

Aménagement du Rhône et débit réservé

Éric Doutriaux, Christian Terrier et Marc Zylberblat

La Compagnie nationale du Rhône (CNR), créée en 1933, s'est vue confier par l'État la mission d'aménager le fleuve Rhône avec trois objectifs principaux : produire de l'énergie électrique, ouvrir une voie navigable à grand gabarit, favoriser le développement agricole de la vallée.

L'aménagement du Rhône de la Suisse à la mer

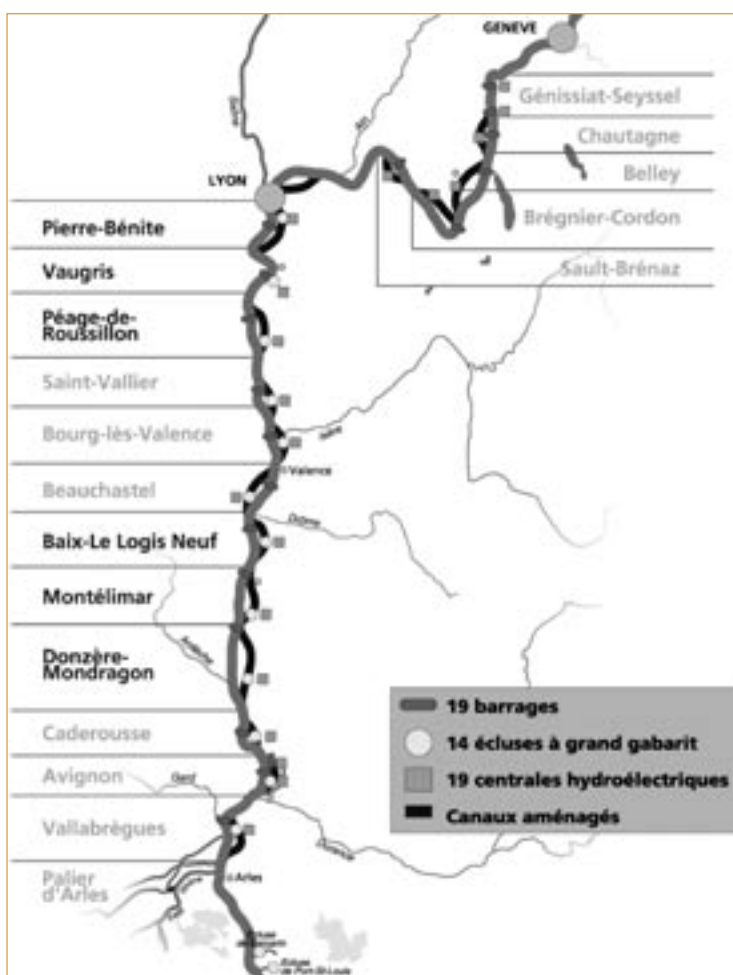
Les travaux correspondant ont commencé avant la dernière guerre mondiale.

Deux aménagements envisagés dans le schéma global initial ne sont plus à l'ordre du jour dans le contexte économique actuel (à l'amont immédiat de Lyon et au droit du confluent de l'Ain). Tous les autres ont été réalisés.

On peut considérer aujourd'hui que l'aménagement du Rhône a été achevé en 1986 avec la dernière chute mise en service, celle de Sault-Brénaz.

Outre la chute de Cusset (en amont de Lyon) construite au XIX^e siècle et exploitée par Électricité De France (EDF), un ensemble de 18 chutes, réparties sur les 500 km entre la Suisse et la Méditerranée (figure 1) a été aménagé par la CNR.

La puissance maximale disponible est de 2 937 MW, la production moyenne annuelle, de 16 TWh.



▲ Figure 1 – L'aménagement du Rhône.

