

# Des barrages, pour quoi faire ?

## Le cas de la France du haut Moyen Age au début du XX<sup>e</sup> siècle

**JEAN-LOUIS BORDES**

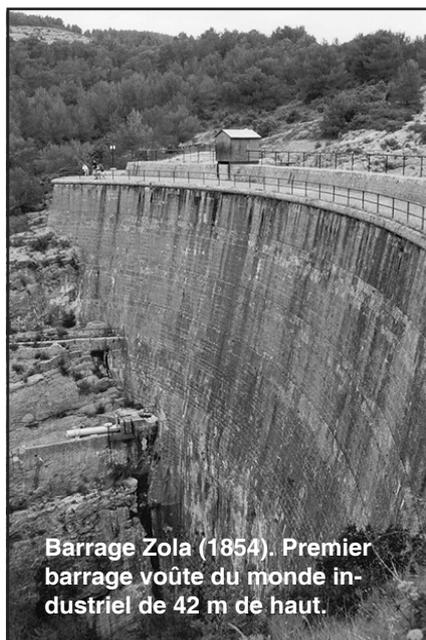
Les barrages sont parmi les plus anciennes structures que l'homme a construites pour aménager son milieu naturel, afin d'en tirer bénéfice et d'en limiter l'hostilité. Les raisons de leur réalisation et de leur disparition sont multiples, et nous restent cachées, soit qu'il s'agisse d'ouvrages très anciens et détruits pour la plupart, soit qu'il s'agisse de constructions vieilles de cent à cent cinquante ans, dont la présence et l'emploi semblent s'imposer d'eux-mêmes. Ces monuments sont le produit d'une histoire sociale, économique, technique et industrielle dans un territoire dont la géographie n'est pas le moindre des facteurs qui commandent leur existence. Ces histoires expliquent la naissance, l'importance, la pérennité et l'utilisation différentes de ces ouvrages. Si les fondements techniques sont communs à beaucoup de pays, leurs mises en œuvre sont la plupart du temps très particulières à l'organisation sociale et économique du pays considéré. Le caractère très technique de ces objets ne doit pas nous faire oublier l'importance de l'histoire propre à chaque pays. Aussi en limitant notre propos à la France, nous aimerions mettre en évidence à la fois les permanences et les ruptures intervenues dans la réalisation de centaines d'ouvrages pour les plus grands et de milliers pour les plus petits, lesquels ont accompagné le développement industriel et urbain et façonné pour partie le paysage de la campagne française. Cet article s'appuie sur un travail effectué sur les barrages réservoirs du milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle au début du XX<sup>e</sup> siècle. Il

sera plus particulièrement consacré à cette période charnière, tout en mettant celle-ci en perspective avec la période actuelle.

### 1. DÉNOMBREMENT DES BARRAGES

L'existence de grands barrages, suivant la définition de la Commission internationale des grands barrages, d'ouvrage d'une hauteur de plus de 15 m au-dessus du niveau des fondations, ne date pas non plus d'aujourd'hui. Mais, ce qui est particulier à notre époque, c'est la croissance exponentielle qu'a connue ce type d'ouvrages au cours du XX<sup>e</sup> siècle, et plus particulièrement dans la seconde moitié de ce même siècle, comme le montre la **figure 1**.

L'existence de ces grandes structures ne doit pas nous faire oublier



**Barrage Zola (1854). Premier barrage voûte du monde industriel de 42 m de haut.**

les milliers de petites retenues qui parsèment la campagne française. Ces dernières sont le résultat d'un travail commencé dès la renaissance carolingienne, il y a plus d'un millénaire. Elles ont constitué le terreau à partir duquel s'est constitué un savoir pragmatique de plus en plus rationnel. A partir du XVIII<sup>e</sup> siècle s'est ensuite élaborée une pratique qui s'est appuyée sur une connaissance progressivement plus précise des mécanismes physiques, combinée à l'utilisation d'outils mathématiques. Ces progrès sont allés de pair avec une meilleure connaissance des propriétés des matériaux et des innovations ou des inventions dans ce domaine, comme le ciment.

Il est très difficile d'approcher le nombre de plans d'eau en France. Si on se fixe la valeur minimale de 10 ha, on peut estimer leur nombre aux environs de 2 000 dont seulement 300 seraient d'origine naturelle. Ces chiffres résultent d'une enquête de 1975, corrigé du nombre de grands barrages construits entre 1975 et 2000, et d'un travail sur les lacs français de 1898. Si on veut étendre l'estimation jusqu'aux plans d'eau de 1 ha de superficie, on ne dispose que d'enquêtes fragmentaires qui permettent néanmoins de dire que leur nombre dépasse à ce jour la dizaine de milliers, et que ce nombre a varié dans le temps dans des proportions considérables. La construction de plans d'eau de quelques hectares, voire plus, et de faible profondeur, demande des investissements réduits et des outils techniques modestes. La réversibilité de ce type d'aménagement est très grande, comme le montrent les digues abandonnées dans la campagne française à la suite des bouleversements fonciers survenus lors de la Révolution ou de l'abandon de la sidérurgie au bois

vers 1860. On retiendra qu'en France l'activité humaine est la raison de l'existence de la plupart de ces plans d'eau dans une proportion supérieure à 90 %.

## 2. LES FINALITÉS DES BARRAGES ET LEURS ÉVOLUTIONS

En suivant un ordre chronologique qui commence à la construction des étangs monastiques à partir de la renaissance carolingienne, on peut énumérer les finalités suivantes :

- étang à poissons ;
- fourniture d'énergie ;
- défense des villes et de leurs abords ;
- finalité récréative, loisirs ;
- canaux de transport ;
- irrigation ;
- alimentation en eau des villes ;
- protection contre les crues.

Beaucoup d'utilisations sont apparues quasi simultanément. Un certain nombre d'utilisations ont été relativement tardives, ce qui explique l'ordre choisi de l'énumération

Le graphique de la **figure 2** présente la situation en France, en ce début du troisième millénaire, et ne concerne que les seuls grands barrages. Il met en parallèle le nombre cumulé de barrages en fonction du temps avec ceux de leurs finalités, un barrage pouvant répondre à plusieurs d'entre elles. On notera le poids écrasant de la finalité énergétique (75 % en 1970 réduite à 50 % en 2000). Depuis 1970, l'augmentation du nombre des barrages est très sensible en ce qui concerne l'alimentation en eau et l'irrigation. On rappelle qu'au plan mondial la finalité énergétique ne concerne que 18 % des ouvrages, l'irrigation 50 % et l'eau potable 15 %.

Malgré la difficulté technique à les construire et les risques encourus, les barrages, même grands, sont, surtout au début du XIX<sup>e</sup> siècle et économiquement parlant, de petites entreprises en valeur relative. Ils ne représentent que 10 % du coût de l'ensemble de l'aménagement global dont ils font partie, comme de nos jours d'ailleurs.

### Etangs à poissons ou finalité piscicole

Il est très vraisemblable que les finalités piscicoles et énergétiques ont été quasi contemporaines au haut Moyen Age, dans le cadre de la construction des étangs monastiques. De nos jours, la finalité proprement piscicole ne concerne que de petits ouvrages anciens, dans des zones comme celle de la Brenne ou de la Sologne ou les Dombes. Cette finalité qui fut importante au Moyen Age a perduré, mais associée à d'autres finalités dans les zones précitées. Elle est présente très largement dans le territoire de régions mal drainées dont elle constitue la seule utilisation de l'espace.

