte d'institut de recherche accueillant des savants venus de tout le monde grec qui conçoivent (ou formalisent les plans) de nouvelles machines hydrauliques. Parmi elles, le tympan et la roue à augets, qui, mus par des hommes ou des animaux, permettent d'élever l'eau d'un réservoir ou d'assécher une zone humide ; mais aussi la fameuse vis d'Archimède, sorte de vis géante placée dans un tube incliné qui permet de pousser l'eau vers le haut comme si elle remontait un escalier en colimaçon. Ou encore la pompe manuelle à double piston de Ctésibios d'Alexandrie, qui permet d'aspirer l'eau dans un réservoir puis de la refouler dans un tuyau vers un point plus élevé.

FORCE HYDRAULIQUE

Il faut pourtant attendre le I^{er} siècle av. J.-C. pour voir apparaître dans l'Empire perse les premières roues à énergie hydraulique, ancêtres de nos turbines modernes. Dans sa *Géographie universelle* parue vers -25, le savant grec Strabon mentionne ainsi le premier moulin à eau connu dans sa ville natale de Cabeira, la capitale du roi Mithridate, située au nord de la Cappadoce dans l'actuelle Turquie. Entre le I^{er} et le III^e siècle de notre ère, l'usage du moulin à eau se répand au cœur des deux plus grands empires de l'époque : Rome et la Chine des Han. Construits sur des rivières ou alimentés par des aqueducs, les moulins romains décrits par l'architecte Vitruve au I^{er} siècle av. J.-C. présentent des roues verticales et servent principalement à moudre le grain. Les archéologues en retrouvent des vestiges en Italie, en France, en Suisse, en Allemagne et jusque sur le mur d'Hadrien, en Angleterre. « Construit au II^e siècle, le complexe de Barbegal, près d'Arles dans le sud de la France demeure le plus impressionnant

témoignage de cette maîtrise technologique. Abritant seize roues hydrauliques disposées en deux rangées parallèles de huit moulins chacune, il pouvait produire jusqu'à 4,5 tonnes de farine par jour !», note l'archéologue Andrew Wilson dans un article de *Geoarcheology*, paru en 2025. «Les moulins chinois, eux, présentent des roues horizontales et servent un peu à tout. Dès le I^{er} siècle de notre ère, ils utilisent l'énergie hydraulique pour moudre le grain, mais aussi actionner des marteaux-pilons, des soufflets de forge et même faire tourner des sphères armillaires astronomiques», intervient Pierre-Louis Viollet.

Parallèlement, la révolution énergétique se poursuit en Perse. Au V^e siècle apr. J.-C., le système hydraulique de Shushtar, dans l'actuel Iran, combine barrages, canaux, tunnels et aqueducs, pour actionner jusqu'à seize roues hydrauliques simultanément. C'est à la même époque, dans les régions ventées du nord-est de l'Iran, qu'apparaît le moulin à vent à axe vertical. Contrairement aux moulins à vent européens ultérieurs à axe horizontal, les moulins perses comportaient un arbre vertical entouré de six à douze voiles rectangulaires en tissu ou en roseau. Le vent, canalisé par des murs percés de fentes, faisait tourner l'arbre, qui actionnait les meules situées en dessous. Ces structures servent à moudre le grain et à pomper l'eau, fonctions essentielles dans le climat aride de la région. «La conquête arabo-islamique de la Perse au VII^e siècle,



Vis d'Archimède actionnées par une roue hydraulique permettant de remonter l'eau à l'intérieur de tubes hélicoïdaux (schéma du XVII^e siècle).

puis la victoire des troupes du califat abbasside contre les armées chinoises de la dynastie Tang à la bataille de Talas, en 751 près de Samarcande, dans l'actuel Ouzbékistan, a sans doute accéléré la diffusion des savoirs hydrauliques : en faisant prisonniers des ingénieurs chinois, les Arabes victorieux ont entre autres accédé au secret du moulin à papier», reprend Pierre-Louis Viollet. Leurs connaissances en matière de gestion de l'eau et du vent s'épanouissent dans la péninsule ibérique, qu'ils occupent de 711 à 1492 : sous l'influence de ces excellents horticulteurs, les régions arides d'Almeria, Grenade ou Valence se couvrent de vergers. Bientôt, les moulins vont envahir l'Europe médiévale.

Pascale Desclos

Des moulins à vent, des chevaux et des porteurs de sacs assurent le broyage et le transport du grain (gravure d'après Stradanus, v. 1600).



