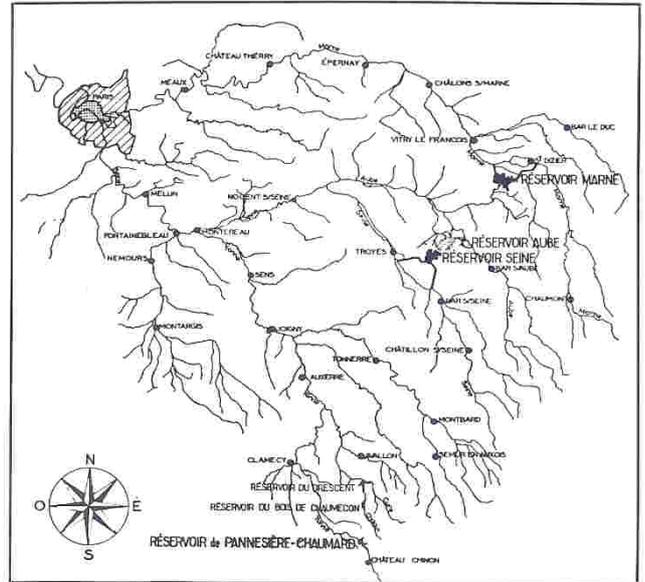


Des barrages-
réservoirs
pour discipliner
la Seine



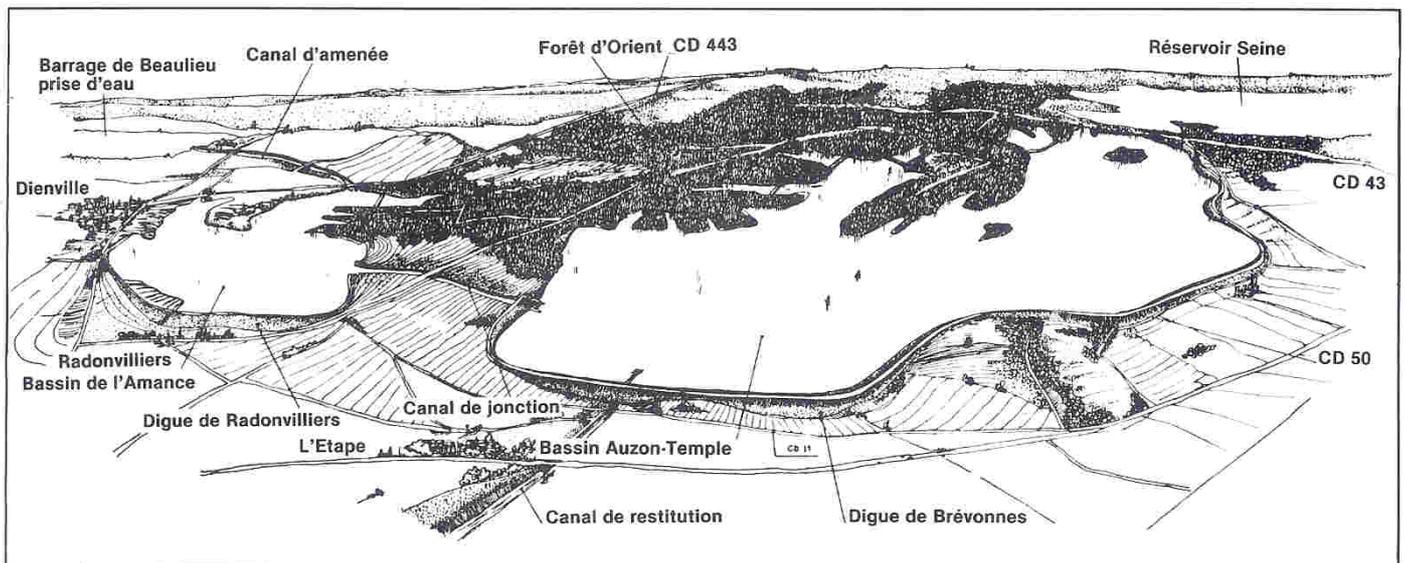
Le barrage-réservoir « Aube »

- la digue de Radonvilliers
- la digue de Brévonnes

Le 17 janvier 1910, la crue avait commencé à Paris ; le 20, la navigation était interrompue sur la Seine, et le 28, le niveau maximum était atteint ; ce n'est que le 15 mars que le fleuve regagna non sans mal son lit. Quelques jours plus tard, sous le titre évocateur « la Seine à

domicile », Guy de Lubersac dans l'Echo de Paris, publiait un article relatant les signes de mauvaise humeur de la Seine : « Suivons-la donc un instant. Elle passe par-dessous les quais près du pont de Sully, envahit la ligne de la gare d'Orsay. Emprisonnée dans cette cage sans issue,

elle fait sauter les dalles du trottoir devant le Palais de la Légion d'Honneur, descend en cascade jusqu'au boulevard Saint-Germain, percé comme une écumoire par le puits de la ligne du métropolitain Nord-Sud. Elle s'engouffre dans ces trous, va rejoindre les eaux de l'égout de la Bière



GRAND CHANTIER

et la rive gauche qui a cédé au croisement de la rue de l'Université. Rien n'arrête plus ce torrent ».

En 1924, une autre grande crue aussi importante et dévastatrice que la précédente ; nouvelle saute d'humeur sauvage ; elle détermina les pouvoirs publics de l'époque, à « endiguer » cette succession de « débordements », de plus ou moins grande importance, mais qui, dans tous les cas, ne pouvaient que perturber la vie des Parisiens, d'autant qu'entre ces deux catastrophes, le tissu urbain s'était très sensiblement accru dans le Bassin de la Seine. Pour les élus, obligés de se rendre à la Chambre en barque et pour le Département, c'en était trop !

1925 fut une année déterminante. Le Département de la Seine décide alors de prendre le problème en main et de calmer ce fleuve au caractère parfois trop impétueux.

Ainsi, les caprices de l'Une conjugués aux mauvaises humeurs des Autres, donnent naissance aux premiers ouvrages permettant de stocker les eaux des rivières à des périodes où elles sont les plus importantes, pour les restituer en été.

D'abord avec des ouvrages de capacité modeste comme les barrages de Crescent et du Bois de Chaumeçon, situés dans le Morvan et construits entre les années 1930 et 1934, puis par des ouvrages de plus grande importance, à l'exemple du barrage en béton de Pannesière-Chaumard, également dans le Morvan (vallée de l'Yonne), mis en service en 1950, d'une capacité totale de 82 millions de m³.

Le barrage « Seine », d'une capacité de 205 millions de m³, constitué d'une digue en terre, a été terminé en 1966. Situé au cœur du Parc Naturel Régional de la Forêt d'Orient, il est tout aussi connu des touristes et des riverains sous le nom exotique de « Lac de la Forêt d'Orient ». Il couvre une superficie de 2 300 hectares et présente un caractère fortement touristique. Cet ouvrage aura une action déterminante sur les crues et renforcera considérablement les débits les plus faibles.

Le barrage Marne, quant à lui, a été mis en service en 1974. Il permet de stocker 350 millions de m³. Situé près de Saint-Dizier, il est aussi constitué de digues en terre.

1964 est une année marquée par deux lois importantes :

- la loi sur l'eau qui donne jour aux Agences Financières de Bassin,
- la loi sur la réorganisation de la Région Parisienne, qui entraînera en 1968, la disparition du département de la Seine, puis la création des départements de Paris, Hauts de Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne.

Enfin, en 1969, apparaît l'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs du Bassin de la Seine, regroupant ces quatre départements.

Elle fut créée pour poursuivre et dévelop-

per l'action du Département de la Seine, en vue de la régularisation du fleuve. L'Institution est ainsi chargée de gérer les ouvrages existants et d'en créer de nouveaux. C'est dans ce contexte, et dans le but de poursuivre le programme commencé il y a maintenant plus de soixante ans par le Département de la Seine, que l'Institution Interdépartementale proposait la création d'un nouvel ouvrage, le Barrage-Réservoir « Aube », en complément de ceux énumérés plus haut et dont l'Institution en est aujourd'hui propriétaire.

L'action des barrages-réservoirs

En raison de l'importance des intérêts en jeu, l'exploitation des barrages-réservoirs est conduite suivant des consignes établies pour chaque ouvrage, dans le cadre d'un règlement d'eau approuvé par arrêté préfectoral, après enquête d'utilité publique. Leurs fonctions principales : lutter contre les crues et relever les étiages.