### Fourniture d'énergie

#### La proto-industrie

A partir du X<sup>e</sup> siècle, l'Occident a été le théâtre d'une extension et non de l'apparition de la roue hydraulique. Utilisée au début pour moudre le blé, l'énergie ainsi obtenue servit par la suite à faire fonctionner les foulons de l'industrie textile, les soufflets et martinets de l'industrie métallurgique, les roues d'exhaure des mines, les patouillets et bocards nécessaires à

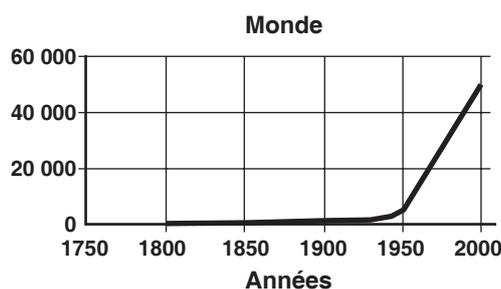
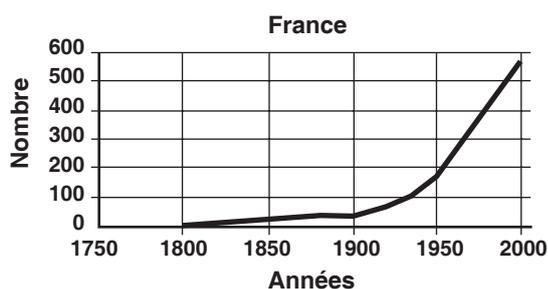
la préparation et au traitement du minerai, au sortir de la mine.

En France, à titre d'exemples, en 813, on comptait 83 moulins qui appartenaient à l'abbaye de Saint-Germain-des-Prés. On peut raisonnablement penser qu'à la fin du XII<sup>e</sup> siècle, le nombre de sites équipés s'élevait à plusieurs dizaines de milliers. A partir de l'enquête de 1809 à 1811 sur les moulins à farine, on arrive à un total de 100 000 sites en incluant toutes les utilisations, soit une usine hydraulique tous les 5 km<sup>2</sup>. La plupart de celles-ci ne sont pas associées à des retenues de stockage, tout au plus à des biefs de dimensions modestes, permettant un fonctionnement de quelques heures.

C'est au cours du XII<sup>e</sup> siècle que se développèrent les applications énergétiques de l'hydraulique à la sidérurgie, développement dans lequel les ordres monastiques jouèrent un rôle de premier plan. A partir du XV<sup>e</sup> siècle, l'introduction de la fabrication du fer par le procédé indirect exigea la fourniture d'une énergie de plus en plus importante et régulière.

L'irrégularité du débit des rivières est évoquée en permanence dans la description des aménagements hydrauliques de l'ère proto-industrielle, puis au début de la révolution industrielle.

Les moulins et usines s'implantèrent le long ou en dérivation de rivières pérennes dont les fluctuations laissaient néanmoins un débit d'étiage assez élevé, compte tenu des roues installées. Mais la demande fut telle que, quel que fût le risque de chômage, on suréquipa les sites. Les rivières présentant des débits médiocres, avec des étiages très faibles ou nuls, furent harnachées avec des roues. Pour les petits bassins versants, dans lesquels étaient implantés des usines métallurgiques à l'époque proto-industrielle, le manque d'eau



**Figure 1.** Développement des grands barrages en France et dans le monde.

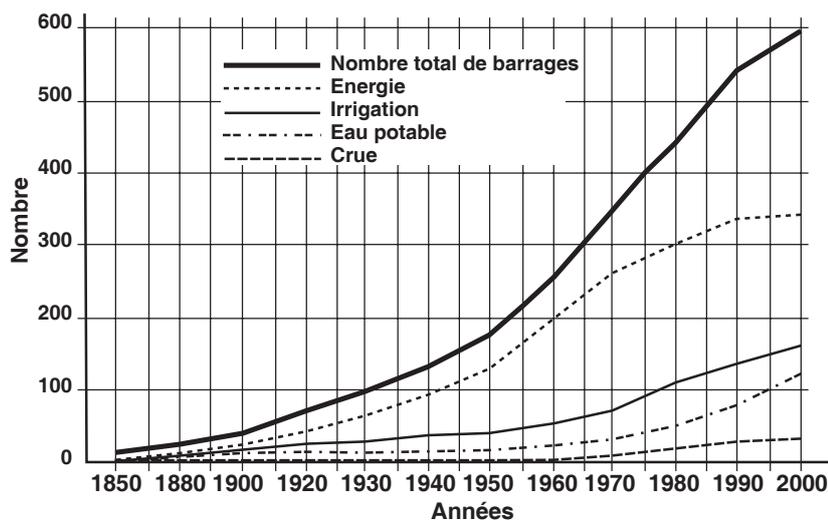


Figure 2. Evolution des principales finalités des barrages en France.

pour un fonctionnement normal était de l'ordre de quatre à cinq mois.

Le stockage de l'eau dans une retenue de barrage constituait la réponse pour pallier l'insuffisance périodique des débits. Mais les barrages avaient pour but premier de créer une chute pour faire tourner une roue. L'écoulement d'alimentation des roues était à surface libre. Le stockage dans le cas des chaussées se faisait alors dans la tranche supérieure de marnage de la retenue, pour permettre l'alimentation de la roue.

La fonction de stockage doit être appréciée, comme de nos jours, en fonction des puissances installées. Une puissance de 4 CV (nécessaire à un soufflet de haut-fourneau) sous 5 m de chute, demande un débit de 120 l/s, soit un volume de 3,8 millions de mètres cubes pour une fourniture de cette puissance sur toute l'année. Il s'agit d'une moyenne qui ne tient pas compte de l'irrégularité des apports. L'aménagement des vallons par des étangs en escalier répondait au besoin de stockage. On trouve d'innombrables exemples de tels aménagements.

Il ne pouvait y avoir de stockage que dans la mesure où le bassin versant puisse fournir le volume d'eau suffisant pour l'énergie requise par l'usine à l'aval, et que l'étang puisse stocker le volume nécessaire le temps voulu. Cet ajustement ne résultait pas d'une approche rationnelle avant la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Les outils techniques n'étaient pas disponibles.

Jusqu'alors la disposition des ouvrages et leurs dimensions étaient le produit d'une estimation empirique, fruit de l'observation, qui avait permis de construire avec efficacité mais non sans difficultés par approximations successives.

Le stockage par barrage était une solution chère, techniquement difficile à mettre en œuvre et qui ne réduisait sur l'année le chômage que de quelques semaines. Elle facilitait par contre le fonctionnement quotidien en permettant, au moyen d'éclusées, d'augmenter la puissance installée. Cette solution ne pouvait être pour toutes ces raisons utilisée que par des industries à haute valeur ajoutée comme les industries minières, sidérurgiques ou métallurgiques. Ceci explique le faible nombre de retenues, à peine quelques milliers à rapprocher des dizaines de milliers d'usines ou de moulins existants.

#### La première industrialisation (1815-1880)

Telle était la situation à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup>. Les besoins en stockage crurent avec la demande d'énergie tant en qualité qu'en quantité dans le courant du siècle, et en fonction aussi de son organisation qui lui donnait des moyens financiers plus importants. Plusieurs facteurs vont aider à satisfaire la demande.

L'outil d'amélioration fut la turbine centrifuge à distributeur cloisonné et vannage à cylindre inventée par

Benoît Fourneyron en 1827, qui avait été l'élève de Burdin inventeur de la turbine à injection complète. Elle fut perfectionnée par Jonval (1841), Fontaine (1840) et Koechlin (1842). Le rendement énergétique augmenta de 0,5, pour une roue, à près de 0,8 pour la turbine, pour un poids par cheval bien moindre. Par ailleurs, Poncelet (1840) et Sagebien (1850) apportaient d'importantes améliorations à la roue hydraulique, en portant son rendement à 0,7, ce qui lui permit dans bien des cas d'être utilisée jusqu'à la fin du siècle de façon significative.

L'intérêt de la turbine était non seulement l'amélioration du rendement, mais surtout la possibilité de fonctionner sous des hauteurs qui n'étaient plus limitées à quelques mètres. A débit identique, la puissance mobilisable était multipliée par un coefficient compris entre 10 et 100, fonction de la hauteur de chute disponible. Au lieu de fractionner l'énergie tout au long d'un cours d'eau, comme cela était fait avec des roues, on pouvait concentrer la production d'énergie. En 1837, Fourneyron équipait dans le grand duché de Bade la première chute de Saint-Blaise sous 112 m de hauteur pour une puissance de 50 CV.

La première exploitation des hautes chutes est attribuée à A. Bergès, malgré le précédent dont il vient d'être fait état, pour l'équipement d'une chute de 200 m à Lancey en 1869. Suivront alors très rapidement des équipements identiques par Fredet à Brignond en 1871 et par Matussière à Domène en 1878 pour des papeteries implantées dans la vallée du Grésivaudan.

