



Le Rhône en 100 Questions

Ouvrage collectif sous la direction de
Jean-Paul Bravard et Anne Clémens

ZABR

Zone Atelier Bassin du Rhône

Les aménagements du Rhône



Quels sont les principaux aménagements présents sur le fleuve et dans sa vallée ?

Un fleuve comme le Rhône, si important depuis l'Antiquité pour le trafic effectué de la Méditerranée à la mer du Nord, ne pouvait qu'attirer et fixer les aménagements, pour son franchissement et pour la navigation.

La vallée du Rhône, un lieu d'innovation de niveau mondial dans le domaine de l'ingénierie des ponts.

Aux passerelles et ponts à câbles de Marc Seguin, malheureusement détruits (celui de Tain-Tournon construit en 1825 et démolli en 1963), succédèrent de beaux ouvrages comme le pont suspendu de Rochemaure, récemment classé, le premier pont à haubans sur le canal de dérivation de Donzère-Mondragon (1952), le plus grand viaduc en béton précontraint au pont SNCF de La Voulte (1955).

Le franchissement du fleuve

Il a connu plusieurs phases rythmées par les développements de la technologie :

- En premier lieu, le franchissement à pied par des gués, préférentiellement localisés sur les seuils caillouteux. À l'époque moderne, les gués ont été délaissés au profit des bacs ; utiles pour franchir les fortes profondeurs, ils cessaient leur activité pendant la crue. De cette période n'ont subsisté que quelques pylônes de bacs à traîle (câble tendu entre deux rives, retenant le bac par une poulie).
- Ensuite les ponts, apanage des villes ou de riches communautés riveraines, créaient un lien fixe et permanent, quelle que fût la hauteur des eaux. Les ponts ont permis d'intenses échanges transversaux depuis l'époque romaine. Dans le passé, les crues ont localement remis en cause ces liens, comme à Lyon (le pont de bois de la Guillotière détruit plusieurs fois au xv^e siècle, puis le pont de pierre détruit par une crue en 1570) et à Avignon (le pont Saint-Bénézet détruit en 1669) ; les dégâts de la dernière guerre mondiale ont imposé la réfection de quasiment tous les ponts.



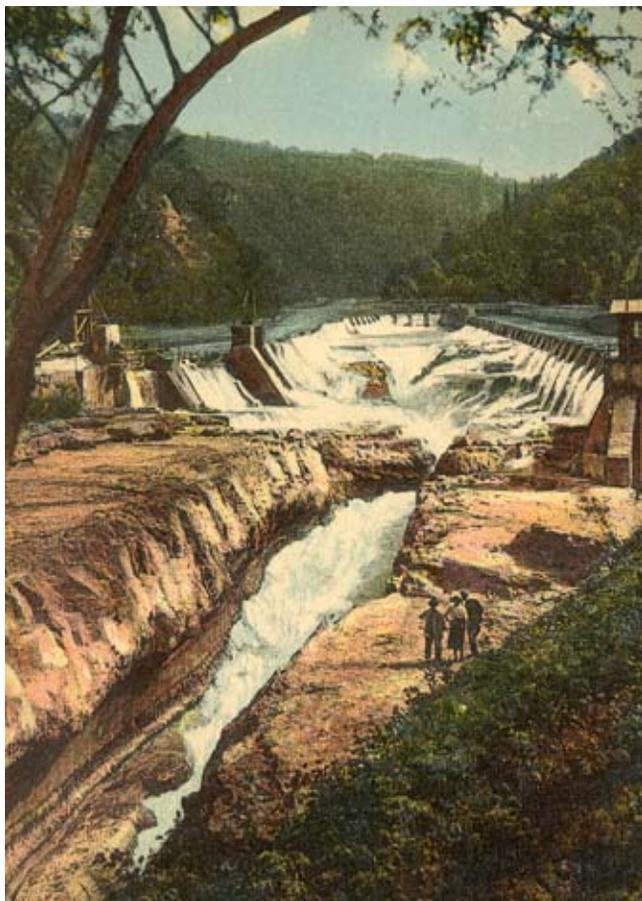
Le pont de Rochemaure. Le premier pont, construit en 1842, fut détruit par la crue de 1856. Le pont suspendu actuel remonte à 1858 ; ses piles construites en style château-fort s'harmonisent avec les ruines du château médiéval. Partiellement reconstruit après les bombardements aériens d'août 1944, ce pont n'est plus en service (© J.-P. Bravard).

Les aménagements longitudinaux

Ils sont représentés par les digues édifiées en surélévation sur la plaine pour lutter contre les inondations, ramener le courant vers l'axe du fleuve et souvent pour faciliter la circulation. Ces levées ont été construites depuis le xv^e siècle par des communautés rurales, puis au xix^e siècle par des syndicats de riverains et de grands propriétaires. On les qualifie de «chaussées en terre» dans la moyenne vallée du Rhône où elles forment un linéaire de 100 km vers 1860, de 300 km vers 1880, mais ne protègent que partiellement la plaine (30000 ha). La protection est plus ancienne et élaborée sur le Bas-Rhône où plus de 300 km de digues, édifiées depuis au moins le xii^e siècle, protègent environ 165000 ha, en particulier en Camargue.

La construction de la voie fluviale

À cette série d'ouvrages succède à partir des années 1840 la grande entreprise de construction de la voie fluviale dans le lit même du fleuve. La technique retenue dans les années 1860 (le resserrement du lit entre des digues longitudinales et hautes) fut abandonnée au profit du «système» Girardon conçu et perfectionné à partir de 1884 : tenons, traverses et digues basses construisent un chenal stable et à la profondeur régulière (plus de 1,60 m), qui sera le Rhône marinier jusqu'aux années 1950, celles de l'aménagement hydroélectrique par la Compagnie nationale du Rhône (CNR).



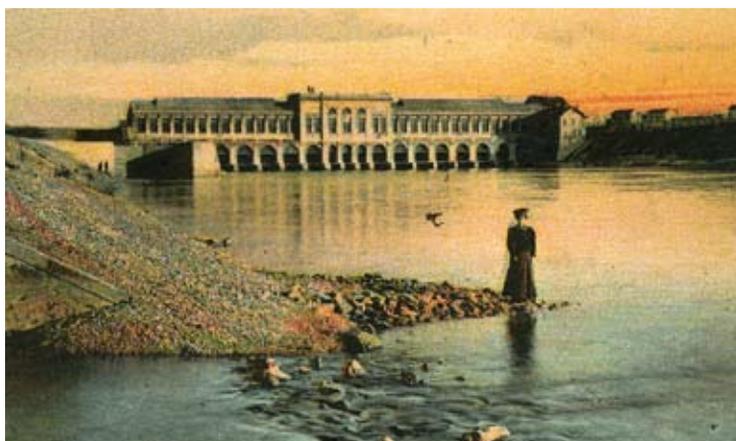
Le barrage de Bellegarde construit en 1871 à l'amont des Pertes du Rhône, visibles au premier plan. L'eau était déviée dans un canal usinier où elle actionnait des roues qui entraînaient elles-mêmes un câble «télédynamique». Cet ensemble proto-industriel est aujourd'hui noyé par la retenue de Génissiat (© droits réservés).

Les grands aménagements à but énergétique

Ils ont débuté en 1871 sur le site des Pertes du Rhône à Bellegarde où des turbines actionnent des poulies. Ils se sont continués avec l'aménagement hydroélectrique de Jonage-Cusset (1899), destiné à l'approvisionnement

énergétique de Lyon, qui possède un caractère très innovant pour l'époque avec sa dérivation canalisée longue de 18 km.

Si l'ouvrage de Génissiat (1948) est de type montagnard avec son long réservoir et une chute de 75 m, quasiment



Le barrage-usine de Cusset, achevé en 1899, fut construit par la Société Lyonnaise des Forces Motrices du Rhône ; il est aujourd'hui géré par Électricité de France. Sa production, égale à quatre fois celle de l'ensemble du parc hydroélectrique français de l'époque, contribua à l'essor économique de Lyon (© droits réservés).



Entrée dans Lyon. À droite, le coteau de la Croix-Rousse (© Le Grand Lyon/J. Léone).

tous les autres ouvrages jusqu'à la basse vallée sont à dérivation à l'image de Jonage-Cusset. Ils sont inaugurés entre 1952 et 1980 à l'aval de Lyon, puis entre 1981 et 1986 sur le Haut Rhône.