L'arbitrage entre ces deux objectifs résulte d'une étude statistique des débits des rivières dans le passé.

Les consignes obtenues fixent notamment, pour chaque mois, un niveau de remplissage normal qui n'est dépassé que si une crue importante survient. Dans ce cas, il est prévu après la crue, de vider partiellement le réservoir pour revenir à l'objectif de remplissage fixé de manière à pouvoir faire face à l'arrivée d'une nouvelle crue, toujours susceptible de se produire.

L'effet des barrages est directement sensible à l'aval immédiat des ouvrages : des agglomérations comme Troyes et Saint-Dizier sont pratiquement à l'abri des crues grâce aux barrages « Seine » et « Marne ». Les débits dérivés ont atteint plus du tiers

du débit en rivière pour le barrage « Seine » et la moitié pour le barrage « Marne ».

A Paris, l'effet est plus nuancé et dépend beaucoup de la nature de la crue et des portions du bassin de la Seine impliquées. Il est maximum lorsque les rivières du haut bassin, contrôlées par les barrages, sont concernées. Il est très faible lorsque la crue intéresse surtout les rivières de la basse vallée comme le Petit et le Grand Morin et le Loing, non contrôlées par les barrages.

Toutefois, les très fortes crues, les plus dommageables, concernent l'ensemble du bassin, et l'on a calculé que les barrages en service abaisseraient à Paris, une crue analogue à celle de 1910, d'environ 1,30 mètre, ce qui met pratiquement l'agglomération parisienne à l'abri de dommages sérieux.

Pendant la saison sèche, le débit naturel de la Seine peut descendre en-dessous de 25m³ par seconde. Sans les lâchures des barrages, le débit serait insuffisant pour assurer la salubrité du fleuve, l'alimentation en eau des centres urbains et permettre des conditions normales de navigation.

Les barrages permettent un renforcement des étiages.

Leur apport atteint en moyenne 60 m³ par seconde, soit plus de 5 millions de m³ par jour.

Mais, cette action des barrages n'est pas encore à la mesure des besoins du bassin de la Seine : usages domestiques, industriels et agricoles.

En outre, un effort important reste à accomplir pour améliorer la qualité des eaux des rivières qui, en période d'étiage, est loin d'être satisfaisante.

Ces raisons ont conduit l'Institution Interdépartementale à poursuivre le programme de construction de grands barrages-réservoirs.

La construction du barrage-réservoir Aube

Cet aménagement a été approuvé par l'Etat en 1979. Les partenaires financiers de l'Institution pour cette opération, sont : l'Etat, l'Agence Financière de Bassin « Seine-Normandie » et la région Ile-de-France.

Electricité de France dont la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine consommera en été une part notable des eaux restituées, apportera de son côté, une contribution non négligeable. Le coût global de l'opération est estimé à 1 milliard 330 millions de francs (valeur janvier 1984).

C'est en 1983 que les premiers travaux ont débuté. Leur achèvement est prévu en 1989 si les intempéries le permettent.

Nous l'avons souligné, c'est en 1974 que l'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs décida la création d'un ouvrage supplémentaire, en rive gauche de l'Aube, qui, en harmonisation avec les barrages « Seine », « Marne », et « Pannesière », aura une double influence :

- lors des crues d'hiver, le réservoir permettra de prélever en Aube jusqu'à 2/3 du débit maximal de cette rivière ; il permettra un abaissement supplémentaire du niveau des crues à Paris de 40 cm environ ;
- à partir du mois de juin jusqu'à fin octobre, 15 m³ d'eau par seconde seront restitués à la rivière. Ce réservoir de 175 millions de m³ (capacité utile 168 millions de m³) est ainsi destiné essentiellement à régulariser l'Aube.

La conception de l'ouvrage, dans son ensemble, se présente sensiblement comme les réservoirs « Seine » et « Marne ».

C'est un ouvrage construit en dérivation par rapport à la vallée de la rivière Aube qu'il doit contrôler ; une seule distinction : le barrage-réservoir « Aube » est constitué de deux bassins reliés entre eux par un canal de jonction. Fermés par des digues en terre, ces bassins sont constitués par les cuvettes naturelles de l'Amance, de l'Auzon et du Temple, affluents de l'Aube.

Les marchés

Compte tenu de l'importance des travaux, l'aménagement général du barrage-réservoir « Aube » a été scindé en cinq marchés distincts :

- construction des ouvrages d'amenée : (barrage en rivière, prise d'eau et canal d'amenée). Marché confié aux entreprises Pertuy pour le lot principal, Neyrpic et Spie-Trindel pour les lots accessoires (équipements mécaniques et électromécaniques). Principales entreprises sous-traitantes : SIF Bachy (paroi moulée), Roussey, Brienne Bar Béton ;

- construction des ouvrages de clôture du bassin Amance : Groupement des entreprises adjudicataires : Bec Frères (manda-

Les records

Quelques-unes des grandes crues dépassant la cote de 6 m au Pont d'Austerlitz.

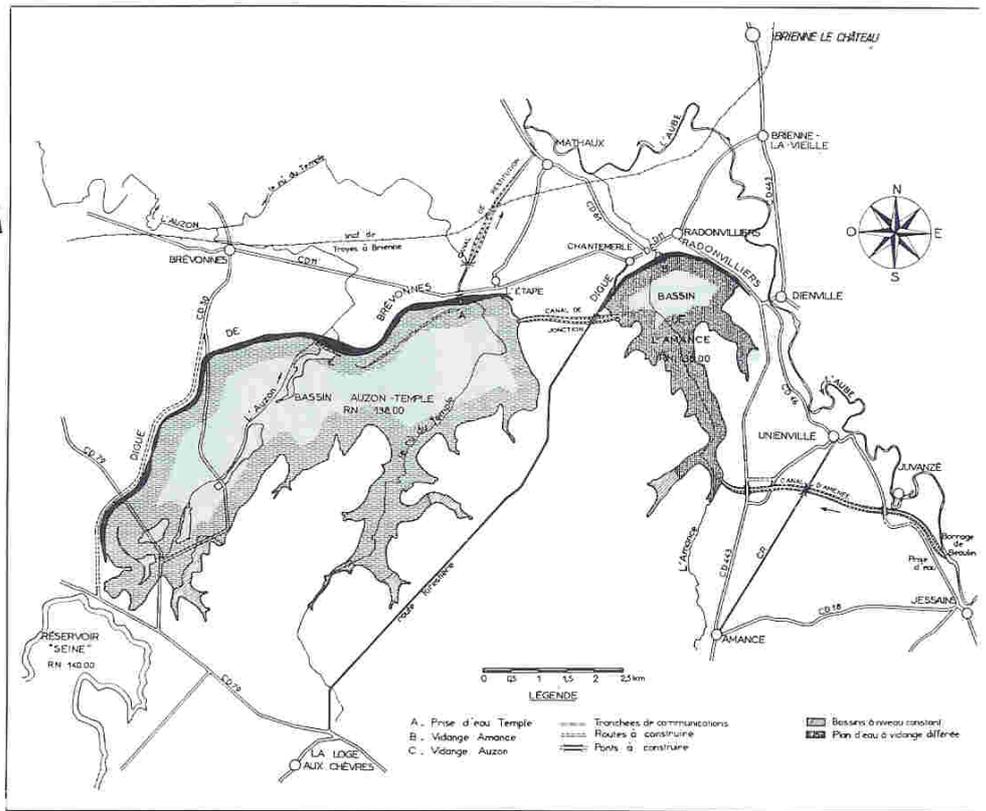
- 26 décembre 1740 : 8,05 m
- 5 mars 1741 : 7,77 m
- 9 février 1799 : 7,65 m
- 9 février 1764 : 7,48 m
- 23 mars 1781 : 6,87 m
- 4 mars 1784 : 6,81 m

taire), Guintoli, Demathieu et Bard. Principales entreprises sous-traitantes : STR Strasbourg Entreprise (électromécanique), Berthold (génie civil), S.A. Garon Bedel (filtres et drains), SIF Bachy (paroi moulée), Viafrance (revêtement des talus), Brienne Bar Béton (fourniture des bétons), CETE de St-Quentin et Trappes (Sondages et diagraphies) ;

- construction des ouvrages de jonction : Dragages et Travaux Publics (mandataire), Pertuy, Spie-Trindel et Neyrpic ;

- construction des ouvrages de clôture du bassin Auzon-Temple : Groupement des entreprises adjudicataires : Société de construction du Barrage-Réservoir Aube, BRA, constituée des entreprises : Razel Frères (mandataire), Léon Ballot, Bec Frères, Léon Chagnaut, GTM/BTP, Dumez, Guintoli, Chantiers Modernes, S.G.E., Pertuy, D.T.P. Principales entreprises sous-traitantes : SIF Bachy (paroi moulée), Charroy, Roussey, Brienne Bar Béton.