C'est Bergès qui, le premier, perça en 1881, à 25 m de profondeur, un lac de haute altitude – le lac de Crozet dans le massif de Belledonne, situé à 2 000 m d'altitude environ. Mais il nous semble que l'on pourrait lui opposer le précédent du lac Bleu dans les Pyrénées en 1859, dont il était originaire.

Le recours à un lac situé en altitude comme réservoir d'énergie n'était non plus pas nouveau. Dès 1836 dans les Vosges, les lacs Vert et des Truites avaient été surélevés pour régulariser les débits en aval au bénéfice d'un manufacturier, Hartmann à Munster. En 1859, dans la même région, les lacs Blanc et Noir étaient aussi surélevés à l'initiative d'un syndicat d'industriels, de façon à garantir pendant les mois

d'étéage un débit minimal soit 300 l/s. Le regroupement de plusieurs industriels a permis à la demande de mieux s'exprimer et de réunir le financement nécessaire. Que ces opérations aient été réalisées en Alsace n'est pas le fait du hasard. Cette région était à l'avant-garde du développement industriel. Une des raisons principales de la réalisation du barrage du Furens est le soutien des étiages pour l'alimentation des usines de Saint-Etienne. Peu après, le barrage du Ternay en Ardèche et plusieurs ouvrages identiques réalisés avant 1870 sont en grande partie justifiés et financés par le soutien d'étiage à des fins énergétiques.

Il y avait donc une recherche constante de régularisation des ressources en eau à des fins énergétiques. Avec des moyens et des connaissances toujours améliorés, c'était la poursuite d'une démarche très ancienne commandée en premier lieu par le développement métallurgique et sidérurgique, mais aussi ensuite par celui des industries textiles et papetières. Le nombre d'usines hydromécaniques en France en 1840 était de l'ordre de 4 000. La puissance installée des machines fixes (tableau 1) dans l'industrie française est, en 1860, pour les deux tiers d'origine hydromécanique. Comme Serge Benoit l'a souligné, l'énergie hydromécanique ou énergie verte a été l'énergie qui a permis le démarrage du processus d'industrialisation en France. L'importance de ce type d'énergie a toujours été soulignée par de très nombreux ingénieurs des grands corps de l'Etat, qui avaient une conscience aiguë des ressources réduites en charbon.

### L'hydroélectricité, dans la deuxième industrialisation (1880-1950)

Le changement dans les dimensions des ouvrages et particulièrement dans les volumes stockés ou dérivés fut la conséquence des possibilités offertes par l'hydroélectricité qui fit exploser la demande. Le tournant se situe autour des années 1895-1905. Alors que sur les sites hydromécaniques, on ne mobilisait qu'exceptionnellement quelques centaines de chevaux en un point et le plus souvent le long d'une dizaine de kilomètres d'une vallée, on demanda aux sites hydroélectriques, dans la période 1890-1920, quelques milliers à quelques dizaines de milliers de chevaux

**Tableau 1 - Puissance des machines fixes 1830-1926**

Puissance installée (CV)

	Hydraulique	Dont électrique	Sur canaux et voies navigables	Total
1830	152 000			167 000
1860	400 000			600 000
1899	575 000		86 0000	2 330 000
1906	773 000	400 000		3 500 000
1926		2 130 000		7 200 000

Note : En 1906, la puissance des machines mobiles était répartie de la manière suivante : chemins de fer, 7 000 000 CV ; navires, 1 120 000 CV ; voitures automobiles : 337 000 CV. Nombre de chevaux de trait environ 3 000 000.

soit une multiplication par un coefficient compris entre 10 et 100. Après 1920, ce coefficient fut de l'ordre de 1 000. La possibilité de transporter et de diviser ensuite l'énergie permettait de produire celle-ci en grande quantité dans le site le plus approprié. Le **tableau 1** montre l'évolution de la puissance totale installée, entre 1830 et 1926.

Pour répondre à la demande d'énergie hydroélectrique, on eut recours d'abord aux hautes chutes. L'usine de Lancey, dont la chute avait été portée à 500 m, fut électrifiée en 1891. Ces chutes furent associées à des lacs de montagne, qui firent office de réservoirs. Leurs volumes furent rapidement augmentés par la construction de réservoir à leur exutoire. Il y eut relativement peu de grands barrages. A titre d'exemple en Savoie, 31 aménagements totalisant 223 880 kW (304 000 CV), construits entre 1891 et 1913, ne comprenaient aucun barrage d'une hauteur supérieure à 7 m. La régularisation de la ressource était encore très faible.

Dans les vallées des contreforts du Massif Central, le premier barrage important de stockage à des fins énergétiques de l'ère électrique fut celui de Rochebut, mis en eau en 1911, avec une retenue de 30 millions de mètres cubes associée à une usine développant de 3 000 à 10 000 CV. Ce n'était que le premier d'une longue série qui allait être le résultat d'un pari sur les richesses hydrologiques du Massif Central et de la combinaison de la production des usines thermiques de la région parisienne avec celle des barrages hydroélectriques du Massif Central. Le parc de l'hydroélectricité commerciale a été le fait de l'industrie

privée dans la région clermontoise dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Alors que les industries électrochimiques et électrométallurgiques des Alpes ou des Pyrénées pouvaient supporter l'irrégularité des ressources, le tramway, le chemin de fer électrique et la distribution électrique ou de force en ville exigeaient une fourniture beaucoup plus régulière. Rochebut fut une petite application à l'échelle de Montluçon. Jusqu'alors, quand on voulait utiliser l'énergie électrique pour une grande ville, on s'installait sur un grand fleuve, comme pour Lyon, à Jonage sur le Rhône, ou à Tuilères sur la Dordogne pour Bordeaux.

A partir de 1900, le développement hydroélectrique allait être un des moteurs principaux de la construction des grands barrages. Bien que le problème de l'énergie en France eût été posé dès le tout début du processus d'industrialisation, la France fit preuve de frilosité dans le développement de l'énergie hydroélectrique, avec toutes les conséquences négatives qui en résultèrent sur l'industrie des moteurs hydrauliques, alors que la France avait été en tête jusqu'en 1860, et la constitution d'une industrie de construction hydraulique. Il en résulta un retard qui fut très difficile à rattraper. La crise extrêmement grave de la Première Guerre mondiale, consécutive à l'occupation des régions charbonnières par l'armée allemande, qui obligea à un recours massif et ruineux à l'importation, fut à l'origine de la mise en place d'une politique d'indépendance énergétique. La loi sur les cours d'eau en constitua le volet hydroénergétique. Ce fut une véritable nationalisation de l'énergie, qui est à l'origine de l'accélération donnée à la mobi-

lisation des ressources hydroélectriques, qui affirme la primauté donnée à cette finalité par les pouvoirs publics en France. L'ère de la construction de très grands barrages devait se terminer vers les années 1970, après que la quasi totalité des sites avaient été équipés. Elle s'inscrivait dans une continuité historique propre aux données du territoire français.

## Défense des villes et de leurs abords

On peut imaginer un stockage ayant pour but d'alimenter les fossés de fortifications. Belidor (1744) donne plusieurs exemples de dérivation de cours d'eau afin d'inonder les fossés de fortifications ou de zones plus vastes autour de ville pour gêner ou arrêter la progression de l'ennemi. Ce fut une utilisation qui joua un rôle important dans l'organisation des zones frontalières

En 1702, dans le cadre de la construction de la place forte de Neuf-Brisach, Vauban fit réaliser un aménagement hydraulique qui comprenait un barrage au ballon d'Alsace, dont la retenue relevait par ses lachures le débit d'étiage du torrent de la Lauch. Sur ce torrent, à la hauteur de Rouffach, une prise alimentait un canal de 19 km qui reliait cette zone à Neuf-Brisach. Le canal franchissait l'Ill sur un pont en bois. Les buts de cet aménagement étaient les suivants : conduire à Neuf-Brisach les eaux nécessaires pour alimenter une fontaine destinée au service de la garnison et des habitants en cas de siège, de former un abreuvoir pour la cavalerie et les bestiaux, de faire mouvoir les moulins qui alimentaient en farine les troupes, les habitants et surtout les armées sur la ligne du Rhin. Le canal permettait d'apporter les matériaux nécessaires à la construction de la place et, enfin, d'inonder les fossés en cas de siège et de ne jamais laisser à sec les latrines des casernes.