Les voies de communication nord-sud

Elles jouent un rôle économique essentiel. Les voies ferrées se sont glissées le long du fleuve, en premier lieu la voie ferrée P.L.M. (Paris-Lyon-Marseille), achevée en 1857, qui ruine la batellerie par une politique tarifaire offensive malgré les efforts de l'État; elle est ensuite doublée en rive droite par la voie ferrée Givors-Nîmes, le tronçon Lyon-Givors, qui achemine le charbon stéphanois, ayant été l'un des premiers de France (1827).

Ce faisceau est complété par de grandes routes nationales (N7 et N86) et enfin par l'autoroute A7 dans les années 1960, qui ont pris le relais des antiques chemins de roulage.

Le Rhône est une ressource majeure en tant que pourvoyeur d'eau

- L'irrigation était l'une des trois missions de la CNR, dès sa fondation en 1934. Dès 1952, les grandes plaines agricoles qui jalonnent le Rhône font l'objet de remembrements et de grands travaux d'hydraulique agricole, comme dans la plaine de Donzère.

- À l'initiative de Philippe Lamour, la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc (CNARBRL, devenue BRL en 1993) a été créée par décret en 1955, avec la mission d'irriguer le Languedoc oriental et de diversifier des productions trop exclusivement tournées vers la viticulture. Dès 1960, la station de pompage de Pichegu peut relever 75 m³/s du canal qui dérive l'eau du Rhône en amont d'Arles, irriguer 66 000 ha grâce à 170 km de canaux à ciel ouvert et sécuriser l'alimentation des villes en eau potable. Plus de 40 ans après, le bilan est mitigé, puisque seulement 10 % de la capacité du système sont utilisés.
- Plus significative est la ponction opérée aux dépens de la Durance, et donc du Rhône, par les aménagements de la Société du Canal de Provence. La concession d'eau à l'agriculture est passée de 80 m³/s en 1875 à 115 m³/s au milieu du xx^e siècle (75 000 ha); la superficie des périmètres irrigués a encore augmenté avec la construction du canal de Provence et, outre celle de Marseille, l'alimentation du littoral varois au fort développement touristique et urbain. Enfin, la dérivation du canal de la Durance vers l'étang de Berre a pour effet de réduire le débit de la Durance au confluent du Rhône d'une valeur moyenne de 38 m³/s correspondant au rejet annuel de 1,2 milliard de m³ désormais autorisé dans l'étang de Berre. Le débit moyen interannuel de la Durance à sa confluence avec le Rhône représente ainsi de l'ordre de 150 m³/s mais il peut être extrêmement fluctuant, entre le débit réservé, près de 5 m³/s, et plusieurs milliers de m³ en crue.
- Mentionnons enfin les prélèvements d'eau pour les villes (10 m³/s sont destinés à l'agglomération lyonnaise en été), pour les industries et surtout pour le refroidissement des centrales nucléaires; il est vrai que l'essentiel de cette eau, non « consommée », est restitué au fleuve (voir question 04-04 « Les activités industrielles prélèvent-elles beaucoup d'eau dans le Rhône »).

La production de granulats

Le Rhône a enfin été une ressource importante en granulats à l'époque où les apports de l'amont paraissaient inépuisables. Les extractions sont aujourd'hui reportées en lit majeur ou au-delà.



Carrière à Sault-Brenaz (©Photothèque CNR).

Ce qu'il faut retenir

Les aménagements du Rhône ont d'abord concerné son franchissement (gués, bacs, ponts) puis la protection contre les inondations avec les digues, utilisées aussi comme voie terrestre.

L'ère industrielle a suscité des aménagements à but énergétique dès 1871 à Bellegarde. Ils ont pris toute leur importance avec les aménagements de production hydroélectrique et nucléaire. L'eau du Rhône sert aussi à l'irrigation grâce à des canaux, vers le Languedoc et sur la Durance.

Que reste-t-il des aménagements du XIX^e siècle ?

Les objectifs des travaux réalisés dans le lit du Rhône

Ces travaux, qualifiés « d'aménagements à courant libre », avaient pour but d'augmenter le nombre de jours où la navigation était possible, le débit étant trop « maigre » au mois de septembre.

Vers 1845, le resserrement du fleuve est réalisé au moyen de digues longitudinales, trop rectilignes, trop espacées, entre lesquelles serpentait le chenal de navigation (programmes Kleitz et Tavernier) ; cette technique est abandonnée vers 1855.

Un nouveau principe de resserrement est alors promu par l'ingénieur O'Brien : jusqu'en 1876, il fait construire des digues submersibles dans les concavités et fait barrer les bras secondaires pour commencer à calibrer le fleuve. Cette technique ne pouvant empêcher le déplacement des hauts fonds pendant les crues, on commence à travailler sur le fond du chenal lui-même. Sa stabilisation est imaginée par l'ingénieur Jacquet qui introduit les « épis noyés » et les « épis plongeurs » : les mouilles (zone creuse du lit) se comblent et les seuils s'abaissent progressivement.

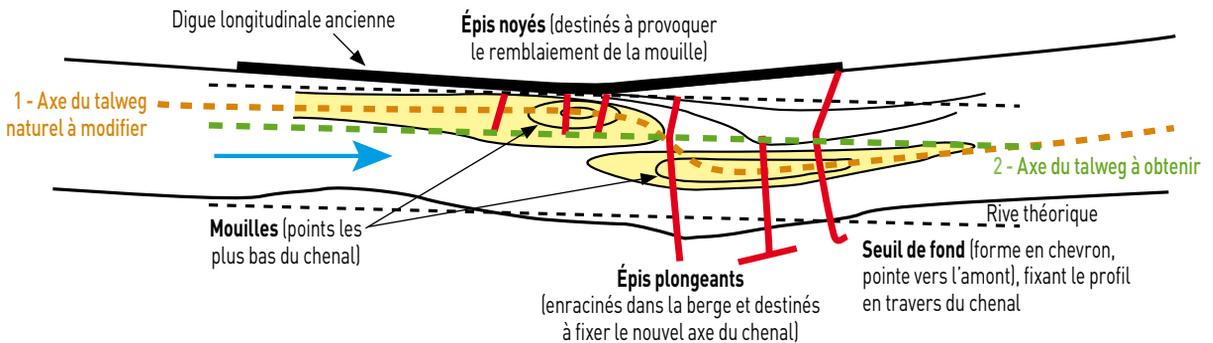
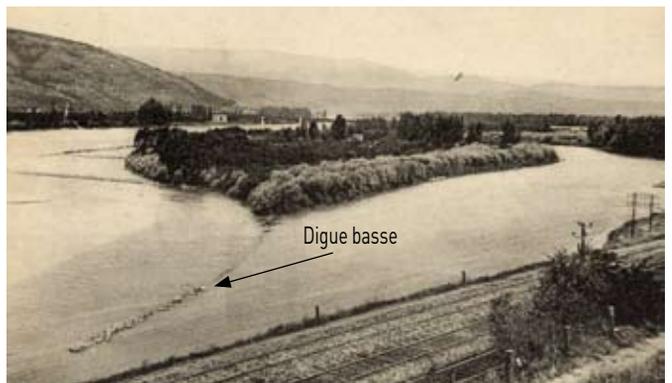
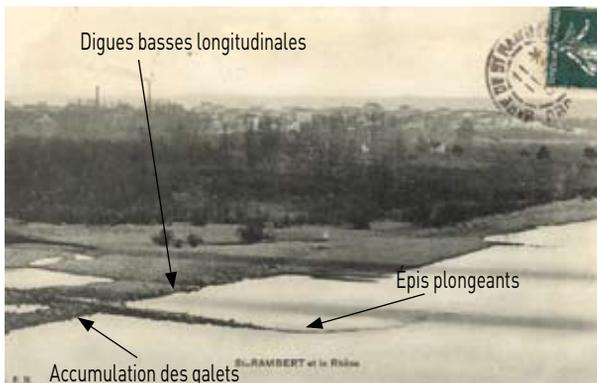