- construction des ouvrages de restitution : Entreprise Pertuy.



Plan d'ensemble de l'aménagement.

Caractéristiques de l'aménagement

Le barrage-réservoir « Aube » est situé à proximité de Brienne-le-Château, dans le département de l'Aube, en Champagne humide, implanté comme le réservoir « Seine » dans le parc naturel de la Forêt d'Orient, à l'Est de la ville de Troyes. La surface totale des deux plans d'eau, des digues et des différents canaux de

communication, couvre une emprise de terrain de 3 000 hectares environ, dont moins de 850 hectares de terres agricoles.

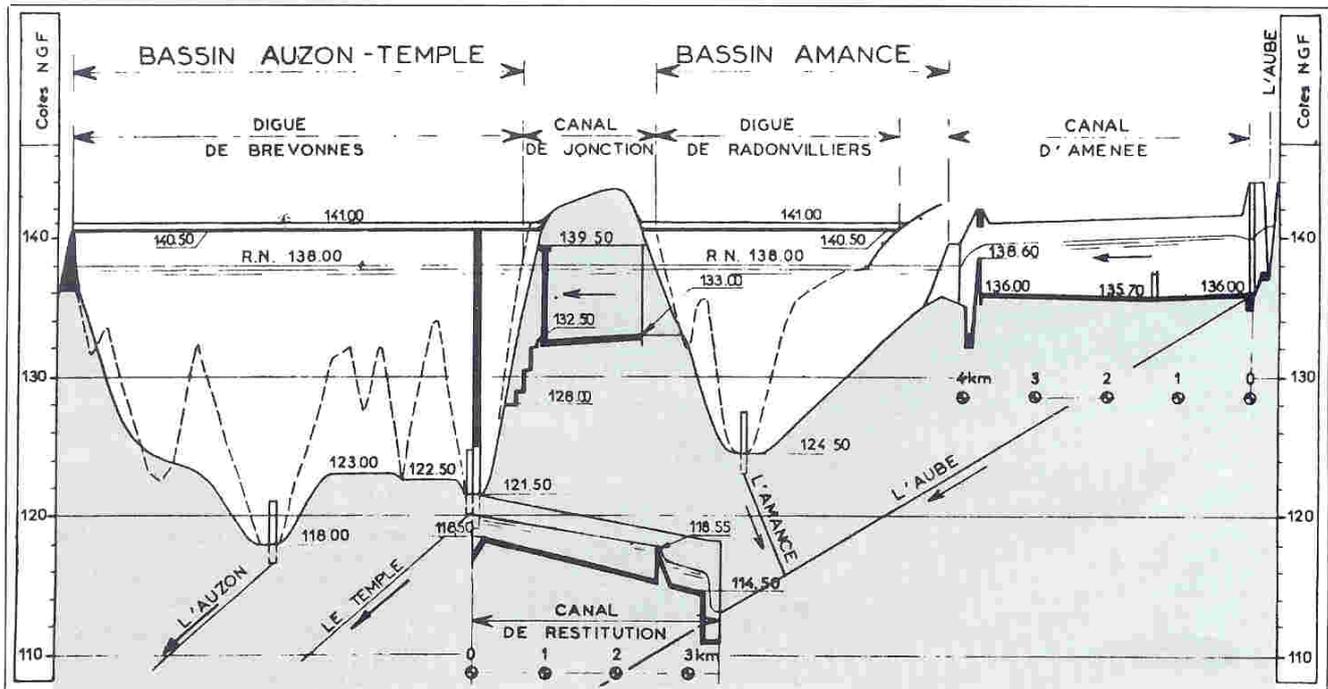
La topographie du site a conduit à répartir les eaux du réservoir en deux lacs distincts :

- le bassin Amance, juxte les villages de Dienville, Radonvilliers et Chantemerle, le

long de la départementale n°11. D'une superficie de 500 hectares, le bassin Amance est prévu pour contenir 23 millions de m³ d'eau ;

- le bassin Auzon-Temple s'insère entre les villages de l'Etape et de Brevonnes et du bassin « Seine ». Sa superficie de 2 000 hectares lui assurera une capacité de

Profil en long schématique de l'aménagement.



GRAND CHANTIER

152 millions de m³ d'eau.

Les deux lacs « s'articulent » à l'intérieur d'un ensemble d'ouvrages : un barrage en rivière et prise d'eau, canaux d'aménée, de jonction et de restitution, qui leur permettront d'être alimentés à partir de la rivière Aube, ou de restituer les eaux à cette même rivière.

Caractéristiques techniques des ouvrages

– le barrage en rivière et prise d'eau

Ces deux ouvrages sont construits sur la rivière proprement dite – l'Aube – dans le but de créer un exhaussement artificiel de la rivière en amont des bassins, et assurer une dérivation gravitaire des eaux, par l'intermédiaire du canal d'aménée vers le premier bassin, le bassin Amance. Le barrage en rivière de 60 m de largeur se substitue à un ancien barrage (de Baulieu) exploité jusqu'en 1981 par E.D.F.

Un aménagement de berges a été réalisé en amont du barrage, pour permettre, le cas échéant, de retenir les corps flottants qui pourraient s'engouffrer dans le système de vannage.

Un muisoir de séparation entre la rivière proprement dite et l'entonnement du canal d'aménée assure la répartition des eaux. Il a été étudié sur modèle réduit au Laboratoire Hydraulique de Chatou, de façon à assurer une répartition harmonieuse des vitesses au niveau de la prise d'eau.

Un poste de commande gère la totalité des alarmes et des contrôles liés aux ouvrages, non seulement ceux qui sont situés sur le barrage en rivière et prise d'eau, mais également, ceux beaucoup plus lointains que l'on retrouve aux différentes vidanges, et au réservoir d'extrémité du canal de jonction.

Le barrage en rivière comporte deux passes de 12 m de largeur, munies de vannes segments, elles-mêmes équipées de volets déversants. En rive droite, un seuil de 30 m de longueur permettra de laisser passer les débits réservés de la rivière, fixés en fonction du règlement d'eau. En rive gauche, se trouve la prise d'eau avec son portique et deux vannes batardes amont, de 9 m de largeur, de type « tout ou rien », qui sont des vannes de sécurité, la commande des débits entrant dans le canal d'aménée se faisant par le jeu de vannes segments sans volet déver-

Machine SGME pour la construction du revêtement du canal d'aménée, des canaux de jonction et de restitution.

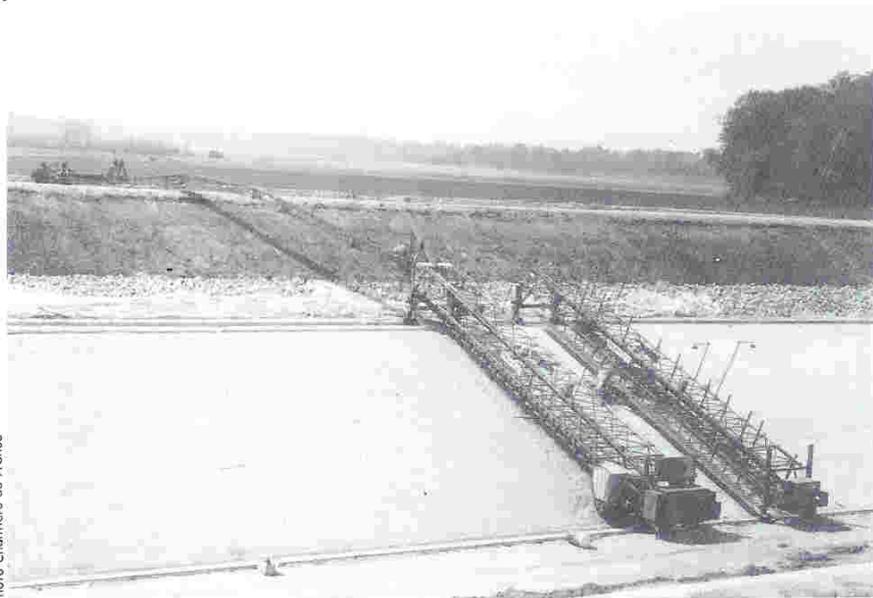


Photo Chantiers de France



Barrage en rivière et prise d'eau.