Les moulins à la conquête de l'Occident

«Contrairement à une idée reçue, les moulins à eau ne disparaissent pas en Occident après la chute de l'Empire romain, mais continuent à se répandre en Europe médiévale après le V^e siècle», affirme l'archéologue Andrew Wilson dans un article de *Geoarcheology* paru en 2025. En Irlande, ils étaient déjà communs vers 600, comme l'attestent les codes juridiques de cette époque. Du VIII^e au X^e siècle, à l'époque carolingienne, les références aux moulins à eau deviennent innombrables dans les archives franques. Le *Domesday Book*, compilé en 1086 sur ordre de Guillaume le Conquérant, en

recense près de 6000 en Angleterre.»

À partir du XII^e siècle, les échanges avec l'Andalousie musulmane et les savoirs rapportés des États latins d'Orient par les croisés semblent jouer un rôle accélérateur dans la diffusion et la multiplication des fonctions de ces moulins : si la mouture du grain reste leur activité principale, ils permettent aussi de traiter la laine, tanner le cuir, activer les soufflets des forges pour battre le fer... Caractéristique de l'Europe, le moulin à vent à pivot, qui tourne sur un axe

horizontal, apparaît au XII^e siècle dans le triangle formé par le nord de la France, l'est de l'Angleterre et les Flandres. Il sert entre autres à assécher les terres marécageuses. Pour les historiens, le développement des énergies hydraulique et éolienne au Moyen Âge marque les prémices de la révolution industrielle ultérieure. Énergies qui représentent encore respectivement 17 % et 12 % de la production mondiale d'électricité, selon les statistiques 2025 de l'Energy Institute.

AU-DELÀ DU GIGANTISME...

L'idée simple et géniale, née dans le Croissant fertile, de stocker l'eau pour irriguer les terres arides a rapidement évolué vers l'exploitation de sa force pour moudre, pomper, ou scier. Cette logique millénaire culmine aujourd'hui dans les barrages modernes.



Ainsi naissent les premiers barrages de l'humanité, ouvrages en pierres ou en terre de quelques mètres de haut fermant les vallées pour créer des réservoirs d'eau. Modèle du genre, celui de Jawa, en Jordanie, qui remonterait au IV^e millénaire av. J.-C. «Associé à des canaux d'irrigation, cet ouvrage contient en son centre une partie étanche en argile qui empêche l'eau de s'évaporer sous l'action du soleil», explique l'historien et ingénieur des Ponts et Chaussées Pierre-Louis Viollet. Irriguer, c'est bien, mais utiliser l'énergie de l'eau et du courant pour moudre, fouler, tanner, scier, extraire ou concasser le minerai, c'est encore mieux. «Au Moyen Âge, les cours d'eau d'Occident se couvrent de petits barrages alimentant canaux, biefs et moulins équipés de roues hydrauliques, comme ceux qui émaillent la vallée du Haut-Hartz, au nord de l'Allemagne, et ont permis d'assécher et alimenter en énergie les puits miniers de Rammelsberg, près de la cité impériale de Goslar», reprend Pierre-Louis Viollet. Bâti sur le Colorado entre 1931 et 1936, durant la Grande Dépression, le barrage Hoover inaugure l'ère du gigantisme avec ses 221 mètres de haut par 379 mètres de large. La construction de cet ouvrage en béton de type poids-voûte, bâti en arc horizontal pour répartir la pression de l'eau sur chaque côté du canyon, a entraîné la création du lac Mead, le plus grand réservoir artificiel aux États-Unis. Mais c'est un nain compa-

Barrage des Trois Gorges, en Chine.

ré au barrage des Trois Gorges, inauguré en 2008 sur le fleuve Yangzi, au centre de la Chine. Ce mastodonte de 185 mètres de haut sur 2310 mètres de large, capable de produire une puissance totale de 1800 MW s'inscrit dans une stratégie énergétique nationale qui répond à l'explosion des besoins d'un pays en pleine croissance, tout en réduisant les gaz à effet de serre. Démarche louable... Pourtant, il soulève des questions cruciales : déplacement des populations, impacts environnementaux, risques sismiques et tensions sur la gestion des ressources.

«La puissance des barrages est proportionnelle à la hauteur de la chute – traduisez : la différence entre le point de prélèvement de l'eau et les turbines qui transforment la force de l'eau en électricité», explique Pierre-Louis Viollet. En dehors des régions montagneuses, les barrages les plus grands ne sont pas forcément les plus adaptés. Sur le cours moyen des fleuves de plaine, en particulier, la raison est plutôt de privilégier des ouvrages de taille modeste, qui permettent de créer plusieurs réservoirs et de favoriser le partage de l'eau.» À l'heure du réchauffement climatique, alors que la demande en eau et en énergie ne cesse de croître, c'est vers cet objectif que tend désormais la gestion des ressources hydrauliques. Qui produit aujourd'hui 12 % de l'énergie en France et 20 % dans le monde.

P.D.

À LIRE
Histoire de l'énergie hydraulique, de l'Antiquité au XX^e siècle, Pierre-Louis Viollet, Presses des Ponts 2022 2^e édition.