Les contacts

Compagnie nationale du Rhône,
2, rue André Bonin,
69316 Lyon Cedex 04

L'aménagement type

À l'exception de Génissiat dont la chute est de 70 m, les autres chutes ont pratiquement toutes été conçues selon le schéma type présenté figure 2 et comportent principalement :

- un barrage évacuateur de crues, équipé de vannes mobiles et dimensionné pour laisser passer la crue millénaire,
- une retenue, de longueur variable, pouvant atteindre 20 à 30 km, bordée d'endigements le plus souvent insubmersibles,
- un canal de dérivation bordé par des digues insubmersibles,
- une usine hydroélectrique implantée sur la dérivation et équipée pour un débit dépassé 30 à 40 jours par an, sous une chute de l'ordre de 10 à 20 m,
- une écluse au gabarit européen de la classe Vb, en aval de Lyon, accolée à l'usine hydroélectrique,
- des contre-canaux drainant les débits de percolation dans les digues et maintenant les nappes phréatiques à des profondeurs acceptables, notamment dans les secteurs où le niveau du Rhône a été relevé.

Les chutes de Seyssel et de Vaugris ne comportent pas de dérivation : l'usine et l'écluse sont accolées au barrage.

Les débits réservés

Pour les débits inférieurs au débit d'équipement de l'usine, le barrage ne laisse s'écouler dans le tronçon du fleuve court-circuité par la dérivation, qu'un débit minimal appelé débit réservé. Au-delà, en crue, les vannes du barrage sont ouvertes progressivement pour laisser passer la partie non turbinée du débit. Le débit réservé est en général variable avec la saison, plus bas en hiver, plus élevé en été, avec parfois une valeur intermédiaire pour les autres saisons. La chute de Montélimar est une exception. Sur celle-ci, le débit réservé est une fonction croissante plafonnée du débit total.

Le tableau 1 donne la valeur de ces débits réservés pour chacune des chutes.

La valeur des débits réservés a évolué avec le temps. À l'exception de la chute de Donzère-Mondragon, la première chute avec dérivation, les débits réservés, pour les chutes du bas Rhône mises en service avant 1980, sont en hiver compris entre 1/100 et 1/300 du module, et en été



► Figure 2 – L'aménagement type.

entre 1/50 et 1/300. Pour les chutes du Haut-Rhône, mises en service à partir de 1980, ils sont compris en hiver entre 1/5 et 1/40, et en été entre 1/3 et 1/20.

Rappelons que la loi « Pêche » de 1984, fixant des valeurs minimales aux débits réservés, exclut le Rhône et le Rhin de son champ d'application.

Politique environnementale de la CNR et débits réservés

Le cadre

Prenant acte de l'évolution de l'attente sociale, la CNR s'est fixée une ambition nouvelle traduite par une charte d'environnement du Rhône en 1992 [1], qui vise à répondre par des moyens concrets, en association avec les partenaires concernés, à la dimension écologique et environnementale de cette attente.

L'augmentation des débits réservés y est évoquée ainsi que ses impacts économiques.

Cette démarche converge avec les objectifs proposés par l'État dans le schéma de vocation piscicole du Rhône établi en 1990 [2] et l'établissement par le comité de bassin Rhône-Méditerranée-Corse d'un « plan d'action Rhône » [3] qui a identifié dès 1992 cinq tronçons court-circuités pour lesquels l'augmentation des débits réservés présente un fort enjeu (Chautagne, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère-Mondragon). Cet objectif a été intégré au SDAGE [4] approuvé en 1996.

Dans l'esprit de sa charte, la CNR a entrepris dès cette époque une analyse des problématiques environnementales, des solutions concrètes possibles, et elle a évalué les moyens correspondants. Une proposition a ainsi été faite de programmation sur 10 ans. Le plan Environnement correspondant a été proposé en 1996 [5].

▼ Tableau 1 – Principales caractéristiques hydrologiques du Rhône et des Vieux-Rhône.