Photo Chantiers de France

sant. Une grille en amont de la prise permet d'arrêter les corps flottants non retenus par le dispositif de berges.

Afin d'assurer la stabilité des ouvrages et éviter un contournement sous l'ouvrage, il a été nécessaire de réaliser un voile d'injection périphérique, qui descend à 20 m de profondeur environ, et dans lequel il a été injecté 7 000 tonnes environ de ciment bentonite.

Lancés en mars 1983, les travaux sur ce site sont terminés.

– Le canal d'aménée

Construit en totalité en déblais, cet ouvrage est long de 4 kilomètres. Il sera susceptible de dériver 135 m³/sec, ce qui représente les 2/3 de la plus grande crue connue de l'Aube, au niveau des ouvrages de prise d'eau. Il se développe successivement dans les calcaires de portlandien, les calcaires du hauterivien au-delà, dans les marnes du barrémien inférieur appelés aussi argiles ostréennes, qui sont en fait des marnes assez compactes, comportant également des bancs calcaires qui n'ont pas toujours été faciles à terrasser.

La présence de calcaires du portlandien, assez disloqués, a nécessité des injections du terrain sur les 800 premiers mètres.

Peu d'explosifs ont été utilisés pour le terrassement de 2 200 000 m³ de matériaux mis en dépôt, de façon à ne pas créer de gêne au niveau paysager et des entreprises agricoles.

Le canal d'aménée est penté dans son développement sur le premier kilomètre de sa longueur, puis contrepenté au droit du village de Juvenzé, du fait de la proximité de l'Aube. Un ouvrage de vidange a été réalisé à ce point bas pour permettre, le cas échéant, d'entreprendre des travaux d'entretien ou de réparation, une fois l'ouvrage mis en eau.

Le revêtement de ce canal est constitué d'un filtre drainant en sable 0/5 de 0,30 m d'épaisseur, surmonté d'un revêtement en béton (sans armature) de 0,15 m, rendu imperméable par la mise en place de joints secs d'étanchéité, et d'un réseau de barbacanes, ménagées dans des dalles du revêtement. L'approvisionnement et la mise en place du béton au niveau du radier (6 m de largeur), ont été réalisés de manière classique, la mise en œuvre se faisant par l'intermédiaire de bastinges et d'une règle vibrante.

En ce qui concerne le revêtement des talus, sa mise en œuvre a été réalisée par une machine SGME, par bandes transversales de 1,50 m de largeur. Elle a permis, à la fois, la mise en place des sables du filtre et celle des bétons. Afin de respecter la pente de 2/5 de base pour 1 m de hauteur, la machine est guidée par laser.

Malgré les études d'impacts, un tel aménagement n'est pas sans toucher les structures de communications existantes ; c'est ainsi que des dispositifs ont été entrepris, pour permettre le franchissement du canal par le CD 46, emprunté par les riverains, principalement des agriculteurs.

A l'extrémité aval du canal, le déversoir est associé à un ouvrage de franchissement du CD 443, et permet sa continuité entre Vendœuvre et Dienville. D'une façon générale, les travaux nécessitent la déviation de chemins départementaux, ruraux et forestiers, la construction de neuf ponts pour le franchissement des canaux, ainsi que la déviation d'une ligne à haute tension.

Les deux millions de mètres cubes de déblais du canal, ont été répartis sur cinq dépôts définitifs, dont l'implantation a été arrêtée en concertation avec les communes concernées. Le plus important, de 36 hectares, au lieu-dit « la Côte Moutonne », sera restitué à l'agriculture.

Le déservoir d'extrémité qui ponctue la fin du canal d'aménée est de type « Crétaire », revêtu d'enrochements, compte tenu des vitesses relativement importantes qui pour-



Photo Chantiers de France

Ouvrage de franchissement du canal d'aménée.

ront être enregistrées dans cette zone. Sa géométrie a été étudiée au Laboratoire Hydraulique de Chatou, de manière à ce que ces vitesses soient inférieures à 1 m/sec et ne viennent pas éroder les rives courbes notamment en rive gauche du canal. Le radier de cet ouvrage est largement dimensionné, puisque sa largeur est de l'ordre de 30 m.

Le seuil du déversoir est calé à la cote 136 NGF, alors que le plan d'eau de retenue normale dans le réservoir est de 138 NGF, et en retenue exceptionnelle de 138,50 NGF.

– La digue de Radonvilliers

Cet ouvrage de clôture est destiné à contenir les eaux du bassin Amance, nom d'une petite rivière affluent de l'Aube, à l'aval du village de Radonvilliers. Ce bassin présente une superficie de l'ordre de 500 hectares pour une caté relativement modeste, de 23 millions de m³, par rapport aux retenues déjà en service.

C'est une vallée largement ouverte sur la vallée de l'Aube, et pour en limiter les contours il a donc fallu construire une digue longue d'un peu plus de 3 kilomètres.

La digue est constituée d'un noyau en limon argileux relativement plastique, au centre de l'ouvrage avec, de part et d'autre, deux filtres, amont et aval, anti-contaminants, situés entre le noyau proprement dit et les recharges qui sont des matériaux argileux-graveleux.

Le filtre aval est en communication avec un réseau de « bretelles » drainantes, disposées tous les 15 m environ, et en liaison avec un massif drainant implanté en pied aval de la digue.

Le corps amont de la digue est équipé de quatre tapis drainants, superposés, destinés à faciliter les vidanges rapides.

Epousant le relief du terrain naturel, la digue de Radonvilliers présente, à sa base, une largeur variable déterminée en fonction de sa hauteur qui, dans tous les cas, ne dépasse pas 16 m.

L'ouvrage est fondé successivement sur :

- une couche de surface décapée, composée de terre végétale,
- une couche de matériaux limoneux d'une épaisseur maximum de 1 m,
- une couche d'argiles graveleuses, elle aussi de hauteur variable, comprise entre 1 et 2 m,
- les argiles du Gault pouvant se dévelop-

per jusqu'à une profondeur de 80 m, dans le sous-sol du terrain.

Tous les matériaux constitutifs, en ce qui concerne le corps de digue tout au moins, ont été prélevés à partir d'emprunts, préalablement reconnus, se trouvant dans la cuvette du bassin Amance.

La présence de graves argileuses a nécessité la réalisation d'une paroi moulée de 0,80 m d'épaisseur, ancrée dans le Gault, se développant sous le noyau, sur toute la longueur de la digue.

Le revêtement amont est constitué d'une couche de base en grave-bitume et d'une couche de surface en enrobés poreux.

Le talus aval, lui est simplement recouvert de terres végétales.

– Le canal de jonction

Entre les deux bassins, celui de l'Amance et de Auzon-Temple, les eaux transiteront par l'intermédiaire du canal de jonction, ouvrage de 1 600 mètres environ, terminé par un déversoir d'extrémité muni de vannes qui permettront de maintenir les eaux du bassin amont à niveau constant, c'est-à-dire à la cote 138 NGF, et par le jeu des vannes, d'assurer le remplissage du second.

Dans sa partie Est, un ouvrage de franchissement contribue à maintenir le passage du CD 02 (route forestière).

Le revêtement des talus du canal a été également assuré par la machine SGME, chargée des travaux du canal d'aménée. Cette machine se compose de deux poutres, l'une assurant la mise en œuvre du filtre ou du béton, approvisionnés à partir d'une sauterelle située sur un chemin de service en haut du talus, l'autre, à partir de laquelle il est exécuté le scillage de joints dans le revêtement bétonné, ainsi que le talochage des zones à reprendre et la mise en œuvre des produits de traitement.

Comme le canal d'aménée, celui de jonction a été entièrement réalisé en déblais dans le terrain naturel, dans lequel, 800 000 m³ de matériaux ont été extraits et mis en dépôt en aval de l'ouvrage.

Ces terrassements se sont effectués successivement en surface, dans la couche limoneuse, puis dans certaines zones de gravier jusqu'aux argiles du gault qui présentent une épaisseur variable, comprise entre 40 et 80 m suivant les zones.