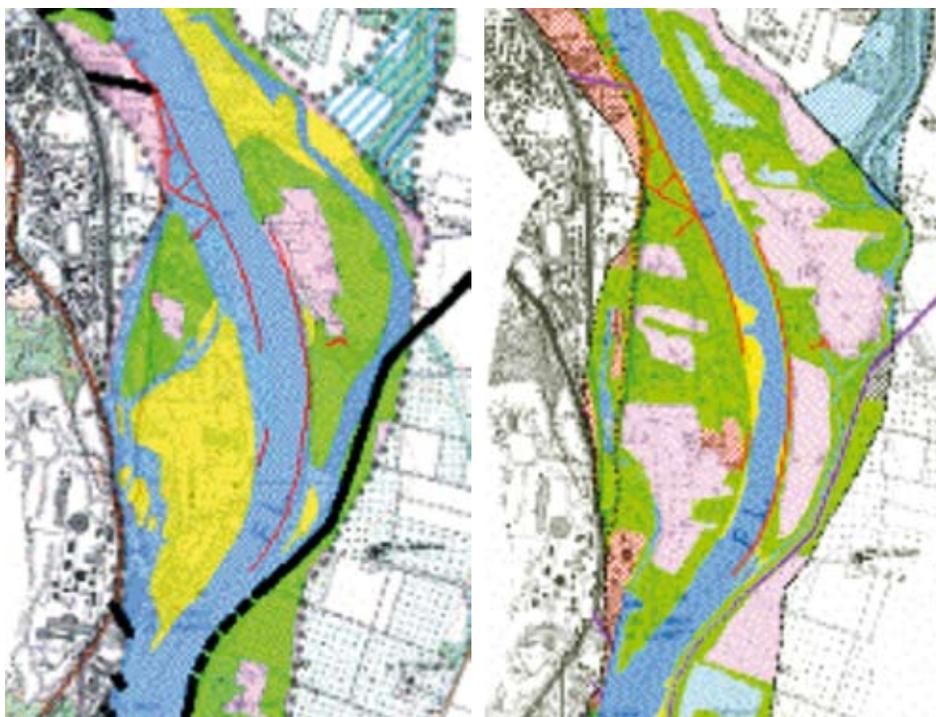
Fig. 1 : Le tracé en marron est celui du talweg (la ligne des points les plus bas) d'un « mauvais passage ». Les épis ont pour objectif de parvenir à un tracé plus favorable au passage des bateaux. En concentrant les écoulements sur un axe donné, ils favorisent le creusement du lit et son uniformisation, augmentant ainsi le tirant d'eau et la stabilité du chenal navigable.

Le dispositif définitif d'amélioration des « mauvais passages » est conçu en 1883 par l'ingénieur H. Girardon :
 – le lit mineur est systématiquement reconstruit dans les passages difficiles à l'aide d'épis et de seuils de fond ;
 – des digues basses tenues par des « tenons » et des « traverses » laissent passer les crues dans les anciens chenaux et les « casiers » qui se remblaient progressivement tandis que le débit qui y transite, jugé inutile, se réduit.

Les épis Girardon mis en place sur la rive gauche du Rhône (Ile Mauge) en aval du viaduc ferroviaire de Peyraud. Vers 1910, on voit leur effet sur l'accumulation de galets entre les épis plongeurs et les digues basses longitudinales, en même temps que se creuse le lit du fleuve (© droits réservés).

La photographie est prise en sens inverse à la même époque. Les effets des digues basses qui réduisent l'activité du bras de rive gauche sous Saint-Rambert sont visibles. L'île de la Traverse est colonisée par une saulaie. L'eau se concentre dans le chenal principal (© droits réservés).





© CNR et Université Lumière-Lyon 2 (source Travaux Girardon) © IGN - Paris 2008. Reproduction interdite - Autorisation n° 50-8610).

À gauche - La digue insubmersible de Maltraît (en noir) protège les terres du lit majeur à l'aval de la confluence du Roubion; à la fin du XIX^e siècle, les travaux de contrôle du lit mineur (en rouge) dessinent le nouveau et étroit chenal de navigation. Noter l'importance des bancs de galets et de sable (en jaune).

À droite - Au milieu des années 1950 (avant la réalisation de l'aménagement hydroélectrique par la CNR), le Rhône est réduit au chenal de navigation, les bancs ont quasiment disparu, la forêt (en vert) a colonisé les marges quand elle n'est pas grignotée par les champs (en rose).

Les effets de ces aménagements à courant libre

Ces aménagements ont produit des effets spectaculaires à l'aval de Lyon puisque, entre 1876 et 1930 :

- sur les 172 hauts-fonds recensés, ceux gênants (profondeur inférieure à 1,60 m) sont passés de 87 à 4 % ;
- la durée de la période de navigation a été sensiblement allongée.

À l'amont de Lyon, l'aménagement, moins bien financé, a été plus sommaire. Ceci explique des impacts moindres, donc le maintien de milieux naturels plus riches.

L'essor de la navigation moderne à l'aval de Lyon a nécessité une maîtrise plus radicale du fleuve, réalisée dans les années 1950 avec les aménagements hydroélectriques de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR).

Les aménagements «à courant libre» réalisés entre les années 1840 et 1930 ne sont plus utiles aujourd'hui. Ils sont en grande partie sous l'eau des retenues CNR. Les Vieux-Rhône ne sont plus navigués. Dans ces derniers, l'utilité des digues basses est cependant de «tenir» le lit et d'empêcher l'érosion latérale pendant les crues. Elles protègent toujours l'entonnement des ponts, par exemple. Ces aménagements, souvent superposés, forment un corset très rigide qui a des effets négatifs; ils favorisent la sédimentation de sables et de limons en arrière du chenal, dans des milieux qualifiés de «marges fluviales». L'eau de crue passe par-dessus les vieilles digues submersibles, est freinée dans la forêt et dépose ses sédiments. Les marges s'exhaussent insensiblement, ce qui contribue à réduire l'espace dévolu au passage des crues et donc à élever leur niveau dans le chenal à débit égal. À moyen et long terme, cette évolution n'est pas tenable.

La solution est probablement de supprimer une partie des digues et des épis anciens pour restaurer un lit plus large et plus adapté au passage des crues. Ce projet doit être compatible avec la défense des lieux habités, des voies de communication et des secteurs de grand intérêt écologique.

Ce qu'il faut retenir

La volonté d'accroître les périodes de navigation a poussé les ingénieurs à inventer des dispositifs qui assurent une profondeur d'eau suffisante dans un chenal de navigation. Ces travaux ont été réalisés entre 1840 et 1930. Ils sont aujourd'hui sans objet vu les aménagements hydroélectriques réalisés et la chenalisation. Ils conservent toutefois un rôle dans les Vieux-Rhône, parfois néfaste car responsable du relèvement des berges donc de moindres possibilités d'écoulement des crues. Ces ouvrages anciens devraient être supprimés en partie, tâche délicate vu les implantations qui ont pu être réalisées dans ces zones.

À quoi servent les aménagements construits par la CNR ?

Créée en mai 1933 à l'issue d'un long processus qui remonte à la fin du XIX^e siècle, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a pour objet, selon la loi du 27 mai 1921, l'aménagement du Rhône de la frontière Suisse à la mer au triple point de vue de la navigation, de l'irrigation et de l'utilisation des forces motrices, ce dernier point devant assurer le financement des deux premiers.

Après plus de soixante-dix années d'existence, le bilan de la CNR est loin d'être négligeable. Concessionnaire de l'aménagement du Rhône jusqu'en 2023, elle a ouvert le fleuve à la navigation moderne sur plus de 300 km et a permis l'irrigation et la protection contre les crues de milliers d'hectares. Ses centrales ont une capacité de production moyenne de 16 milliards de kWh/an, soit environ 4% de la production d'électricité nationale (25% de la production hydroélectrique). Son action s'est toutefois déroulée dans des contextes forts différents.