Cette utilisation militaire d'un canal et de l'eau disponible procédait d'une doctrine aux implications beaucoup plus vastes, qui trouva pendant près de deux cents ans dans la région du nord de la France particulièrement exposée aux invasions, une zone propre à penser une ap-

plication qui intégrait la dimension hydraulique avec la réversibilité des flux des zones humides et inondables, en vue de retourner une situation *a priori* défavorable.

## Finalité récréative, loisirs

La finalité récréative (plan d'eau touristique) est récente, bien que l'on puisse en trouver l'origine dans les parcs royaux et seigneuriaux des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, en France comme en Angleterre. L'alimentation du parc de Versailles constitua à ce titre une réalisation extrêmement importante. Douze retenues stockaient 8 millions de mètres cubes, sans compter le prélèvement en Seine au moyen de la machine de Marly. Des rigoles de 158 km de longueur dont 35 km en souterrain et 540 m de viaduc permettaient la circulation de l'eau.

De nos jours, des plans d'eau sont réalisés uniquement pour la finalité récréative. Mais elle ne peut qu'être qu'une parmi d'autres assignées à un plan d'eau. Elle peut être introduite dans la gestion d'une retenue réalisée depuis longtemps, ce qui n'est pas sans poser de problème. Enfin, cette finalité a permis de justifier le maintien en exploitation de certaines retenues, dont l'évolution économique et technique ne justifiait plus l'existence.

## Canaux de transport

Un canal consiste en une voie d'eau artificielle ou une rivière aménagée, qui constitue l'organe de liaison entre une ressource et son utilisation. La ressource est constituée aussi bien par un prélèvement au moyen d'une prise sur une rivière, qu'à partir du volume d'un réservoir naturel ou artificiel qui stocke les eaux d'un bassin versant ou celles amenées par une dérivation quelconque. Le canal, ouvrage artificiel ou rivière aménagée, est un des premiers ouvrages que l'homme a réalisés lorsqu'il commença à aménager son milieu naturel. Il présente un avantage énergétique considérable pour le transport des charges en comparaison avec le transport terrestre, surtout compte tenu de l'état des chemins et routes jusqu'au milieu du

XIX<sup>e</sup> siècle.

Suivant l'époque, les besoins, les conditions économiques et techniques, il sert à l'irrigation, au transport, à la fourniture d'eau potable ou à celle d'énergie. Dans un aménagement donné, il peut indifféremment servir à la satisfaction de l'une de ces finalités ou à plusieurs d'entre elles. Celles-ci peuvent évoluer dans le temps, se substituer l'une à l'autre, ou lorsqu'elles sont conservées simultanément, avoir leurs priorités changées.

En France, le pouvoir central a été le maître d'ouvrage d'un réseau de canaux qui devait d'abord assurer la circulation des grains et du bois de chauffage, pour le bien-être des populations et garantir ainsi la paix sociale. Cette entreprise a duré trois siècles, de 1602 (début de la construction du canal de Briare) à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. L'apogée de la construction de ce réseau fut atteinte entre 1820 et 1840, peu avant l'expansion du chemin de fer dont le développement devait considérablement freiner celui du transport fluvial.

En 1887, les chemins de fer avaient distancé la voie d'eau qui n'avait cependant pas cessé de progresser, surtout après le plan Freycinet. En millions de tonnes-kilomètres, la répartition était la suivante : routes : 2 800, canaux : 2 400, chemins de fer : 10 700.

La construction des canaux à point de partage a été, pour partie, le moteur de la réalisation des premiers grands barrages-réservoirs en France. La construction du canal du Midi a été à l'origine de l'ancêtre des grands barrages français, le barrage de Saint-Ferréol mis en service en 1675. Mais la grande période de construction d'ouvrages de stockage pour l'alimentation des canaux commence à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et atteindra son apogée entre 1820 et 1840, suivant en cela la progression de la longueur des canaux. Les besoins en eau et les moyens financiers mis en œuvre pour les satisfaire, ont conduit à la réalisation d'ouvrages qui, au début, ne différaient que peu des étangs de forge, avec toutefois des hauteurs de digues plus élevées et, dans une bien moindre mesure, des capacités des retenues plus grandes. Toutefois, quelques sites ont exigé des ouvrages d'une hauteur peu commune pour l'époque. La variété géologique des sites a posé des problèmes toujours

différents. Les buts assignés n'ont pas été atteints sans poser des problèmes techniques sérieux qui ont demandé près d'un siècle pour n'être que partiellement résolus. La période de construction des « grands » ouvrages de stockage pour les canaux fut très courte. Le plan de modernisation des voies navigables de Freycinet (1879) entraîna la construction de nouveaux barrages pour l'alimentation des canaux. Entre-temps, la réalisation de grands réservoirs n'avait pas été interrompue, bien au contraire, mais poursuivie à d'autres fins. Elle avait profité des progrès et des enseignements tirés de la période de 1820 à 1840.

L'imbrication du système de transport et du système énergétique était donc totale. Aussi malgré l'importance attachée au primat de la navigation, le respect des droits des utilisations énergétiques de l'eau a été une règle, même lorsqu'elle ne résultait pas des dispositions législatives en vigueur. Ainsi, au-delà du cadre institutionnel, le souci de l'utilisation énergétique combinée à d'autres finalités a guidé tous les aménageurs et concepteurs des grands ouvrages.

## Irrigation

Il s'agit d'une des plus anciennes utilisations de l'eau par l'homme qui a marqué le territoire français depuis longtemps. La pratique la plus commune consistait à dériver l'eau d'un fleuve ou d'une rivière au débit suffisant à l'étiage, au moyen de canaux puis de rigoles, pour arroser par submersion les cultures. En France, elle remonte au haut Moyen Age dans le Roussillon et la Provence. On peut en voir les traces encore existantes. C'était les régions où les conditions climatiques l'imposaient le plus et où l'eau abondait en piedmont des Pyrénées, soit elle était fournie par le Rhône et la Durance.

C'est au XIX<sup>e</sup> siècle que de nombreux projets se réalisèrent en Isère, Forez, Hautes-Alpes, sans parler de l'extension de canaux anciens dans le sud de la France et de la réalisation de projets séculaires. La surface irriguée qui était de l'ordre de quelques dizaines de milliers d'hectares à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle s'élevait en 1880 à 200 000 ou 1 000 000 ha en 1880 suivant les statistiques et la prise en compte du

type d'irrigation.

La reprise des travaux entrepris au XVIII<sup>e</sup> siècle et avant et la restructuration de ceux-ci furent en partie dus à l'augmentation de la demande agricole autour des zones en urbanisation croissante, conséquence de la révolution industrielle. Elle a été aussi aidée par le support technique et le soutien dans le montage des projets apportés par le corps des Ponts et Chaussées aux irrigants potentiels.

Mais le montant considérable des travaux comme ceux du canal de Marseille (1848) ou du canal du Verdon (1873) pose la question de la place de l'irrigation dans l'importance des finalités et des raisons qui ont été à l'origine de la décision d'entreprendre ces ouvrages. L'alimentation en eau d'une grande métropole comme Marseille, avec les enjeux considérables de salubrité publique, et l'utilisation énergétique de l'eau transportée ont certainement pesé plus lourd que la seule finalité de l'irrigation, pour aider les aménageurs à fédérer les énergies et à demander les moyens nécessaires aux bénéficiaires potentiels. L'extrême difficulté à faire payer l'eau à son juste prix par les agriculteurs et le morcellement des propriétés expliquent pourquoi beaucoup de projets ont avorté ou la grande durée de leurs réalisations. Aussi pour le XIX<sup>e</sup> et le début du XX<sup>e</sup> siècle, la question se pose de savoir si, en dehors des petits projets à l'échelle des superficies irrigables et des moyens financiers de leurs commanditaires, les grands projets d'irrigation ne pouvaient exister que greffés sur des projets répondant à la satisfaction d'autres besoins comme l'énergie ou l'alimentation en eau potable.