– La digue de Brévonnes

Elle ferme, sur une longueur de 10 kilomètres environ, entre le lieu-dit de l'Etape et

Le canal d'aménée à l'aval du barrage en rivière



Photo Chantiers de France

Aménagement du canal de jonction.



GRAND CHANTIER

le bassin « Seine », le bassin de Auzon-Temple, qui se caractérise par la présence de deux petites vallées, celles de l'Auzon, située sensiblement à la cote 122 NGF, et du Temple à la cote 121 NGF ; elles sont toutes les deux parcourues par deux petits rus de même nom, affluents de l'Aube.

Nous l'avons précédemment souligné, la superficie du bassin dans sa totalité (2 000 hectares) et sa capacité (152 millions de m³) sont nettement plus importantes que celles du bassin Amance.

La construction de la digue de Brévonnes qui ferme le bassin Auzon-Temple est essentiellement réalisée en remblais de terre. Les principaux ouvrages de génie civil réalisés sur ce site, sont ceux qui vont permettre les transferts hydrauliques, d'une part, entre les deux cuvettes de l'Auzon et du Temple, par une tranchée de communication parallèle à la digue, calée à la cote 118 NGF, et d'autre part, ceux qui vont permettre de restituer les débits de l'Auzon et du Temple, à l'aval de la digue, en direction de la rivière Aube.

Le rétablissement de ces débits se fera, pour l'Auzon, par une petite galerie de vidange en béton armé, équipée d'une conduite de \varnothing 750 mm, qui traversera le corps de digue, pour le Temple, par une autre galerie de vidange en relation directe avec le futur canal de restitution, lui-même prolongé jusqu'à l'Aube.

Là aussi, préalablement aux travaux de terrassement, un certain nombre de voies de communications traversant la cuvette, ont dû être déviées ou transférées en partie aval de la digue.

La digue de Brévonnes présente une largeur en pied variable ; elle est fonction, bien évidemment, de la hauteur de l'ouvrage qui épouse le relief du terrain naturel ; cette hauteur ne devrait pas dépasser 22,50 m (cote 140,5 NGF).

La totalité des matériaux nécessaires à sa construction est extraite à partir d'emprunts, tous situés dans la cuvette du bassin Auzon-Temple.

Le corps de digue est constitué d'un noyau



Digue de Brévonnes : mise en œuvre sur digue.

Photo Chantiers de France

limoneux, conforté de part et d'autre d'argiles du Gault ou marnes de Briennes.

La digue est traversée, en son centre, sur toute sa longueur, par une cheminée drainante (filtre interne vertical), reliée à un tapis drainant subhorizontal de 0,30 m d'épaisseur, implanté en pied sur toute sa longueur.

La cheminée est également en relation avec un réseau de « bretelles » drainantes, disposées perpendiculairement, tous les 15 mètres environ, récupérées par un caniveau.

Le talus aval de la digue est revêtu de grave sur une épaisseur de 0,80 m, surmonté de terre végétale, d'une épaisseur de 0,20 m.

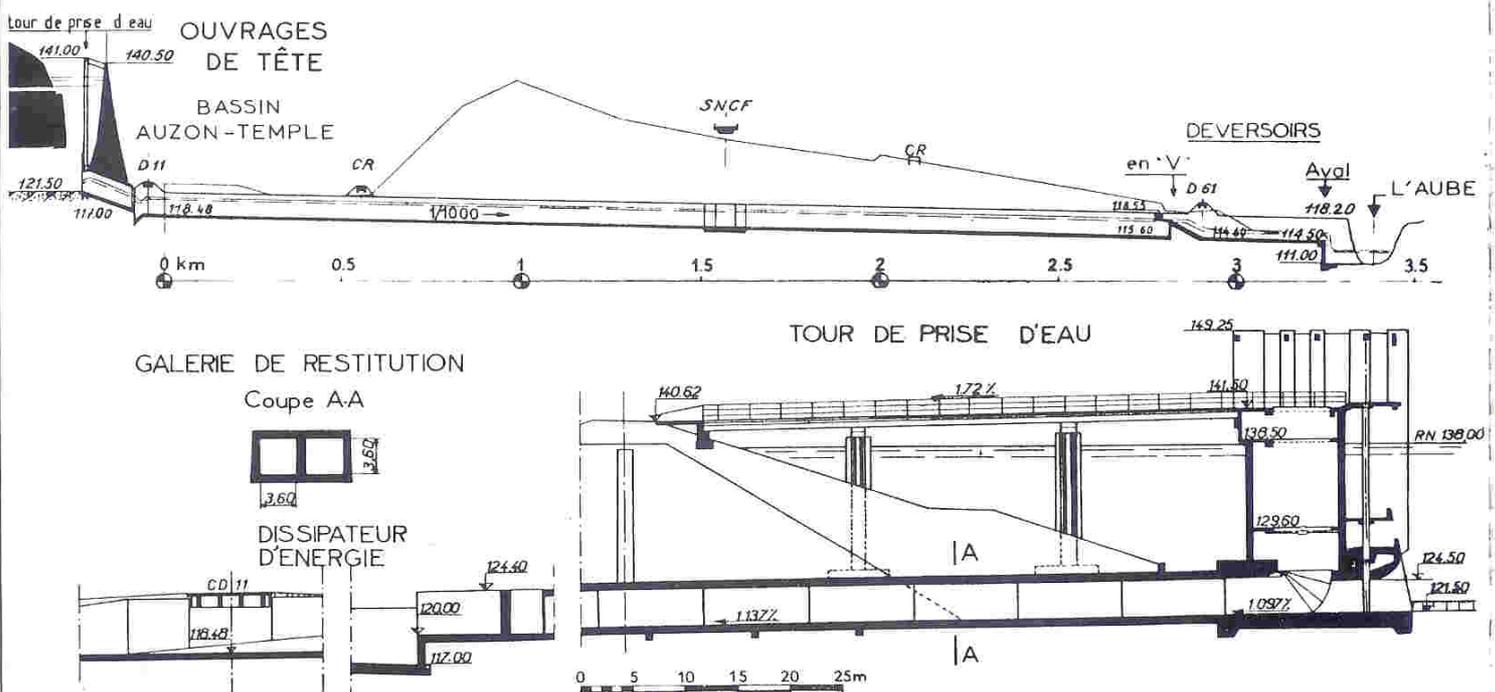
Le talus amont, côté bassin, est constitué successivement :

- d'une couche de grave compactée de 0,30 m d'épaisseur,
- d'une couche d'éclats d'enrochement de 0,20 m d'épaisseur,
- d'une couche d'enrochement 100/200 anti-battage, sur une épaisseur de 0,50 m.

Ponctuellement, des parois moulées d'épaisseur 0,80 m ou des clefs d'étanchéité ancrées dans le Gault, contribuent à bloquer d'éventuelles circulations, qui pourraient s'infiltrer sous les fondations de la digue au détriment de sa stabilité.

Les talus aval et amont, dans les parties les plus hautes de la digue, comportent

Ouvrages de restitution : profil en long général.



deux risbermes de 6 m de largeur. En crête, un chemin de service d'une largeur également de 6 m, présentant une pente à 3 % dirigée vers le bassin, termine l'ouvrage.

Véritable « artère » du chantier, une piste de service est aménagée en amont pour l'approvisionnement des matériaux, à partir des zones d'emprunt ou de dépôt, ainsi que tous les services nécessaires au chantier.

– Le canal de restitution

Les eaux stockées dans les deux bassins pourront être restituées à l'Aube, en été ou

à l'automne, par l'intermédiaire d'un canal de restitution qui se développera sur une longueur de 3,5 kilomètres (les travaux viennent tout juste de démarrer).

Construit en totalité en déblais dans le terrain naturel, avec une pente de 1/1 000, soit, de la cote 118,50 NGF à la cote 115,60 NGF (niveau de radier du canal), il permettra d'évacuer un débit normal de l'ordre de 15 m³/sec, mais aussi un débit de vidange de sécurité de l'ordre de 150 m³/sec.

Il est prévu d'équiper l'ouvrage d'une tour de prise d'eau en amont, et d'un réservoir en « V » à l'aval, pour le déversement des eaux dans l'Aube.

Les travaux sur la digue de Radonvilliers

L'ordre de service a été donné au Groupement des entreprises Bec (mandataire), Guintoli et Demathieu et Bard, le 13 août 1984, les travaux ont effectivement démarré le 1^{er} septembre, et se sont achevés à la fin du mois d'octobre 1986.