La logique électrique

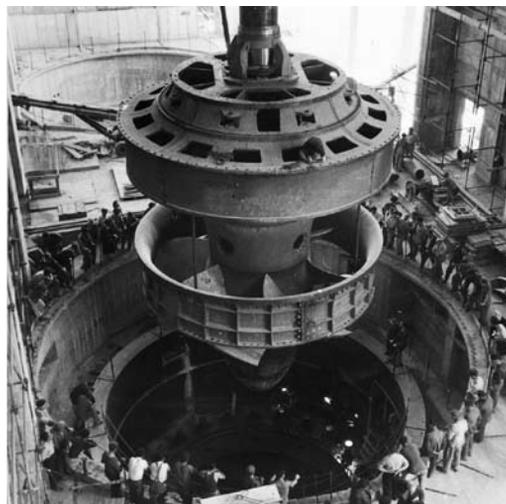
Sans entrer dans le détail de l'activité de la CNR entre 1933 et 1945, le principe est que les aménagements rentables financent ceux qui ne le sont pas. Ceci impose de réaliser en premier lieu un ouvrage hydroélectrique à forte rentabilité. La CNR est donc tributaire d'une logique électrique. Le choix se porte sur Génissiat, où les travaux débutent en 1937. La crise économique sert alors de justification à l'entreprise, conçue par son président, Léon Perrier, comme un modèle pour une politique économique de « réactivation ».

À la Libération, les besoins d'énergie électriques de la France sont considérables. Génissiat entre en production en 1948. Aussi la priorité des réalisations de la CNR est donnée à l'hydroélectricité : ce sont les chutes les plus productives en kWh qui sont mises en chantier et plusieurs aménagements sont menés simultanément. L'activité de la CNR s'inscrit dans l'esprit du temps : l'urgence de la reconstruction, le mythe de l'hydroélectricité, le gigantisme des ouvrages de ce type (cathédrales à la gloire de la technique).

Barrage de Génissiat. Le déversoir de crue fonctionne (à gauche) (© Photothèque CNR).



Usine André-Blondel de Bollène (© Photothèque CNR).



Mise en eau des turbines André-Blondel (© Photothèque CNR).

CARACTÉRISTIQUES DES AMÉNAGEMENTS DE LA CNR MIS EN SERVICE ENTRE 1948 ET 1963

Aménagements	Années de mise en service	Productivité (GWh/an)	Puissance installée (MW)	Longueur totale (km)
Génissiat-Seyssel	1948-1951	1 820	440	28
Donzère-Mondragon	1952	2 000	330	32
Montélimar	1957	1 640	270	22
Baix-le-Logis-Neuf	1960	1 190	192	18
Beauchastel	1963	1 210	192	17,5

De la Libération au troisième Plan (1945-1961), la CNR est donc au service de la production électrique : l'essentiel de son action s'inscrit dans le cadre d'une réponse aux besoins considérables de la nation en énergie. Le choix des aménagements, les dates de mise en travaux se font en fonction de ce critère.

Des difficultés apparaissent au début des années soixante lorsque la baisse sensible des prix des produits pétroliers et les progrès réalisés dans les centrales thermiques diminuent la rentabilité des aménagements hydrauliques autres que ceux de lacs-réservoirs, alors que le caractère indivisible du programme de la CNR (basé sur des centrales au fil de l'eau) grève les charges financières et gêne la rentabilité de ses aménagements.

Un aménageur à buts multiples

En 1965, les calculs démontrent que, du seul point de vue énergétique, les centrales du Rhône ne sont plus rentables. Toutefois, en raison des nouvelles perspectives offertes par l'aménagement du territoire, le gouvernement reconnaît l'intérêt de l'aménagement à buts multiples du fleuve. La CNR trouve alors un second souffle. C'est la consécration du triple objectif et le retour à l'esprit des fondateurs, même si une partie de son action est désormais subventionnée par l'État.

L'objectif prioritaire devient la réalisation d'une voie navigable moderne entre Lyon et Fos-sur-Mer, dans le cadre d'une politique d'aménagement du territoire. Il s'agit là d'un choix politique et économique fondamental.

Avec le choc pétrolier de 1973 et le relèvement considérable du prix de revient des centrales thermiques classiques, la rentabilité des aménagements est même relancée. Les subventions de l'État sont arrêtées

en 1978 et les travaux réalisés sur le Bas Rhône achevés en 1980, avec la mise en eau de l'aménagement de Vaugris. La CNR se lance ensuite dans l'aménagement du Haut Rhône, qui s'achève en 1986 avec l'inauguration de Sault-Brénaz.

Les centrales sont alors exploitées et gérées conjointement avec EDF au travers de comités mixtes.

CARACTÉRISTIQUES DES AMÉNAGEMENTS DE LA CNR MIS EN SERVICE ENTRE 1966 ET 1986

Aménagements	Années de mise en service	Productivité (GWh/an)	Puissance installée (MW)	Longueur totale (km)
Pierre-Bénite	1966	525	80	15
Bourg-lès-Valence	1968	1 085	192	21
Vallabrègues-Arles	1970-1974	1 295	210	78,5
Avignon	1973	935	180	20
Caderousse	1975	860	180	20
Péage-de-Roussillon	1977	880	168	27
Vaugris	1980	335	72	19,5
Chautagne	1981	454	90	14,4
Belley	1981	449	90	19,7
Bregnier-Cordon	1984	324	70	19,2
Sault-Brénaz	1986	245	45	30



Le barrage de Sault-Brénaz et la rivière artificielle au premier plan (© Photothèque CNR).

Bilan et perspectives

Même si les priorités ont évolué dans le temps, force est de constater que la CNR a toujours poursuivi son but initial, c'est-à-dire les trois points de vue (hydroélectricité, navigation, agriculture). On peut même considérer que si l'indivisibilité du programme a souvent été une gêne, elle a été aussi une chance pour la pérennité de l'entreprise. L'accent a été mis tantôt sur une option, tantôt sur une autre, mais la CNR est toujours fidèle à sa vocation première. Au final, le bilan de l'action accomplie est important : outre le port Édouard-Herriot construit dès 1934 et les milliers d'hectares de terres agricoles irriguées, elle a aménagé dix-huit chutes et douze écluses à grand gabarit, créé une trentaine de sites industriels et portuaires, des ports de plaisance, des haltes nautiques et des zones de loisirs.

La loi de modernisation et de développement du service public de l'électricité, votée en février 2000 dans la perspective de l'ouverture du marché européen, permet à la CNR de tourner une nouvelle page de son histoire. Elle est aujourd'hui le deuxième producteur français d'électricité : depuis 2001, elle commercialise librement son énergie, certifiée 100% énergie renouvelable, et elle exploite seule les aménagements du Rhône depuis le 1^{er} janvier 2006.

Dotée d'une responsabilité dans le développement économique de la vallée du Rhône, dans la continuité de l'esprit de ses fondateurs, la CNR a lancé en 2004 le premier plan quinquennal de mise en œuvre de ses missions d'intérêt général, basé sur ses trois missions principales, indissociables et solidaires. Les actions engagées avec des fonds propres CNR ou faisant appel à différents partenaires (état, régions, collectivités...) concernent quatre secteurs :

- la production électrique : optimisation de la production des ouvrages existants, valorisation énergétique des débits réservés (PCH) dans le but de participer à l'objectif national d'atteindre en 2010, 21% d'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables ;
- la voie navigable : développement (remise en navigabilité du Haut Rhône) et fiabilisation de la voie navigable (sécurité, disponibilité, qualité du service) ;
- l'environnement : restauration hydraulique et écologique des annexes du Rhône, gestion des milieux naturels et restauration des axes de migration et de connexions piscicoles ;
- l'ancrage local : accompagnement des initiatives locales, projet vélo-route du Léman à la mer.

Ce qu'il faut retenir

27 mai 1921 : loi qui concrétise la « formule du Rhône ».

27 mai 1933 : création de la Compagnie Nationale du Rhône.

1934 : la CNR reçoit la concession des travaux d'aménagement du Rhône.

1948 : inauguration de Génissiat, première centrale hydroélectrique sur le Rhône.

1980 : avec la mise en service du barrage de Vaugris, le Rhône devient navigable à grand gabarit sur une longueur de 310 km.

1986 : mise en service de l'aménagement de Sault-Brénaz sur le Haut Rhône.

2000 : Ouverture du marché français de l'électricité à la concurrence (Loi du 10 février).

2003 : Parution des décrets relatifs à la modernisation de la concession et à la mise en œuvre des statuts. Entrée d'Electrabel au capital de la CNR.