Le projet de régularisation de la Durance par le réservoir de Serre-Ponçon à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle fit long feu et ne trouva de solution qu'après 1950, dans le cadre très vaste de l'aménagement de la Durance (loi du 5 janvier 1955) pour l'hydroélectricité, l'alimentation en eau potable et l'irrigation, avec la création de la société du canal de Provence (1957).

Dès le Moyen Age, irrigation et énergie ont été associées. De même, irrigation et canaux de transport ont été développés ensemble. Il y avait de nombreuses prises d'irrigation sur le canal du Midi et sur le canal latéral à la Garonne. L'arbitrage entre les besoins des transports et l'irrigation et l'énergie nous renvoie à la problématique

brèvement esquissée en conclusion du paragraphe consacré aux voies navigables.

En matière d'irrigation, la réalisation des travaux d'infrastructure n'est que la partie émergée de l'iceberg que constitue l'ensemble des tâches à accomplir. Le changement des pratiques culturelles induites par l'irrigation, l'organisation collective nécessaire et l'écoulement des produits par des circuits commerciaux appropriés requièrent un temps, des compétences et des investissements bien supérieurs à ceux nécessaires pour réaliser un mur et le canal de tête morte. On comprend dès lors que l'administration des Ponts et Chaussées se soit préoccupée en premier lieu de la navigation ou des forces motrices. Les interlocuteurs dans le domaine agricole étaient trop nombreux, animés par des intérêts divergents, et les résultats à très long terme, pour qu'il en fût autrement.

En 1920, on comptait douze grands barrages pour irrigation dont une prise à buts multiples (le Verdon), soit onze stockages proprement dits, dont la majorité à buts multiples. Comme le montre la **figure 2**, il a fallu attendre 1950 pour que la construction des grands barrages à la seule fin d'irrigation, ou associée à d'autres finalités, prenne une certaine importance, pour s'accélérer après 1970. Mais c'est dans le domaine des petits barrages, ou lacs collinaires, que se produit une véritable explosion à partir de 1980 (2 500 lacs collinaires dans le seul département du Gers), en liaison avec la politique agricole commune (PAC).

## L'alimentation en eau des villes

Le transfert progressif de populations rurales vers la ville, dû à l'industrialisation tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle, et les progrès concomitants de l'hygiène ont eu pour conséquence une demande croissante en eau potable. On partait de très bas. L'alimentation en eau de Paris était de 4 l par jour et par habitant à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Sept villes possédaient une distribution d'eau par fontaines publiques en 1700, 15 en 1800, 57 en 1850, 372 en 1892. Il n'y a que très peu de distribution d'eau à domicile



**Digue du Pinay. Construite en 1711, à pertuis ouvert ayant pour but de ralentir les inondations, elle fut restaurée en 1846 et sauva la ville de Roanne de la destruction en 1856. (Collection J.-L. Bordes.)**

avant 1900.

Pendant le XIX<sup>e</sup> siècle, les différentes solutions retenues pour mobiliser les ressources nécessaires à l'amélioration des conditions de vie des populations urbaines, furent diverses.

Il y a le prélèvement sur une rivière, qui est conduit sur le lieu d'utilisation au moyen d'un canal. Celui-ci peut servir à la navigation comme le canal de l'Ourcq dont la finalité première était l'alimentation en eau de Paris.

L'eau de source était l'eau à boire par excellence et considérée comme telle depuis la Renaissance, car il y avait une très grande réticence à l'égard de l'eau des étangs à cause des risques sanitaires. La croissance de la population parisienne au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle exigea la mobilisation de nouvelles ressources. Paris fut alimenté par deux captages d'eau de source : celui de la Dhuis (1863-1865) dont les eaux étaient amenées par un aqueduc de 131 km de long et celui de la Vanne (1868-1874) avec un aqueduc de 173 km. Belgrand, à partir de 1854, détaché auprès de l'administration de la préfecture de la Seine, fut le maître d'œuvre de toutes ces opérations. Un de ses grands mérites fut d'avoir l'idée de distribuer l'eau par deux circuits séparés, l'un à des fins industrielles ainsi que pour le lavage des rues, l'autre pour la distribution domestique. En 1880, grâce à ces travaux, la quantité d'eau quotidienne mise à la disposition de chaque habitant

s'élevait à 180 l soit le triple du volume de 1850.

Les prélèvements par pompage dans la nappe et, en particulier, dans les dépôts alluviaux dans les vallées des rivières ou fleuves, présentaient de nombreux avantages économiques et sanitaires. Des prélèvements dans des nappes profondes en charge au moyen de puits artésiens furent aussi pratiques avec succès au début du XIX<sup>e</sup> siècle.

Assez tôt dans le XIX<sup>e</sup> siècle apparut la solution du stockage par barrage. Cette pratique remontait loin dans le temps. La ville de Mérida en Espagne fut alimentée au II<sup>e</sup> siècle par deux barrages, toujours en service de nos jours. Ce cas n'est pas isolé. Il semble que l'on doive considérer, pour l'ère industrielle, le barrage Zola (1854) comme le premier d'une longue série. Comme on vient de le dire, l'eau stagnante d'un barrage n'inspirait pas confiance aux hygiénistes de l'époque. Le mouvement de l'écoulement de l'eau d'une rivière avait, pensait-on, des vertus purificatrices en soi.

Après 1860, le stockage par barrage fut la solution qui correspondait à la croissance du nombre de distribution dans les villes, pour beaucoup de situations, compte tenu des données hydrogéologiques. Il fallait réunir des capitaux importants pour construire les ouvrages nécessaires, dans lequel le coût de l'ouvrage de stockage le plus visible était faible en comparaison avec celui du réseau de

distribution. Ceci supposait une activité économique soutenue, une urbanisation croissante et la possibilité de considérer la finalité de l'eau potable dans le programme d'aménagement global des eaux de toute une zone. La solution du stockage a été retenue après que les solutions de dérivation ou de captage de source ou de prélèvement dans la nappe s'étaient révélées insuffisantes en volume ou d'un coût excessif.

Cette mobilisation par stockage est très modeste en comparaison de celle opérée par la Grande-Bretagne qui construisit la quasi totalité de ses 260 barrages jusqu'en 1919, à quelques unités près pour alimenter ses grandes métropoles industrielles.

## La protection contre les crues

C'était une très ancienne préoccupation depuis le Moyen Age, qui avait pris d'autant plus d'importance au XIX<sup>e</sup> siècle que l'urbanisation croissante autour des rivières augmentait les conséquences des aléas climatiques. Ainsi, il s'agissait d'une priorité d'ordre public qui avait été mise en avant dans le discours de Bordeaux par le Prince Président en 1852. Le développement industriel est encore une des raisons de protection de certaines parties de vallée. Les pratiques techniques de production d'énergie, pour la plupart au fil de l'eau, rendaient les installations industrielles extrêmement vulnérables aux crues. Avec les étiages, ces événements étaient une des causes du chômage des usines. On imagine dès lors que les exigences de régularité de la production allaient croissantes, que la réalisation d'ouvrages de stockage des apports de crues, devienne absolument nécessaire. Dans cette logique industrielle, on peut considérer qu'il y a identité entre cette demande et celle du stockage pour les soutiens d'étiage, dont les conséquences énergétiques sont plus directes.

Pendant de longs siècles, la pratique la plus courante de protection a consisté à fixer l'écoulement des fleuves les plus impétueux dans un lit majeur de façon à protéger les cultures et les habitations situées au-delà. C'est ainsi que, dès le XV<sup>e</sup> siècle, la Loire en aval de Gien fut en-

↳ serrée entre des levées ou turcies, qui furent l'objet de travaux d'entretien permanents.

Ce fut en 1856, année de crues exceptionnelles sur l'ensemble du territoire français, que fut créé le service des inondations implanté à Aix pour la Durance, Saint-Etienne et Orléans pour la Loire, Lyon pour le Rhône, Paris pour la Seine. Sur instruction du ministre de l'Agriculture, cette même année, une enquête sur les moyens de remédier aux inondations fut lancée dans les départements intéressés. Les réponses constituent un remarquable panorama de l'analyse des causes des inondations, des fondements théoriques des solutions apportées aux problèmes posés. Jusqu'en 1860, le bassin versant de la Loire fit l'objet d'investigations systématiques pour trouver des sites soit de stockage d'assez longue durée, soit pour des barrages écrêteurs à pertuis ouverts, comme le barrage du Pinay construit en 1711. Toutes ces études à la seule fin de luttés contre les crues n'aboutirent pas, comme celle du barrage de Serre-Ponçon sur la Durance à la même époque.