Sans entrer dans le détail des études préliminaires, somme toute classiques, pour ce genre de travaux, ils ont débuté par le décapage de l'emprise de digue aux motoscrapers.

Les emprunts, exploités en majeure partie, à la pelle, ont été acheminés sur le site par dumpers, jusqu'à une certaine hauteur, puis par camions de gabarit plus modeste, compte tenu du rétrécissement de l'ouvrage au fur et à mesure de sa construction.

Les matériaux sont mis en œuvre par couches successives de 0,25 m, pour les limons formant le noyau de la digue, ainsi que pour les filtres adjacents, t de 0,50 m pour les recharges argileuses.

Le noyau, partie étanche du barrage, a été compacté aux rouleaux pied dameur (Tamping) Caterpillar 825 en 8 passes, après homogénéisation de la surface.

Le taux de compacité obtenu sur cette zone a été de 99,1 %.

La paroi moulée

La réalisation de la paroi moulée (SIF Bachy) se caractérise par une mise en œuvre originale. L'exécution de la tranchée a été, en effet, menée par l'intermédiaire d'une pelle hydraulique O & K RH 9, équipée pour la circonstance, d'un bras et d'un balancier, permettant une excavation jusqu'à 15 m de profondeur. En pratique, la fouille de la tranchée s'est réalisée jusqu'à une profondeur moyenne de 9 m, sans guidé et sous coulis auto-durcissable laissé en place.

Dans les zones les plus hautes, à la solution de base prévoyant la mise en place d'un béton plastique devant se substituer au coulis, une variante proposée par l'entreprise, a permis l'utilisation d'un coulis-durcissable enrichi aux fillers calcaires.

Le revêtement du talus amont

L'entreprise Viafrance, Agence de Vitry-le-François a réalisé en sous-traitance du groupement Bec-Guintoli titulaire du marché n°4, le revêtement du talus aval de la digue, constitué d'une couche de base en grave-ciment poreuse d'une épaisseur de 0,25 m et d'une couche de surface sur 0,06 m d'enrobés poreux. A la demande du

Maître d'Ouvrage, afin d'améliorer la perméabilité de la couche de base, Viafrance a étudié plusieurs solutions variantes ; la constitution suivante a été retenue :

- 0,10 m de grave-bitume poreuse,
- 0,06 m d'enrobés poreux.

Les moyens mis en œuvre par l'entreprise pour cette opération de revêtement, sur une surface de 40 000 m², ont été les suivants : un camion semi-remorque pour l'approvisionnement du chantier en matériaux, une benne pour le déversement et la reprise des enrobés, un chargeur de reprise, une pelle à câble P. 80 Richier, située en crête de digue, ainsi qu'un répandeur, deux télétractors et 2 billes lisses de 1 tonne, ces matériels étant de conception et de fabrication Viafrance.

La mise en œuvre

Fabriqués par la centrale d'enrobage de Sommesous dans la Marne distante d'environ 60 km, les enrobés sont déversés dans un conteneur d'où ils sont repris par le chargeur qui approvisionne le répandeur.

La quantité de matériaux chargés dans ce répandeur est adaptée à la longueur de la bande de talus à revêtir, la capacité maximale étant de 10 tonnes.



Les travaux sur paroi moulée (digue de Radonvilliers).

La grave-bitume poreuse 0/25, dosée à 4 % de bitume 60/70, est approvisionnée à une température voisine de 160°C. Le béton bitumineux poreux 0/10 qui suit comporte 4,8 % de liant.

Au total 12 500 tonnes de matériaux enrobés ont été mis en œuvre sur les 40 000 m² du chantier.

Le répandeur est tiré à l'aide d'une pelle à câbles P-80 placée en crête du talus.

L'épaisseur de l'enrobé, répandu sur une largeur de deux mètres, est réglée par une lame assujettie à des skis prenant appui sur le support.

Compactage au tamping – Rouleau lisse contre la galerie – digue de Radonvilliers



Photo Pillier

GRAND CHANTIER



Matériel du chantier (Terrassements)

Décapeuses :	
4 Caterpillar	631
2 Caterpillar	637
Pelles hydrauliques :	
1 Liebherr	R.962
2 Poclain	160 CK
1 Poclain	90 CK
1 Poclain	75 P
1 Poclain	F 902
Chargeuses :	
1 Caterpillar	966
Boueurs :	
1 Caterpillar	D9L
1 Caterpillar	D8
1 Caterpillar	D7
1 Caterpillar	D6
1 Liebherr	731
1 Caterpillar	D5
1 Caterpillar	D4
Niveleuses :	
1 Caterpillar	14
2 Caterpillar	12
Compacteurs :	
2 Caterpillar	825
1 Dynapac	CA 515
1 Albaret	VM 1204
1 Albaret	P5
Tombereaux :	
6 Caterpillar	769
3 Volvo	DR 860
Camions :	
5 tribenne	15 T
12 benne	15 T

La première des trois billes de l'engin compacte ce support et les deux billes arrière assurent le précompactage de l'enrobé.

Arrivé à vide, en haut du talus, le répandeur monte en prolongement de la pente sur une rampe articulée solidaire de la pelle pour dégager l'extrémité de la bande revêtue.

Il est ensuite élingué, soulevé puis translaté de deux mètres.

La cinématique des deux billes arrière du répandeur permet de procéder à un compactage efficace des joints de bandes

longitudinaux dans le sens de la montée, sans pour autant circuler sur ces joints dans le sens de la descente.

Alors que la mise en œuvre de l'enrobé en haut du talus est effectuée manuellement, le répandeur est positionné au niveau de la nouvelle bande à revêtir.

Les systèmes de sécurité prévus sont importants à tous les stades de la manœuvre : des dispositifs bloquent la descente du répandeur en cas de vitesse excessive, l'ensemble des câbles de traction est doublé.

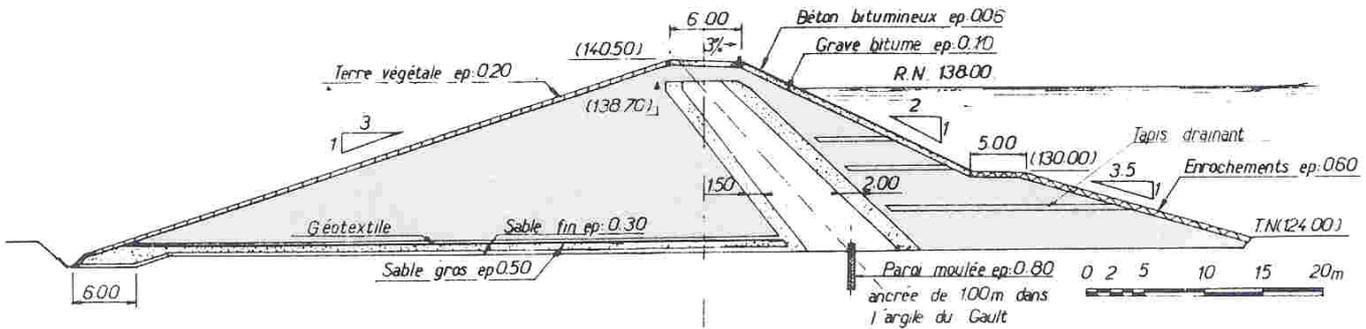
Environ 2 000 m² par jour et par couche sont ainsi revêtus.

Le compactage est effectué par deux cylindres lisses de une tonne. L'un assure la compacité nécessaire et l'autre efface les dernières marques superficielles jusqu'à la bordure préfabriquée supérieure.

Revêtement du talus de la digue de Radonvilliers – Chargement du répandeur.



Photo Chantiers de France



Digue de Radonvilliers — Coupe en travers au profil de hauteur maximum.



Photo Pillier

La mise en œuvre du compactage du revêtement sur le talus amont.



Photo Chantiers de France

◀ Digue de Radonvilliers : compactage des matériaux constitutifs.