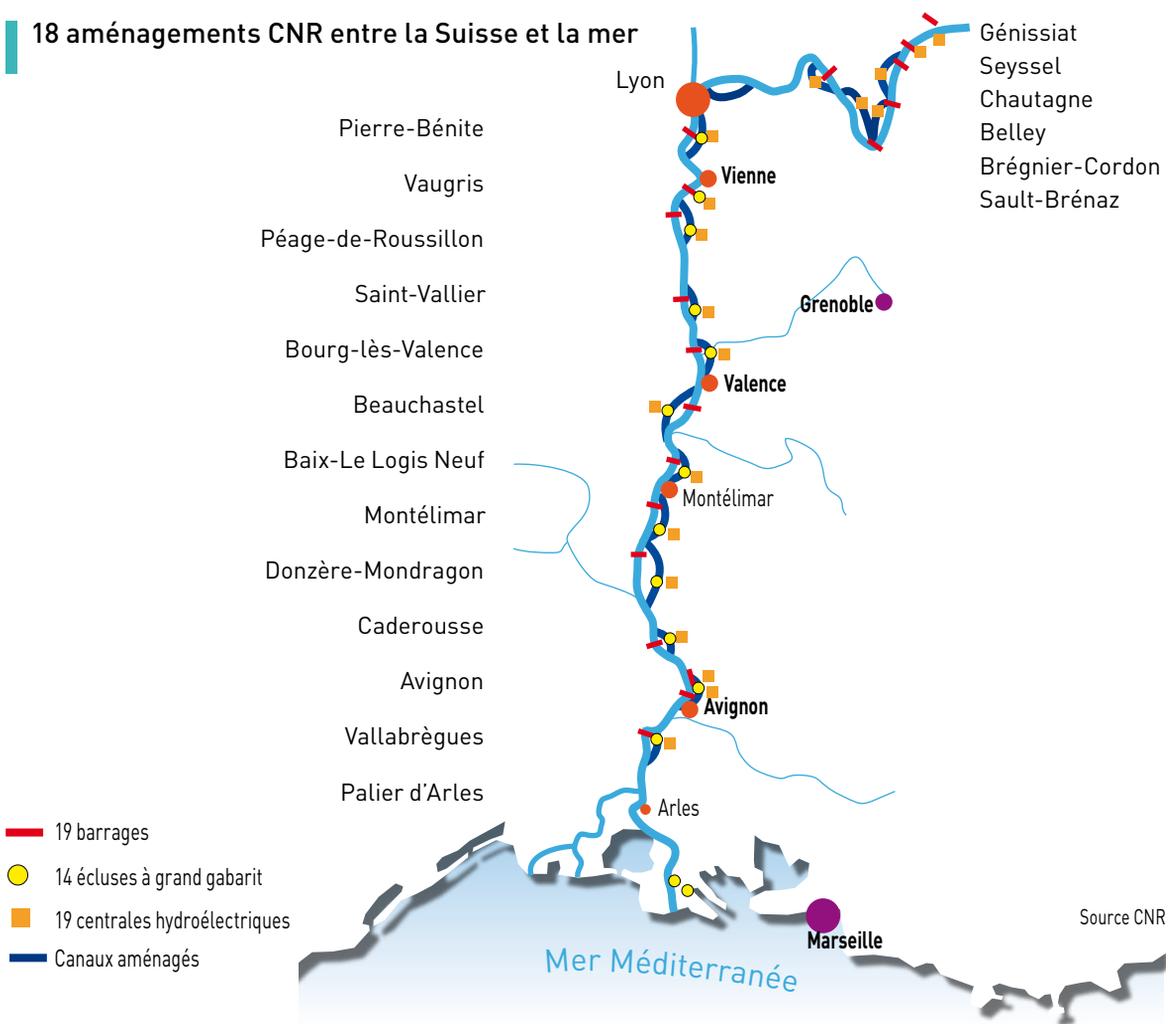
2004 : démarrage du premier plan à cinq ans pour les Missions d'Intérêt Général.

Quel est le principe de conception des aménagements CNR ?

Un an après sa constitution en 1933, la **Compagnie Nationale du Rhône (CNR)**, a reçu de l'État la concession de l'aménagement du Rhône pour : la production hydroélectrique, la création d'une voie navigable à grand gabarit, le développement agricole de la vallée.

Ces objectifs, fixés en 1919 par la Commission Interdépartementale de l'Aménagement du Rhône, émanation des conseils généraux des départements riverains, ont été gravés dans la loi de 1921, connue sous le nom de « Formule Rhône ».

18 aménagements CNR entre la Suisse et la mer



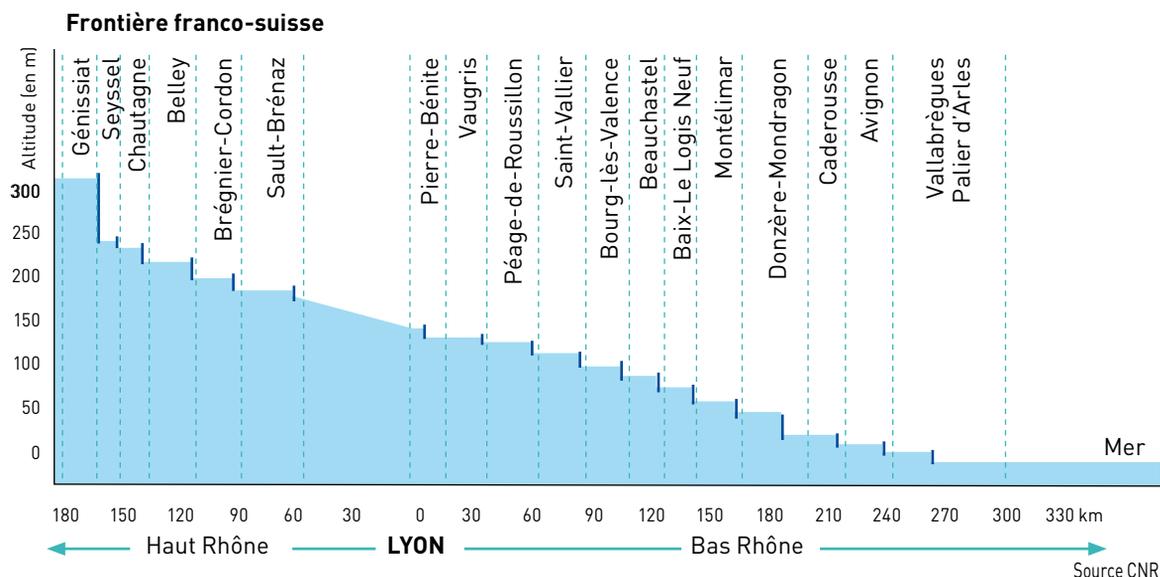
Les travaux d'aménagement ont débuté par le port Édouard-Herriot de Lyon dès 1934 et se sont poursuivis par la construction du barrage de Génissiat qui a été mis en service en 1948 après une longue période d'interruption pendant la guerre. Les grands travaux se sont terminés avec la mise en service de la chute de Sault-Brénaz en 1986.

Contrairement à ce que pourrait le laisser croire la durée des travaux, la conception n'a pas été faite aménagement par aménagement mais selon un « projet général d'aménagement du Rhône » élaboré dans les années 1930 et approuvé par le gouvernement en 1935. Ce projet a fixé les principes d'aménagement et le programme des travaux à réaliser.

Sur les vingt aménagements prévus entre la frontière Suisse et la mer, seuls deux n'ont pas été réalisés. Il s'agit de Loyettes et de Miribel-Saint-Clair qui étaient prévus sur le Haut Rhône en amont de Lyon.

Quels choix ont fondé le type d'aménagement du Rhône ?

Le choix du type d'aménagement a été principalement dicté par des contraintes géographiques et topographiques : présence de rétrécissements dans la vallée, voire de défilés, ainsi que d'importants affluents. L'urbanisation, la richesse de la vallée et la volonté de préserver les voies de communication routières et ferroviaires ont aussi contribué à définir les choix techniques du projet général d'aménagement du Rhône.



À l'exception de Génissiat, les aménagements du Rhône ont été conçus comme une succession de chutes de faible hauteur au fil de l'eau, d'une vingtaine de kilomètres de longueur, avec dérivation et restitution au fleuve, sauf pour Seyssel et Vaugris. Ce type d'aménagement, adapté à la vallée du Rhône et favorisé par ses épanouissements, a été préféré à la construction de deux ou trois grands barrages qui auraient fermé la vallée et noyé de grandes surfaces.