De nos jours, la protection contre les crues par stockage est une solution d'emploi limitée, car coûteuse et d'une efficacité toujours jugée insuffisante. Dans le département du Gard ont été réalisés plusieurs barrages à pertuis ouverts, pas assez nombreux mais très efficaces, qui répondent au souci de contenir les crues sans immobiliser des terres agricoles et participent de la maîtrise des champs d'inondations.

### 3. LES ACTEURS

Maîtres d'ouvrages pour la programmation et l'investissement, maîtres d'œuvre pour la conception et le contrôle, entrepreneurs pour l'exécution sont les partenaires de la réalisation des ouvrages. Ils ont émergé à partir de la fin du Moyen Age. Leur identité et leur rôle se sont peu à peu affirmés au fur et à mesure de la construction de l'Etat moderne et de la définition de la notion de territoire et de son aménagement.

L'unification précoce de la France a favorisé la mise en place d'une politique d'aménagement du territoire orientée vers la défense de celui-ci, places fortes et moyens de communication. Ceci n'a pu se faire que

grâce à l'existence d'un corps technique d'Etat, à la création d'écoles de formation parmi les premières au monde.

Si, au début, l'Etat fut le principal promoteur ou maître d'ouvrage des grands barrages, le rôle des collectivités locales puis des industriels s'affirma de plus en plus jusqu'à devenir le plus important dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. L'ingénieur au service du Roi puis dans l'administration de la République, ou au service de maîtres d'ouvrage privés comme ingénieur civil, fut, avec son savoir technique de plus en plus mathématisé au début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'acteur qui a souvent suggéré, conçu et façonné l'objet qui répondait à la commande du pouvoir politique, mais aussi économique, d'une région donnée.

L'entrepreneur, à partir de sa pratique intuitive de la matière, a participé au développement des ouvrages et, en particulier, a fourni, par une innovation toujours renouvelée dans les procédés d'exécution, des solutions pour réaliser des projets de plus en plus audacieux. Les travaux publics, dont participe la construction des barrages, sont une industrie de main-d'œuvre dont la disponibilité, la qualité et les traditions culturelles influèrent sur les pratiques techniques.

Le lieu et la procédure de l'intervention de tous ces acteurs avaient été précisés au cours du XVII<sup>e</sup> siècle. Leurs rapports, souvent conflictuels, furent pour partie fonction d'une technique en évolution, et mal maîtrisée. Une originalité française tient au rôle très particulier de l'administration, à la fois maître d'ouvrage et maître d'œuvre, et des bénéficiaires qui en ont résultés pour les entrepreneurs et le développement de l'innovation en France. Mais on peut regretter que cette évolution ait été freinée, à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, dès lors qu'on s'en est tenu à deux types de solutions, – barrage en terre homogène et barrage en maçonnerie. L'ouverture vers d'autres solutions, amorcée par les sociétés d'électricité vers 1900, ne se fera vraiment qu'après 1920. Ce choix technique « étroit » allait de pair avec la volonté de s'en tenir à une finalité unique. L'administration niait la complexité de la société en refusant de bâtir des systèmes ou des aménagements qui puissent prendre en compte des finalités multiples dont

l'importance relative évolue dans le temps. En dehors des cours d'eau du domaine public, l'administration n'exerçait qu'une activité de simple police. L'énergie n'entrait pas dans le champ de l'utilité publique. L'Etat n'interviendra dans ce domaine qu'à partir de la Première Guerre mondiale.

L'existence d'un corps technique d'Etat très homogène et centralisé, très conscient de sa mission, dont l'origine et les traditions étaient très anciennes, a facilité la diffusion des techniques au début de la Révolution industrielle, mais a vraisemblablement trouvé sa limite en bloquant la créativité de beaucoup de ses membres, individualités brillantes, qui allaient pouvoir s'épanouir dans d'autres structures et sur d'autres territoires. Sa formation mathématique l'a souvent éloigné de la pratique de l'observation du comportement des ouvrages. Le retard pris par la France dans le développement des laboratoires d'étude des matériaux, des structures et de l'hydraulique au début du XX<sup>e</sup> siècle en témoigne. Pourtant, son ouverture sur l'expérience des autres communautés techniques était grande, ce qui a permis des transferts technologiques très rapides.

Face à l'administration, les entrepreneurs français constituèrent une autre originalité nationale. En position d'infériorité sociale et technique au XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup> siècle, ils devinrent des acteurs majeurs de l'innovation technique, montrant que celle-ci n'est pas liée au gigantisme des projets, mais à des contraintes de site d'ordre technique, ainsi qu'à des contraintes d'ordre budgétaire. Leur réussite à l'exportation, à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, s'est appuyée pour partie sur cette capacité technique.

### 4. L'ÉVOLUTION TECHNIQUE

L'apparition des premiers grands barrages en France ne date guère que de la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, à l'exception notable du barrage de Saint-Ferréol (1675) qui demeura pendant près de deux siècles le plus haut barrage en terre du monde.

C'est à partir du XVII<sup>e</sup> siècle et surtout de la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup>

siècle que commença à se constituer un savoir fondé sur une modélisation du comportement des ouvrages qui impliquait une formulation mathématique. La résistance des matériaux fut constituée en science à partir de la théorie de l'élasticité par Navier (1820). Elle marque le départ de progrès essentiels dans l'art de construire qui aidèrent à la mise en œuvre de nouveaux matériaux comme le fer et le béton.

Le barrage est certainement l'ouvrage de génie civil le plus complexe, parce que son fonctionnement mécanique intègre des éléments naturels qui ne relèvent pas de la production humaine, non seulement ceux constitutifs de sa fondation, mais aussi les données hydrologiques de son environnement. Leur connaissance est extrêmement difficile à obtenir. Leur mathématisation a été beaucoup plus tardive que celle intervenue dans le calcul des structures. Elle exige l'établissement d'un modèle mathématique toujours grossièrement simplifié par rapport à la réalité et des mesures de paramètres pour faire fonctionner le modèle, difficiles à obtenir. Cette entreprise demande des décennies de travail à l'échelle internationale. Par ailleurs, dans l'étude du barrage lui-même, l'analyse structurelle à deux dimensions, la plus facile à faire, est d'un intérêt plus limité pour ce type d'ouvrage. Le barrage est un ouvrage à trois dimensions plus qu'une autre structure dans laquelle la résistance des matériaux, science des pièces prismatiques à fibre moyenne, autorise une décomposition à deux dimensions. Il faut en ajouter une quatrième, celle du temps. C'est un ouvrage conçu pour durer, ce qui exige d'étudier les effets à long terme des sollicitations et les possibles évolutions des propriétés de la matière dans le temps. Or ces préoccupations sont très différentes de celles d'ingénieurs fortement imprégnés de mathématique comme l'étaient les ingénieurs français. Au XIX<sup>e</sup> siècle, ils auraient eu tendance à négliger ce qu'ils ne pouvaient pas traduire en langage mathématique. Ceci explique pour partie la stagnation de la connaissance des sols tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle et l'échec, après la mise en équation encore relative du barrage en maçonnerie, que représente la rupture du barrage de Bouzey en 1895. Les années 1850 sont une pé-

riode clé qui marque le début d'une nouvelle pratique du calcul des barrages et, en même temps, l'avènement du temps des laboratoires. Il fallait absolument connaître les propriétés des matériaux pour que les calculs aient un sens. Le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle marque le début d'une course poursuite, qui dure toujours, entre le perfectionnement des outils de calcul et la connaissance des propriétés de matériaux de construction et de fondations, nécessaires à la conception et à l'exécution de ces mêmes calculs.

Ce progrès n'a pas été linéaire. Des pertes d'expérience ont été observées. C'est ainsi que le premier barrage voûte de l'ère industrielle, le plus haut barrage en France alors (1854), conçu et construit par François Zola le père de l'écrivain, est resté ignoré de la communauté technique française et n'a pas eu de postérité immédiate.