Données techniques principales

Capacité (retenue normale)	175 000 000 m ³
Tranche exceptionnelle	12 000 000 m ³
Capacité utile	168 000 000 m ³
Tranche morte	7 000 000 m ³
Cote NGF de la retenue normale ..	130,00
Cote NGF de la retenue exceptionnelle	138,50
Capacité de dérivation	135 ³ /s
Capacité de restitution :	
• débit d'exploitation normal	35 m ³ /s
• débit de la vidange de sécurité	160 m ³ /s

Digue de clôture du réservoir

Longueur totale	13 500 m
Hauteur maximale	22,50 m
Volume total	5 500 000 m ³
Accumulation par m ³ de digue ..	32,50 m ³

Quantités mises en œuvre pour l'aménagement

Déblais	17 700 000 m ³
Déblais rocheux	385 000 m ³
Remblais compactés	5 800 000 m ³
Remblais rocheux	15 000 m ³
Terre végétale	85 000 m ³
Sables et graviers	685 000 m ³
Bétons d'ouvrage	41 500 m ³
Revêtements bétonnés	300 000 m ²
Revêtements bitumineux	360 000 m ²

Nombre de ponts à construire	
– routier	8
– SNCF	1
Longueur de route et de chemins à rétablir	16 km

Superficie du réservoir	2 500 ha
Superficie des emprises totales	3 150 ha

L'opération de construction du réservoir Aube est financée par l'institution Inter-départementale des Barrages-Réservoirs du bassin de la Seine qui bénéficie d'une participation de l'état, de l'Agence Financière de bassin Seine-Normandie, de l'établissement Public Régional de l'Île-de-France et d'Electricité de France.

GRAND CHANTIER

L'ensemble est manœuvré, depuis la crête, par deux systèmes type Télétractor.

Les deux cylindres sont équipés de système d'arrosage anticollage et d'un dispositif de sécurité qui, en cas de rupture très improbable d'un des câbles de traction, bloquerait le rouleau sur la pente afin d'éviter tout risque d'accident.

Les quantités mises en œuvre sur ce chantier ont été : 8 tonnes environ de grave-bitume, 5 000 tonnes de béton bitumineux.

Perméabilité des matériaux : 10-3 m/s.

Rendement journalier : 2 000 m²/jour.

Les travaux commencés en septembre 1986 se sont terminés, après interruption due à l'hiver, en mai 1987.

Photo Chantiers de France



Les travaux sur la digue de Brévonnes

L'organisation du chantier

Objet du marché n° 4, la construction de la digue de Brévonnes et ses ouvrages de communication annexes représente certainement les travaux les plus importants, réalisés sur l'ensemble de l'aménagement, compte tenu du dimensionnement de cette « clôture » et du volume de matériaux qu'il est nécessaire de mettre en œuvre.

Pour les 11 entreprises adjudicataires du marché, regroupées en société, sous le sigle B.R.A., ainsi que pour les cinq entreprises sous-traitantes Charroy et Roussey, principaux fournisseurs de matériaux d'apport, SIF Bachy, Berthold et Pertuy qui réalisent les ouvrages de génie civil, l'ordre de service a été donné le 26 février 1986, pour le maître d'ouvrage l'Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs.

Les travaux ont effectivement démarré le 1^{er} juillet 1986, alors que leur achèvement est prévu courant 1989.

Un tel chantier de terrassement, réalisé exclusivement en remblais de terre, à l'exception des matériaux d'apport destinés aux revêtements des talus amont et aval de l'ouvrage, nécessite des moyens humains et matériels importants, et une organisation particulièrement rigoureuse.

Il faut en effet savoir que les travaux sont limités dans le temps : d'une part, compte tenu de la tranche annuelle étroite dans laquelle ils se déroulent (d'avril à octobre),



Photo Chantiers de France

Digue de Brévonnes : réalisation de la cheminée drainante.

Digue de Brévonnes : Coupe en travers au profil de hauteur maximum.

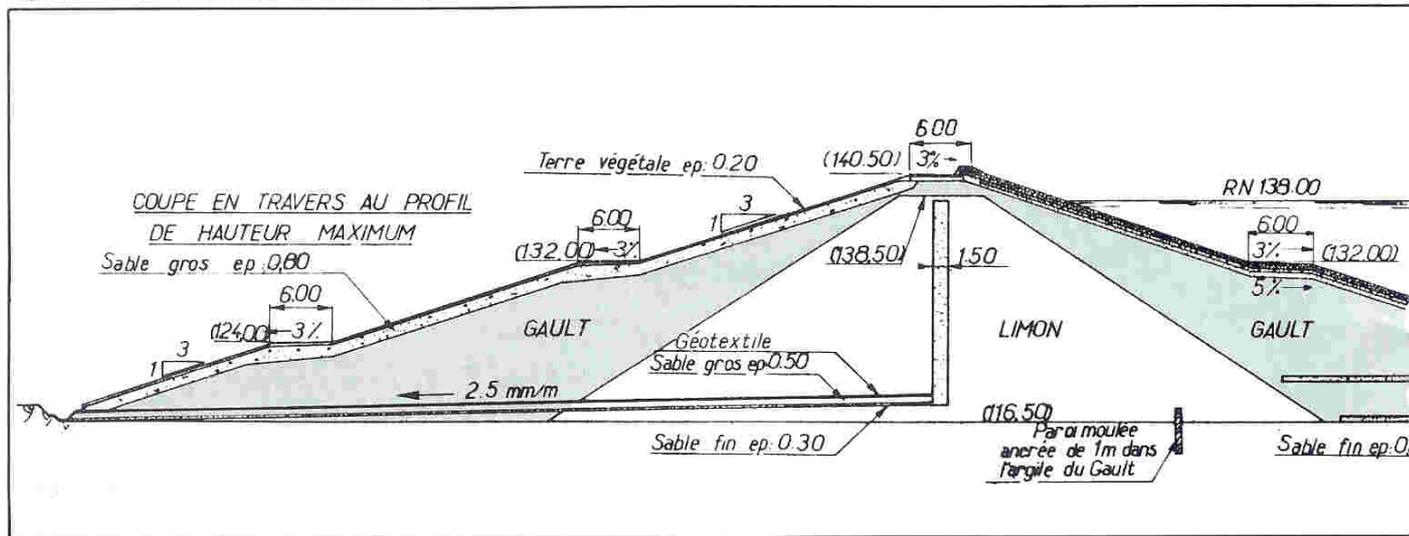




Photo Chantiers de France

cette tranche étant, d'autre part, elle-même entrecoupée de journées d'intempéries excluant tous travaux.

Ce n'est, en réalité, qu'à partir de mai ou juin que l'entreprise, après avoir réalisé les réfections courantes dues aux longs mois d'hiver, peut réellement commencer à travailler sur la digue et les zones d'emprunt. Sur les 150 jours ouvrables théoriquement disponibles, l'entreprise ne dispose en pratique, que de 90 à 95 jours de travail effectif ; une des raisons qui impose d'avoir un parc de matériels important et disponible de plus de 50 000 ch, comme en témoigne la liste des engins les plus importants, citée en annexe.

Autre contrainte pour cette réalisation : le système d'embauche en début de saison, et de débauche en fin de saison, système qui oblige l'entreprise à une réorganisation du travail, et une formation d'un personnel finalement « saisonnier ».

Pour mener à bien cette vaste opération, l'entreprise B.R.A. dispose de plus de 500 personnes recrutées localement, pour la période des travaux, encadrées par 50

techniciens issus des onze entreprises qui constituent le groupement.

Le planning impose des cadences de travail sur six jours/semaine, pour les travaux effectués sur la digue – trois équipes dont une au repos faisant les 2 x 9 – et 7 jours sur 7, sur les dépôts de séchage des limons nécessaires au noyau de la digue, compte tenu des délais de séchage du matériau, avant sa mise en œuvre ; en effet, la teneur en eau est un élément important et doit correspondre aux spécifications imposées, permettant d'assurer une bonne cohésion de la masse limoneuse, autre critère d'étanchéité.

Les zones d'emprunt et de dépôt

Le site de la digue de Brévonnes est caractérisé par un profil géologique sensiblement défini par :

- une couche superficielle en limon comportant, sur des zones très localisées, des marnes de Brienne ainsi que des poches de sable de l'Aptien ;

- une couche inférieure caractérisée par les argiles du Gault régnant sur une épaisseur moyenne de 30 m.

Dans la cuvette du futur bassin où tous les matériaux constitutifs (Gault et limons) sont prélevés, il a été nécessaire d'établir une reconnaissance précise du site, afin de reconnaître et identifier les zones d'emprunts et les limons, en particulier, reconnus qualitativement en fonction de leur teneur en eau.

Afin de bien localiser ces deux catégories de matériaux, 1 000 sondages à la pelle hydraulique Poclair ont dû être réalisés, en phase préparatoire, dans la cuvette suivant un maillage tous les 50 m environ.