La réalisation de chaque aménagement a nécessité plusieurs études techniques et économiques. Les solutions retenues sont souvent le résultat d'ajustements et d'études complémentaires suite aux enquêtes publiques ou à la demande des services de l'État.

Comment se présente un aménagement-type ?

L'aménagement-type comprend :

- Un barrage mobile (à hauteur ajustable) construit sur le cours naturel du fleuve, qui crée une retenue contenue par des endiguements latéraux. Les retenues ont en général une longueur de 7 à 20 km et une largeur de 300 à 500 m.
- Un canal de dérivation à faible pente sur lequel sont installées la centrale hydroélectrique et l'écluse. Les canaux de dérivation ont une longueur de 5 à 20 km et une largeur de 120 à 200 m.
- Des contre-canaux qui longent les endiguements pour drainer les terres agricoles et assurer l'équilibre piézométrique des nappes. Ils permettent aussi de collecter les eaux percolant à travers les digues qui ne sont pas, par choix technique, étanches.

Tous les aménagements réalisés sur le Rhône respectent ce schéma-type hormis les aménagements de Génissiat, Seyssel et Vaugris. L'usine de Génissiat est intégrée dans le barrage de moyenne chute. Le barrage et l'usine de Seyssel et de Vaugris sont accolés l'un à l'autre, en plus de l'écluse pour ce dernier.



Aménagement type du Rhône (© Photothèque CNR).

Quel est le principe de fonctionnement ?

En situation normale (statistiquement 9 à 10 mois par an), la hauteur de chute est maximale et le plan d'eau est quasi horizontal ; le canal de dérivation capte l'essentiel du débit qui est turbiné par la centrale hydroélectrique au fil de l'eau et est restitué au Rhône en aval par le canal de fuite. Le barrage laisse passer un débit minimal garanti pour alimenter le Vieux-Rhône.

Au-delà du débit d'équipement de la centrale hydroélectrique (700 m³/s pour les usines du Haut Rhône et entre 1400 et 2400 m³/s pour le Bas Rhône), le barrage s'ouvre progressivement pour faire transiter le surplus de débit entrant et les plans d'eau basculent progressivement pour retrouver la pente naturelle du fleuve en crue.

Il faut rappeler que si le principe de conception d'aménagements de faible chute a permis de préserver l'espace et les terres mises en valeur de la vallée du Rhône, il a cependant conduit à des retenues de dimensions et de capacité insignifiantes face aux crues du Rhône.

Les aménagements du Rhône n'ont donc pas été conçus pour écrêter les crues mais pour les laisser s'écouler naturellement sans les aggraver par rapport à la situation avant aménagement. C'est un principe fondamental, inscrit dans le cahier des charges de la CNR, qui a prévalu lors du dimensionnement des ouvrages et qui prévaut encore dans la gestion et l'exploitation de ces ouvrages.

Quel est le principe de conception ?

Les digues bordant les retenues du Rhône ont été dimensionnées pour la crue millénale (risque 10^{-3}). Ces digues se referment, en général, en des points où le terrain naturel est suffisamment élevé pour éviter le contournement des ouvrages par les fortes crues. Afin de respecter le principe de non-aggravation de l'écoulement naturel, lorsque ces digues dites insubmersibles empiètent sur le lit majeur ou sur les champs d'expansion des crues, plusieurs solutions ont été mises en œuvre :

- d'importants travaux compensatoires de rescindement des berges et de dragage du lit du Rhône ont été réalisés entre les endiguements des deux rives ; ceux-ci ont eux-mêmes été placés à des distances importantes par rapport aux anciennes berges. L'objectif est de conserver le même volume d'écoulement et d'améliorer la débitance du lit du Rhône (débit maximum de transit sans débordement du lit mineur) ;
- la longueur des endiguements a été limitée au strict minimum afin d'éviter tout exhaussement éventuel des lignes d'eau en amont des zones endiguées. La longueur de la digue dite insubmersible est déterminée en fonction de la débitance du lit et de l'importance du volume des champs d'inondation non compensé ;
- lorsque le champ d'expansion est important, des digues déversantes ont été aménagées pour conserver sa capacité d'écrêtement pour les crues fortes tout en réduisant la fréquence d'inondation des riverains pour les crues faibles à moyennes ;
- les canaux de dérivation, qui soulagent les Vieux-Rhône d'une partie du débit en crue, ont été conçus pour compenser certains champs d'expansion.

Ce qu'il faut retenir

Les travaux d'aménagement du Rhône se sont déroulés sur une cinquantaine d'années entre 1934 et 1986, mais la conception et le choix du type d'aménagement ont été décidés dès les années 1930.

À partir des objectifs fixés par la loi de 1921, un plan général a été élaboré et validé par le gouvernement en 1935.

Les critères de conception respectant les caractéristiques de la vallée et préservant l'espace et les populations ont conduit aux choix techniques suivants :

- aménagements intégrés réalisant le meilleur compromis entre les usages possibles du fleuve et adaptés à l'activité de la vallée : succession de faibles chutes.
- retenue limitée par des endiguements latéraux, constituée par un barrage mobile avec dérivation et restitution au fleuve pour satisfaire aux trois objectifs d'aménagement du Rhône : production hydroélectrique, navigation à grand gabarit à l'aval du Lyon et irrigation et développement agricole.
- retenues de dimension insignifiantes fonctionnant au fil de l'eau sans grande capacité de rétention face au volume des crues du Rhône.



Déversoir de Printergarde lors de la crue de novembre 2002 (© Photothèque CNR).

Quel est le mode de gestion des ouvrages du Rhône ?

La conception des aménagements du Rhône a intégré les nombreuses contraintes liées à la géographie et à l'occupation de la vallée par une population dense exerçant des activités industrielles et agricoles variées. Il était tout autant nécessaire que le mode de gestion des ouvrages en tienne compte en plus de la sûreté des ouvrages et de la sécurité des biens et des personnes.

Le mode de gestion des ouvrages doit concilier les trois objectifs de la concession (production hydroélectrique, navigation et irrigation) avec les choix techniques retenus : des aménagements au fil de l'eau avec une capacité d'accumulation limitée. La gestion de la ressource et des écoulements du Rhône et de ses affluents aussi bien en crue qu'en basses eaux, suppose des contraintes et objectifs contradictoires. Cela nécessite un mode de gestion intégré et coordonné de l'ensemble de la chaîne.

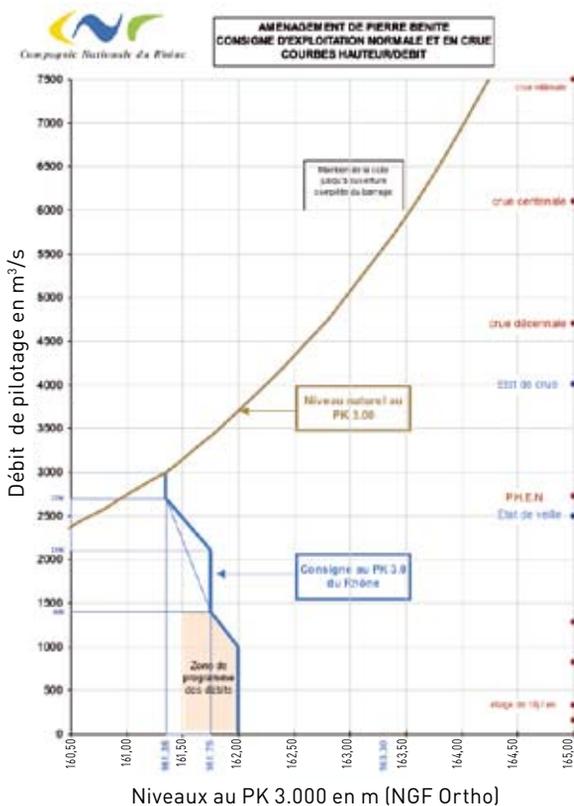
Chaque chute doit réagir aux perturbations des chutes amont, tout en se préoccupant de ses propres effets sur les chutes aval et en respectant les règles fixées par sa consigne d'exploitation. Ces règles sont définies de façon à satisfaire les objectifs et contraintes aussi bien en période normale qu'en crue.