A la fin de cette première période, l'année 1866 marque une rupture lors de la mise en service du barrage du Furens, non pas tant dans le domaine technique comme on pourrait seulement le croire, bien que ce barrage en maçonnerie fut le plus haut du monde, mais dans celui de l'aménagement des bassins. C'était le début de ce qui allait se passer jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle : protection contre les crues, énergie et eau potable étaient les finalités multiples de ce barrage.

Par la rationalité des études et des méthodes de calcul, premier aboutissement de la mathématisation des savoirs dans les barrages intégrant les apports de la théorie de l'élasticité et de la résistance des matériaux, la mémoire des travaux, l'amélioration des méthodes d'exécution, la médiation, ce barrage allait servir de modèle depuis l'Angleterre jusqu'en Espagne, d'Europe centrale aux Etats-Unis. Mais la disponibilité des moyens conceptuels ou techniques n'était pas le moteur de cette évolution. Il n'y avait pas eu innovation du genre de celle qui crée et ouvre un nouveau marché.

C'était plutôt l'inverse. L'innovation venait en réponse à un défi technique imposé par les besoins à satisfaire. Celle-ci consistait en la mise en œuvre de techniques convergentes de natures très différentes, ce qui est le propre de la pratique du génie civil qui couvre l'utilisation de méthodes théoriques, l'emploi de matériaux toujours en évolution, de

nouvelles méthodes de mise en œuvre ou d'exécution. Suivant les différentes étapes du développement industriel, certaines branches du génie civil furent plus novatrices et, bénéficiant des avancées des unes des autres, non sans risque de perte de transmission d'expérience. C'est en ce sens que l'on peut dire que la construction de barrages en soi n'a pas donné lieu à des innovations majeures au XIX<sup>e</sup> siècle. Elle s'est nourrie au contraire de toutes les innovations dans le génie civil, leur donnant dans certains cas une échelle jusque-là inconnue, au point que le chantier de barrage devint par la suite le chantier par excellence. Ce défi résultant de l'obligation de satisfaire un besoin consistait en la recherche de solutions techniques propres à surmonter les difficultés du site, tout en respectant un cadre budgétaire difficilement extensible. Dans ces conditions, l'ingénieur n'a pu trouver sa liberté que dans une maîtrise toujours plus grande de sa technique, ce qui était sa raison d'être lorsque son existence s'est affirmée au XVI<sup>e</sup> siècle.

Dans la période qui suivit la réalisation du Furens, la majorité des ouvrages restèrent très semblables à ceux réalisés jusqu'alors. La superficie des bassins versants limitait leur impact sur le régime des eaux. Quelques exceptions non seulement pour leur hauteur, mais pour leurs finalités et la dimension des bassins versant drainés, comme celle du barrage de Rochebut, préfiguraient l'avenir des barrages-réservoirs d'après 1920. Ceux-ci correspondent à un changement d'échelle dans les volumes stockés beaucoup plus que dans leurs propres dimensions structurelles.

La construction des barrages dans l'entre-deux-guerres en France s'appuiera sur l'adaptation de l'expérience de la construction américaine acquise entre les années 1905 à 1920. Elle sera suivie après la Seconde Guerre mondiale du transfert de la technique des barrages en terre de grande hauteur, enrichie de l'apport très important des entrepreneurs français dans le domaine des injections et des coupures étanches en fondations.

L'évolution technique est caractérisée par un échange permanent entre analyses théoriques et observations des ouvrages. Les méthodes de calculs de plus en plus sophistiquées associées à des techniques très pointues d'observations et de mesures, ont permis de valider des solutions

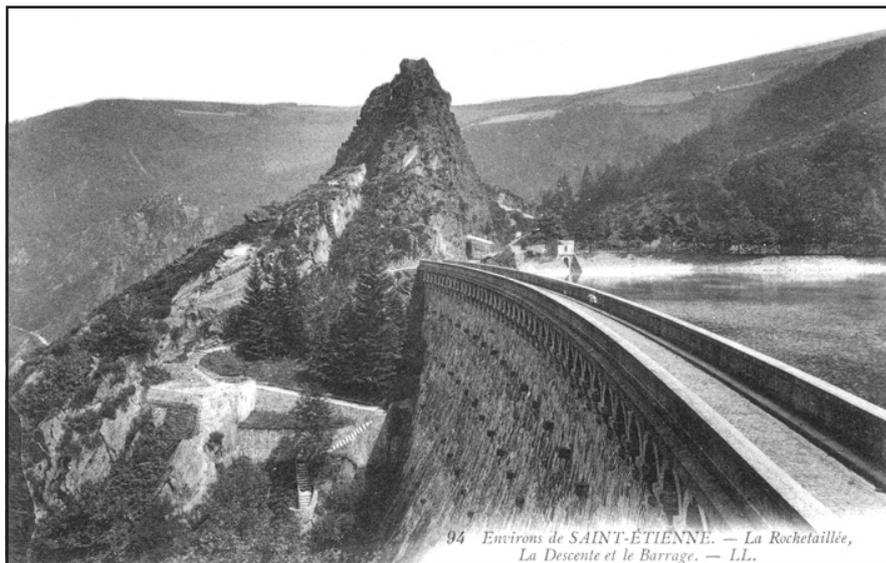
originales tant dans la conceptions des ouvrages que dans les méthodes d'exécution.

## 5. L'ENVIRONNEMENT ET LE PAYSAGE

### L'environnement

L'environnement n'était pas absent des préoccupations des constructeurs de barrages, comme d'une façon plus générale, des concepteurs et constructeurs des canaux de transport ou d'irrigation et de drainage, ainsi que des ouvrages d'endiguement des fleuves et rivières. Mais leur perception de l'environnement différait quelque peu de celle qui prévaut de nos jours. Le milieu naturel n'avait pas été encore sensiblement modifié par l'activité industrielle, l'urbanisation et les infrastructures de transport. Les systèmes hydrographiques n'avaient pas été bouleversés comme ils l'ont été de nos jours. Le souci de la conservation ou de la protection du milieu naturel et de ses ressources contre les agressions de l'activité industrielle, n'était pas encore perçu comme nécessaire. La conscience de limite des ressources naturelles semblait limitée à des domaines bien précis comme le charbon dans le cas de la France. La population de la France était, enfin, à peine supérieure à la moitié de ce qu'elle est aujourd'hui. L'écologie comme discipline scientifique ne commencera à se constituer qu'à partir de 1866.

La nature apparaissait comme un milieu beaucoup plus hostile qu'aujourd'hui. La mission de l'ingénieur était de l'aménager afin que les hommes qui l'habitaient fussent protégés contre les débordements des éléments naturels et puissent communiquer le plus librement possible. Le contact avec la nature était pour les ingénieurs beaucoup plus rude que de nos jours. Les moyens de transport, le cheval ou l'état des routes pour d'autres moyens de déplacement, le confort des lieux de séjour exigeaient une santé à toute épreuve. Toutefois, ils essayaient de tirer de la pratique de cette même nature les méthodes ou les connaissances qui permettraient de résoudre les problèmes auxquels ils étaient confrontés. Il est certain



94 Environs de SAINT-ÉTIENNE. — La Rochetaillée, La Descente et le Barrage. — LL.

**Barrage du Furens (1866), dont la conception marque une avancée dans l'art de construire les barrages en maçonnerie. Ouvrage à buts multiples – protection contre les crues, alimentation en eau, relèvement du débit d'étiage pour le fonctionnement énergétique des usines – il fut le plus haut barrage construit à l'époque. (Collection J.-L. Bordes.)**

que les ingénieurs de cette époque, à cause de leur origine terrienne jamais très lointaine, avaient une approche de l'environnement, celui de la nature à laquelle ils se confrontaient, extrêmement pragmatique, empreinte de modestie, pour les meilleurs d'entre eux. Cette attitude fut souvent la clé de leur succès.

Il y avait des choix propres à l'époque. Irriguer des terres pour nourrir des populations qui avaient encore le souvenir de famines, drainer et assécher des terres humides ou des marais synonymes de malaria, constituaient à leurs yeux un progrès qui ne souffrait aucune restriction. Barrer une rivière pour amener l'eau dans les villes pour laver les rues, arroser les plantations, vaincre la typhoïde par une meilleure qualité de l'eau distribuée et faire fonctionner un système d'égouts, trouver des modes d'épuration des effluents, étaient une forme d'action en faveur de l'environnement, qui est d'ailleurs encore de nos jours une grande partie de l'activité économique de ce qui est rangé sous ce vocable.