Cernés, reconnus quantitativement et qualitativement, après avoir été nettoyés des terres végétales et matières organiques.

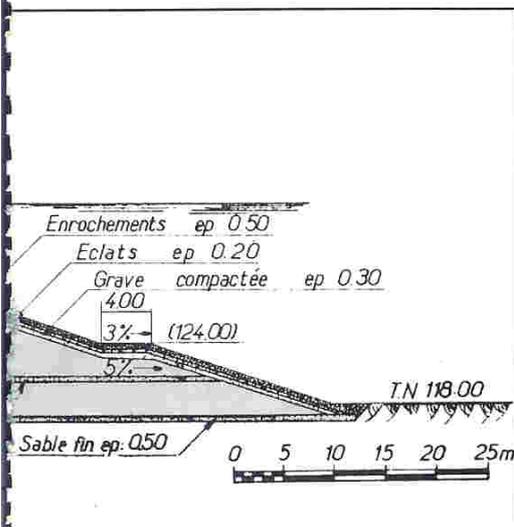


Photo Chantiers de France





Digue de Brevonnes : charruage de la couche précompactée.

les matériaux subissent une préparation spécifique, en fonction de leur nature. Les limons qui, rappelons-le, doivent avoir une teneur en eau adéquate, sont mis en dépôt, étalés, séchés, (quand le soleil le permet), jusqu'à obtenir la teneur voulue, puis refermés par compactage en couches successives de 0,30 m, avant d'être repris pour leur mise en œuvre sur la digue. Les argiles du Gault, deuxième catégorie de matériaux utilisés pour la construction de la digue, sont déjà à la teneur désirée, et peuvent donc directement être mis en œuvre, sans préparation particulière. Sur les 2 000 hectares que compte l'emprise de la cuvette, 1 600 ont été déboisés. Sur les 6 millions de m³ de matériaux

Photo Chantiers de France



Photo Chantiers de France

propres utilisés à la construction de la digue, c'est en réalité 12 à 13 millions de m³ qui sont extraits du site.

La mise en œuvre

Chronologiquement, les travaux pour la construction de l'ouvrage principal, la digue de Brevonnes, se déroulent de la manière suivante :

- décapage aux scrapers réalisé par tranches déterminées sur l'emprise de la digue, sur une épaisseur de 1,50 m environ, et suivant un profil permettant l'écoulement des eaux pluviales récoltées par un fossé adjacent.
- essais effectués par le laboratoire du chantier sur l'emprise ainsi décapée, pour s'assurer de la bonne tenue du terrain, avant la mise en œuvre des matériaux,
- charruage, compactage et éventuellement, « reflachage » du terrain d'assise, permettant de l'ajuster à la cote exacte, et au profil du tapis drainant en pied de digue,
- mise en œuvre des matériaux constitutifs : limons pour le noyau et argiles sont étalés simultanément par couches successives sub-horizontales de 0,35 m d'épaisseur.
- sacrification et charruage de la couche (pré-compactée par les engins de chantier), assurant une meilleure homogénéisation et adhérence de l'interface entre deux couches de matériaux,
- mise en place des différents revête-

ments de protection des talus amont et aval, comme définis sur le schéma en annexe,

- damage des couches effectué par des dameurs vibrants Vibromax, à une vitesse de translation de l'ordre de 3 km/h, pour une meilleure efficacité de compactage, en 8 passes successives (taux de compacité exigé dans le Gault et le limon supérieur à 96 %).
- compactage de finition, essais de laboratoire.

Les travaux sur la digue sont « attaqués » avec deux ateliers permettant une meilleure homogénéisation des matériels utilisés sur chaque atelier, au bénéfice d'une plus grande efficacité et rapidité de mise en œuvre des matériaux, qui ne peuvent, de surcroît, rester longtemps en plein soleil.

17 000 m³/jour sont réalisés (50 000 m³/jour en déblais/remblais, compte tenu des matériaux d'apport en provenance des carrières Roussey de Saint-Christophe).



Photo Chantiers de France

Digue de Brevonnes : décapage de l'emprise de la digue aux scrapers.

Les matériels

Le parc de matériels mis en œuvre par B.R.A. comprend (pour les matériels les plus lourds) :

- 9 pelles de 3 à 4 m³ dont 5 Liebherr 974 et 4 Poclain 170 CK
- 4 pelles de 1,5 à 2 m³ Poclain
- 33 bulldozers D7 - D8 - D9 Caterpillar - Liebherr
- 4 chargeuses Caterpillar
- 8 motoscrapers Caterpillar
- 35 camions 769 C Caterpillar
- 9 grader (niveleuses) Caterpillar
- 24 compacteurs Vibromax - ABG - Liebherr
- 6 arroseuses Caterpillar
- 12 camions 6 x 4 Berliet

Conclusion

Aujourd'hui, les « désastres » d'antan ne sont que de mauvais souvenirs, et loin est le temps où la Seine inondait les riverains, ou les privait d'eau en été.

Son débit est attentivement surveillé. Les barrages tempèrent ses excès parfois débordants, d'autres fois chiches en débits. Ils emmagasinent l'eau lorsqu'il y en a trop, et en restituent lorsqu'il en manque. Mais tout n'est pas encore parfait, il reste à équiper les rivières importantes : Aube, Yonne, Saulx, Ornain...

Par ailleurs, le développement de l'urbanisation, l'évolution des pratiques culturelles et l'endiguement des ruisseaux et rivières posent de nouveaux problèmes. Ainsi, la Seine et ses compagnes font encore souffrir tous les ans de nombreux riverains.

Pour limiter le nombre et l'importance de ces crues, et pour dompter mieux encore la Seine, le nouveau barrage actuellement en cours de réalisation, atténuera les inondations et contribuera à garantir l'approvisionnement en eau de Paris et sa banlieue.

Pierre Nadal

L'impact régional

Une longue concertation a été nécessaire pour définir, avec les représentants des populations locales, les actions à entreprendre pour renforcer la productivité des terres agricoles des communes voisines et accroître le potentiel forestier de la région, pour compenser la disparition des champs et des forêts.

Le projet a été ainsi approuvé par l'Etat en 1979.

La construction du barrage sera la source d'une nouvelle richesse économique pour les départements et communes avoisinantes, et permettra une amélioration des conditions de vie des riverains.

Pour les agriculteurs

Ceux d'entre eux qui furent expropriés ou évincés ont été indemnisés.

8 000 hectares de terres agricoles des communes voisines ont été remembrées. D'importants travaux de mise en valeur comportant, en particulier, le drainage de 3 400 hectares de terres ont été réalisés, permettant de compenser et au-delà, les pertes de revenu.

La réduction des crues bénéficiera en premier lieu aux agriculteurs des vallées de l'Aube, 14 000 hectares de terres agricoles seront ainsi moins souvent inondées.

En été, le débit supplémentaire permettra aux agriculteurs d'irriguer plus facilement leurs cultures sans compromettre l'alimentation en eau des riverains situés plus en aval.

Pour l'ensemble des habitants

Les crues seront diminuées et, en été, l'eau sera plus abondante et moins pol-

luée. L'ensemble des routes et chemins coupés ont été reconstitués, élargis et modernisés.

Pour maintenir le potentiel forestier du bassin de la Seine en amont de Paris, l'Institution acquiert 1 850 hectares de forêts dégradées ou ruinées pour les restaurer et les mettre en valeur.

Enfin, le barrage offrira de nouvelles possibilités de loisirs et de sport, particulièrement intéressantes, étant donné son étendue.

Le barrage sera aussi l'occasion d'un nouvel essor économique des communes et du département de l'Aube.

Une partie importante des indemnités versées a été réinvestie sur place dans la création d'équipements communaux, de lotissements, et de travaux de bâtiments qui ont permis de stopper le déclin économique et démographique de plusieurs villages riverains, qui, jusqu'alors, voyaient l'exode rural les vider petit à petit.

La réalisation des travaux mobilisera plusieurs centaines d'emplois pendant cinq ans, de 1983 à 1988. Une partie importante de travaux sera réalisée par des entreprises locales.

La conduite des travaux et l'entretien ultérieur des ouvrages ont conduit l'Institution à créer, sur place, trente emplois permanents dont la majorité est occupée par des personnes originaires du département de l'Aube.

Enfin, les aménagements touristiques à venir ne manqueront pas de provoquer la création de nouveaux équipements et de nouveaux emplois.