Quel est le principe de gestion des plans d'eau ?

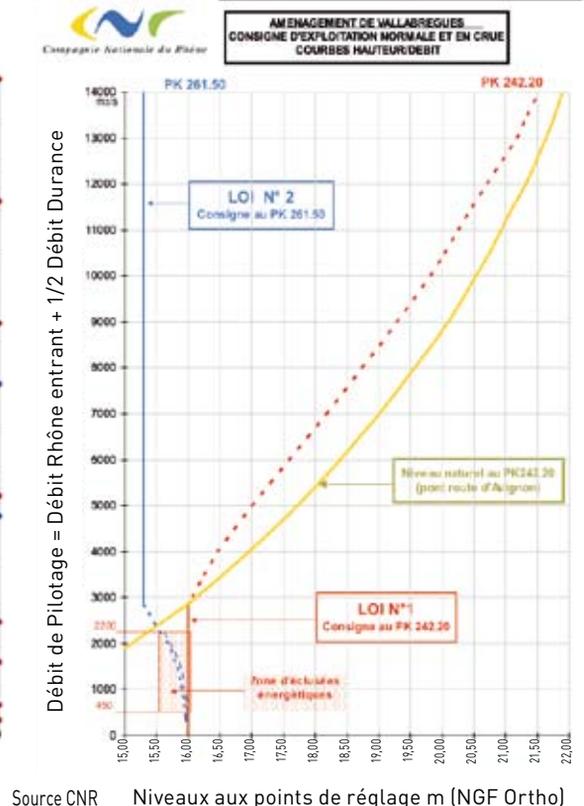
Le mode de gestion est basé principalement sur la régulation des niveaux des plans d'eau en fonction des débits entrants de chacun des aménagements.

Pour chaque aménagement, une consigne d'exploitation normale et en crue traduit les obligations de son cahier des charges en matière de respect des niveaux d'eau et de répartition des débits entre usines et

Aménagement de Pierre-Bénite Exemple de consigne d'exploitation à un point de réglage. Courbes Hauteur/Débit



Aménagement de Vallabrègues Exemple de consigne d'exploitation à deux points de réglage. Courbes Hauteur/Débit



barrages. Elle est établie par le concessionnaire et est soumise à l'approbation des services de contrôle (DRIRE et SNRS).

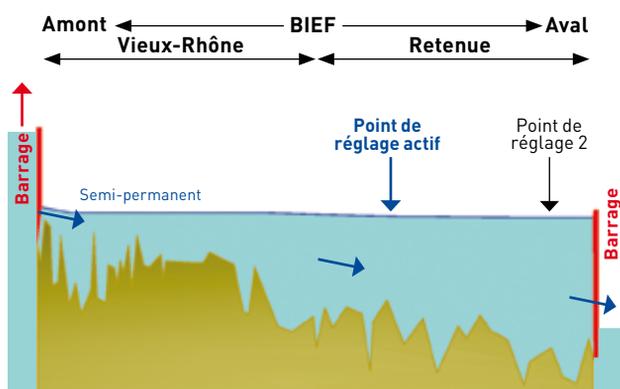
La consigne d'exploitation définit pour chaque aménagement des lois hauteur/débit $Q(H)$ à respecter en des points de contrôle précis de la retenue appelés «points de réglage». La détermination de ces points et des lois $Q(H)$ associées font l'objet d'études hydrauliques tenant compte des caractéristiques de la retenue ainsi que des conditions d'écoulement.

Les règles d'exploitation doivent être simples, robustes et concises pour ne pas laisser de place à l'interprétation en temps réel. Elles doivent être appliquées que la conduite soit automatique ou manuelle.

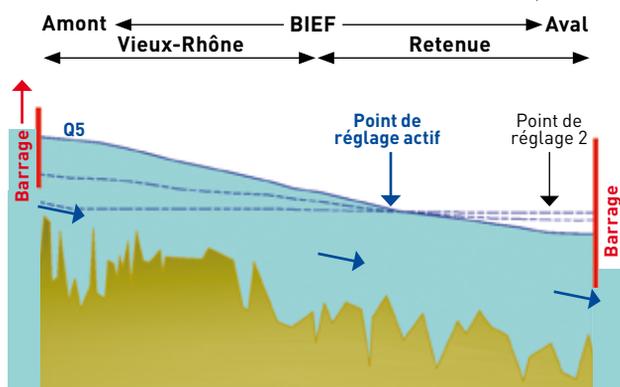
Chaque retenue possède un ou deux points de réglage. La régulation du plan d'eau est assurée par l'usine tant que le débit du Rhône est inférieur à son débit d'équipement. Au-delà, c'est le barrage qui s'ouvre progressivement et qui assure la continuité de la régulation. Pour les forts débits, il en résulte un effet de basculement normal du plan d'eau.

À l'amont du barrage le niveau s'abaisse et l'on pourrait croire à une vidange de la retenue alors que s'amorce la crue. En réalité il n'en est rien, le niveau à l'amont du point de réglage monte progressivement dans le respect de deux principes fondamentaux, à savoir la croissance progressive du volume de la retenue en fonction du débit et la non-aggravation des niveaux observés avant aménagement dans les zones non protégées contre les inondations (voir exemples figures 1 et 2).

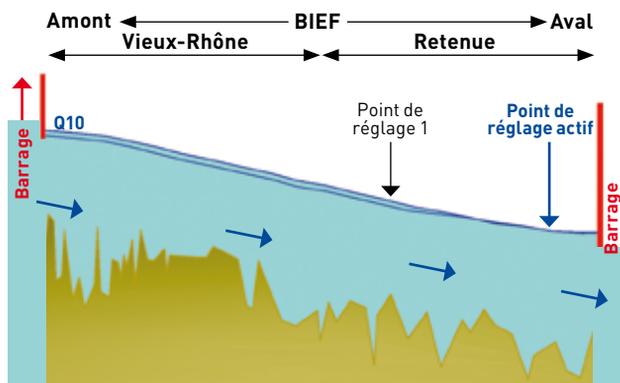
De même, le basculement du plan d'eau conduit à l'abaissement du niveau à l'amont de l'usine et à l'exhaussement de son niveau aval. La chute disparaît progressivement et la production électrique devient marginale. Cependant, sauf exception, l'usine reste en fonctionnement, non plus dans un objectif de production hydroélectrique, mais seulement pour soulager le Vieux-Rhône d'une partie du débit. Pour certaines usines (principalement sur le Haut Rhône), le débit est réduit voire annulé, pour permettre aux principales zones d'expansion des crues de conserver leur rôle d'écrêtement (marais de Lavours et de la Chautagne, plaine de Pierrelatte...).



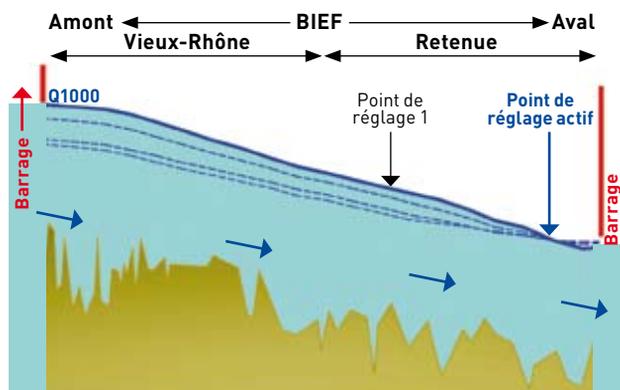
Débit semi-permanent



Débit de crue quinquennale Q5



Débit crue décennale



Débit de crue millénaire

Basculement progressif du plan d'eau pour retrouver la pente naturelle du fleuve en crue.