Le début de l'ère industrielle et les phases suivantes à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle sont des périodes de prises de conscience des effets à combattre de l'activité industrielle, dont la pollution. Mais cette dernière était aussi le résultat de la modification du style de vie des populations, et en particu-

lier de la croissance des villes dans lesquelles les conditions d'hygiène étaient déplorables. Il y a peu de traces de la prise de conscience de l'évolution des espèces en fonction de l'activité humaine. Des efforts furent faits pour préserver la pêche, plus que pour répondre à un souci de conservation des espèces. Les premières échelles à poisson datent du XVIII<sup>e</sup> siècle.

### Le paysage

Les ingénieurs étaient très sensibles à l'impact de leurs réalisations. Il leur conférait un aspect monumental qui traduisait la volonté politique d'aménagement du territoire lorsqu'ils agissaient pour le compte de l'Etat, ou l'affirmation de la puissance économique de l'industriel qui avait commandé une construction.

Ils remodelaient le paysage par leurs routes et les ouvrages d'art qui leur étaient associés, de même par les chemins de fer ou les canaux bordés d'arbres. La qualité monumentale des portails de tunnels, des ponts, des parements aval des barrages en maçonnerie, leur importait beaucoup. Pour ces derniers ouvrages, il suffit de lire les spécifications sur la qualité des matériaux et leur mise en place, relatives à des parties qui pourraient apparaître comme des

détails, ou de contempler le barrage du Furens. L'art des jardins de l'époque classique inspirait leur choix et les dispositions adoptées. Certains aménagements comme celui des jardins de Versailles ont combiné les nécessités édilitaires et la réalisation de parcs où les plans d'eau étaient un élément fondamental d'organisation du paysage. Mais si, sur des photos ou cartes postales, les évacuateurs de crue sont qualifiés de cascades et dans certains cas apparaissent comme de véritables jeux d'eau, il s'agit d'une heureuse coïncidence. Le second Empire est l'époque pendant laquelle est lancé un programme de reforestation de la montagne et de restauration des torrents de montagne pour lutter contre l'érosion des sols et les inondations. On peut en voir les effets en regardant les photos de la fin du siècle du barrage de Pas du Riot ou de celui de Grosbois. Le paysage dénudé est, de nos jours, couvert de forêts.

Avec ou sans barrage, le paysage tout au long de la période étudiée s'est modifié. Le second Empire, grâce à l'arrivée de l'eau dans les villes, a pu façonner le paysage urbain. L'amenée de l'eau en quantité a été la raison de la construction de véritables fontaines temples des eaux à la façon romaine. Car la mise en place d'un système d'égout, condition fondamentale d'amélioration de l'hygiène, est indissociable de la disponibilité de l'eau en grande quantité. Cette dernière permet aussi le développement des parcs et jardins et la plantation d'arbres le long des avenues, comme s'en félicitait la municipalité d'Aix-en-Provence, en faisant le bilan du barrage Zola. En dehors des villes, la transformation du paysage a été le fait des canaux et des rivières canalisées dont on ne retrouve la configuration hydraulique initiale que lors des périodes de chômage imposées pour l'entretien des barrages. C'est une première étape de la perte de conscience de la réalité des choses, et de l'oubli que les crues, même atténuées, sont dans la nature de l'écoulement de l'eau de surface. C'est ainsi que ce type d'aménagements a pu profondément modifier l'organisation des villes construites au bord d'une rivière ainsi que les relations des populations avec le cours d'eau. Jusqu'en 1920, les barrages étaient encore de taille modeste. Entre deux ouvrages, les rivières étaient libres et n'étaient pas

encore transformées en un escalier énergétique, avec des plans d'eau, source de nouvelles activités mais aussi de nouvelles entraves dans les circulations d'une zone à une autre. Un canal marquait au départ le paysage d'une balafre à grande échelle. On peut alors remarquer à quel point la nature sait cicatriser ce genre de blessure. Ces voies d'eau sont devenues des éléments qui semblent exister depuis tout temps et correspondre à une nécessité naturelle. Elles sont défendues comme faisant partie du patrimoine de notre paysage.

Plus qu'un autre ouvrage du monde industriel, le barrage-réservoir participe de la transformation du paysage, avec une certaine brutalité par la discontinuité qu'il introduit, plan d'eau en amont, chute avec cascades en temps de crue, modification du régime des eaux en aval. Le paysage initial est totalement effacé. Certains jugeront qu'il s'agit d'une agression intolérable. D'autres admireront au contraire à la fois les apports esthétiques de l'ouvrage, de sa structure et du plan d'eau en amont, ainsi qu'une œuvre qui répond à la satisfaction de tant de besoins. De toutes les façons, un barrage structurellement ne constitue jamais une agression. On ne s'oppose jamais à la nature. Mais il n'y a pas d'ordre intemporel. Avant l'industrie, les pratiques culturelles avaient déjà modifié le paysage. On sait par la géologie que l'ordre immuable des choses n'est qu'apparent. Un barrage s'insère dans le paysage en faisant corps avec la structure géologique. C'est à cette condition qu'il peut répondre à sa fonction. C'est un des ouvrages d'art par excellence.

## 6. CONCLUSION

Dans le recensement des finalités auxquelles répondaient les barrages, nous avons constaté que le besoin énergétique, toujours prégnant dans le cas du développement industriel français, courrait plus ou moins masqué, à tel point que s'est perdue la mémoire de bien des finalités initiales d'ouvrages toujours existants. La difficulté du financement, du fait de la dispersion des bénéficiaires éventuels, fut souvent le frein à l'aboutissement des projets. Exception faite des barrages construits pour le transport par eau, et dont le financement était principalement assuré par

l'Etat, tous les autres ouvrages, inventés et projetés souvent très longtemps avant leur réalisation, durent attendre que le financement fût assuré, c'est-à-dire que les acteurs promoteurs se définissent, s'organisent et soient reconnus par l'autorité publique qui gérait le territoire. L'argent ne pouvait venir que de deux sources – l'énergie ou la fourniture d'eau potable. L'irrigation pas plus que le transport ne permettait de financer les ouvrages de stockage.

L'histoire de l'aménagement de la Durance le démontre plus encore que celui du Rhône. Le barrage de Serre-Ponçon est rentré dans le domaine du réel, lorsque la finalité énergétique a pu être prise en compte, après la naissance de l'électricité. Le barrage de Génissiat est né aussi de la révolution hydroélectrique.

Dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, après le court intermède de la construction des canaux à point de partage, qui requièrent la réalisation d'ouvrages de dimensions jusqu'alors inconnues, encore que d'importance relative, le moteur le plus important de la construction de barrage a été la nécessité de mobiliser des ressources en eau à des fins énergétiques et, dans une moindre mesure, pour l'eau potable. Ce n'était que le développement d'une demande qui existait depuis le Moyen Age et qui avait soutenu depuis lors la réalisation de petits barrages. La finalité énergétique, déjà très importante avant 1900, devint alors prépondérante.

Les difficultés techniques, dans le seul domaine du génie civil, n'ont jamais constitué un obstacle majeur. Par contre, la frilosité des acteurs économiques, un certain malthusianisme a certainement freiné le développement de ces aménagements. ■

### Bibliographie sommaire

J.-L. Bordes, *Mobilisation et régularisation des ressources en eau, les barrages-réservoirs du milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle au début du XX<sup>e</sup> siècle en France*, thèse pour le doctorat d'histoire de l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, xi-xlv-589-34 p.

D. Woronoff, *Histoire de l'industrie en France du XVI<sup>e</sup> siècle à nos jours*, Paris, Le Seuil, 1994, 1 vol., 673 p.

*Histoire générale de l'électricité en France*, tome 1 : Espoirs et conquêtes 1881-1916, sous la direction de F. Cardot et F. Caron, Paris, Fayard, 1991, 1 vol., 999 p., tome 2 : L'interconnexion et le marché 1919-1946, sous la direction de M. Lévy-Leboyer et H. Morsel, 1994, 1 438 p.