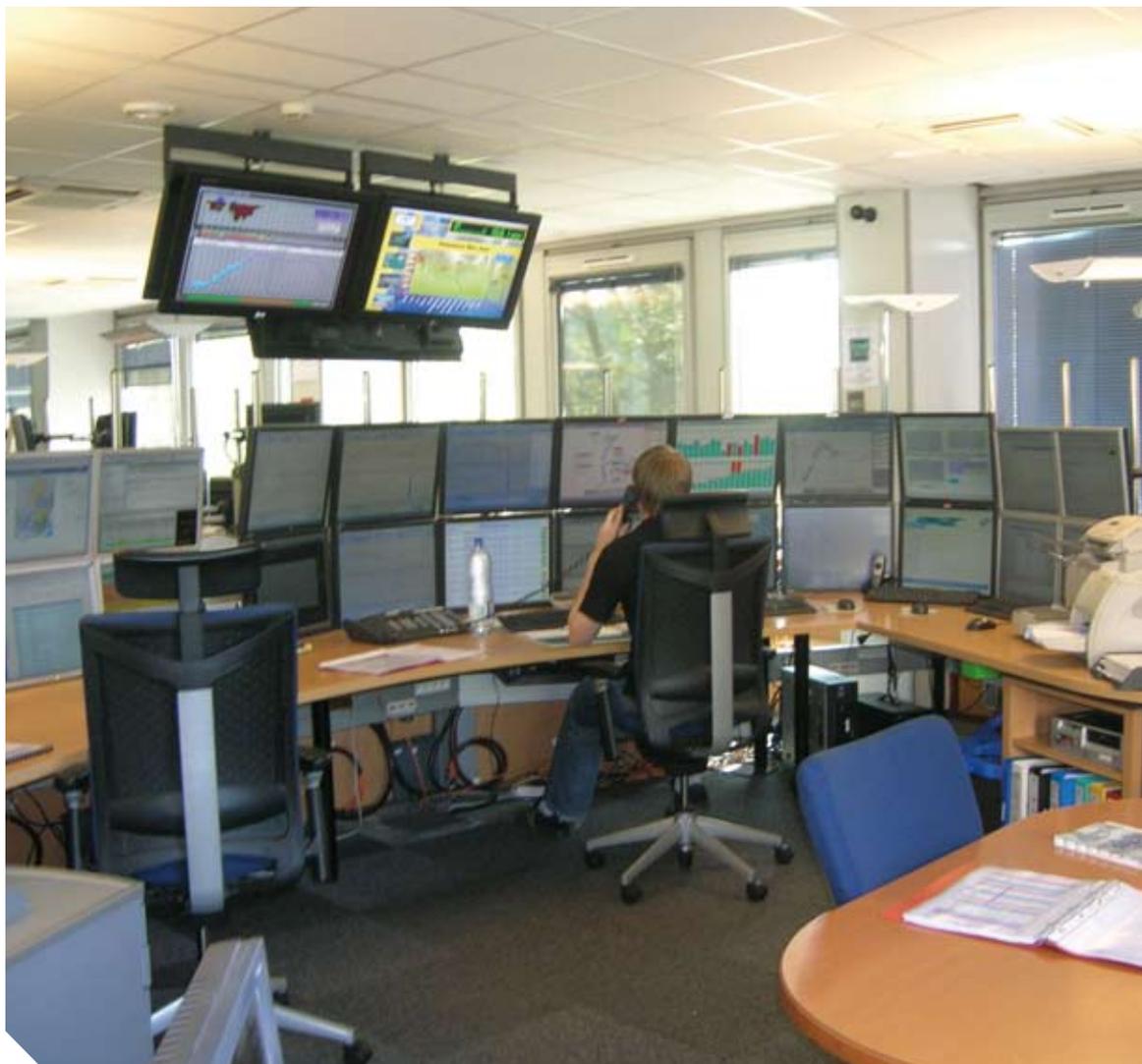
Quels sont les modes de gestion et de conduite des ouvrages ?

Les difficultés d'exploitation des aménagements en chaîne, la recherche de l'optimisation du fonctionnement et la coordination des manœuvres des ouvrages ont conduit la CNR, dès les années 1970, à opter pour une conduite automatique. Cette automatisation a été conçue suivant une structure hiérarchisée à trois niveaux :

■ Un automate de conduite locale (PA : Poste Aménagement)

Chaque aménagement est conduit d'une manière totalement autonome et automatique par un ordinateur industriel qui assure les fonctions suivantes :

- acquisition, traitement et surveillance de toutes les grandeurs caractéristiques de la retenue, des paramètres d'états de fonctionnement et de disponibilité de toutes les installations ainsi que des ordres et consignes émis par l'exploitant ;
- conduite du plan d'eau par asservissement des niveaux réels aux consignes d'exploitation en élaborant les ordres pour les organes de réglage de débit ; elle tient compte de l'état de la retenue, des apports de débit, des ordres reçus, des contraintes et état de disponibilité des organes...
- commande directe des organes de réglage, contrôle du bon fonctionnement des organes et de la bonne exécution des ordres ;
- déclenchement des alarmes pour alerter l'exploitant en cas de dysfonctionnement.



Centre de Téléconduite du Rhône CTR (© Photothèque CNR).

L'exploitant, en cas de besoin, peut prendre la main à tout moment et conduire l'aménagement en manuel. En période de crues fortes, la surveillance des automates est renforcée et une présence humaine permanente est assurée dans les aménagements.

■ Un Centre de Téléconduite du Rhône (CTR)

Le deuxième niveau de contrôle et de surveillance de la conduite est assuré par le poste de conduite centralisé. Jusqu'en juin 2005, il en existait deux : le PSH (Poste de Surveillance Hydraulique) à Châteauneuf-du-Rhône et le PCC (Poste de Conduite Centralisée) à Génissiat.

Cette fonction est maintenant assurée par le CTR installé à Lyon avec une présence humaine permanente. Le Poste de Téléconduite est en lien direct avec tous les automates de conduite locaux (PA) par l'intermédiaire d'un réseau de fibres optiques sécurisées. Il reçoit les mêmes informations de niveaux, débits et états des installations qui lui permettent de télésurveiller la chaîne des aménagements et de leur transmettre des ordres, à tout moment, en temps réel ou en différé.

Il est aussi en lien direct avec le Centre de Gestion de la Production du Rhône (CGPR) voisin qui élabore la prévision des débits pour les programmes de production.

■ Sécurité Intrinsèque (SI) ou Automate de Sauvegarde (AS)

Enfin le troisième niveau est constitué par un dispositif totalement indépendant qui assure, en ultime secours, la protection des ouvrages contre tout exhaussement ou abaissement anormal de la retenue.

Ce dispositif dit de «Sécurité Intrinsèque» permet de déclencher des alertes vers l'astreinte d'exploitation et d'agir, si nécessaire, sur les organes de réglage de débit en attendant l'arrivée de l'exploitant.

Ce qu'il faut retenir

Le mode de gestion des ouvrages répond aux objectifs d'aménagement du Rhône et tient compte des choix de leur conception, de leurs caractéristiques et des conditions d'écoulement du fleuve. Une consigne d'exploitation est établie pour chaque aménagement et approuvée par les autorités de tutelle.

La gestion des ouvrages est assurée par une conduite automatique locale par aménagement, qui est surveillée et contrôlée par le Centre de Téléconduite du Rhône.

Celui-ci, basé à Lyon, assure la coordination et la surveillance du bon fonctionnement des installations de l'ensemble de la chaîne.

La ZABR – Zone Atelier Bassin du Rhône

Labellisée par le CNRS en 2001, structurée en Groupement d'Intérêt Scientifique depuis 2005, la ZABR rassemble treize établissements de recherche qui s'inscrivent dans une démarche d'aide à la décision publique en matière de gestion durable des cours d'eau et de leurs bassins versants.

Son objectif est de mettre à la disposition des décideurs des méthodes d'évaluation des effets des opérations de réhabilitation sur le fonctionnement des hydrosystèmes aquatiques en terme de biodiversité, de durabilité et d'usages potentiels. L'ensemble des actions de la ZABR est structuré par site et par thème.

Dans ce cadre, elle a trois finalités :

- élaborer et conduire des programmes de recherches pluridisciplinaires avec mise en commun des données acquises ;
- organiser des séminaires d'échanges visant à favoriser le dialogue et la construction des programmes de recherches communs et interdisciplinaires ;
- développer des moyens adéquats permettant la diffusion des résultats et la prise en compte des attentes des utilisateurs potentiels des produits de la recherche.

L'animation de la ZABR est assurée par le GRAIE, Groupe de recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau.

La coordination de l'ouvrage a été réalisée par la ZABR en appui sur toute l'équipe du GRAIE et avec la participation de Christian Guyard, journaliste.