CHUTE	Module (en m ³ /s)	Module/40 (en m ³ /s)	Module/20 (en m ³ /s)	Module/10 (en m ³ /s)	Année de mise en service	Longueur court- circuitée (km)	Débit réservé à l'origine (en m ³ /s)		Proportion du module	
							mini	maxi	mini	maxi
Chautagne	400	10	20	40	1980	9	10	20	1/40	1/20
Belley	420	11	21	42	1982	17	25	60	1/17	1/7
Brégnier-Cordon	430	11	22	43	1984	11	80	160	1/5	1/3
Sault-Brénaz	440	11	22	44	1986	2	20	60	1/22	1/7
Pierre-Bénite	1035	26	52	104	1966	10	10	20	1/104	1/52
Péage-de-Roussillon	1060	27	53	106	1977	12	10	20	1/106	1/53
Saint-Vallier	1080	27	54	108	1971	4	5	10	1/216	1/108
Bourg-lès-Valence	1540	39	77	154	1968	9	10	20	1/154	1/77
Beauchastel	1540	39	77	154	1963	6	10	20	1/154	1/77
Baix-le-Logis-Neuf	1500	38	75	150	1960	8	10	20	1/150	1/75
Montélimar	1500	38	75	150	1957	13	15	60	1/100	1/25
Donzère-Mondragon	1500	38	75	150	1952	29	60	60	1/25	1/25
Caderousse	1525	38	76	153	1975	5	5	5	1/305	1/305
Avignon	1610	40	81	161	1973	3	5	5	1/322	1/322
Vallabrègues	1610	40	81	161	1970	6	10	10	1/161	1/161

En ce qui concerne la question des débits réservés, la CNR a suscité une thèse (soutenue en 1997) permettant par des méthodes adaptées à la dimension du Rhône d'évaluer l'impact sur le peuplement piscicole de la gestion des débits [6] [7].

Très récemment, en juin 2003, les décrets relatifs à la modernisation de la concession du Rhône précisent les nouveaux objectifs en matière d'environnement de la CNR à savoir :

- la gestion équilibrée de la ressource en eau et des milieux aquatiques, prévue par le code de l'environnement et les documents spécifiques au bassin du Rhône ;

- la prévention et la correction, par priorité à la source, des atteintes portées à l'environnement liées à la présence ou au fonctionnement de ses ouvrages, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économique acceptable ;

- la gestion, dans le cadre d'une politique de développement durable, des espaces, ressources et milieux naturels et des sites et paysages faisant partie du domaine concédé.

C'est dans ce cadre très large que sera défini, d'ici la fin de l'année, un programme quinquennal d'actions précisant les opérations dans lesquelles s'engagera la CNR et qui intégreront les thématiques du *programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône* porté par l'État (restauration des tronçons court-circuités du Rhône, des îlons et des milieux annexes du Rhône, restauration de l'axe de migration), ainsi que d'autres plus spécifiques comme la gestion du domaine foncier de la concession.

Une réalisation d'importance : l'augmentation du débit réservé de Pierre-Bénite

Un projet a été mené à terme avec l'inauguration le 9 juin 2000 du passage de 10 à 100 m³/s du débit réservé de la chute de Pierre-Bénite, à l'aval immédiat de Lyon.

Ce projet a fait l'objet d'études poussées, pour déterminer la valeur optimale du débit à maintenir à l'aval du barrage, pour intégrer cette dimension à un projet plus global de renaturation des annexes fluviales du Rhône, de mise en valeur des espaces riverains et pour mettre en place un suivi scientifique de son impact. Des négociations ont permis de fixer l'implication financière de chacun des acteurs : CNR 40 %, Agence de l'eau 40 %,

syndicat regroupant les communes riveraines 20 % (intégrant l'ensemble des financements de la région Rhône-Alpes, du département du Rhône, du Grand Lyon, etc.).

Le projet global d'un montant de 15,7 M€ se décomposait en :

– augmentation du débit réservé :	10,3 M€
– restauration de trois îlons (bras secondaires) :	3,2 M€
– mise en valeur des espaces riverains :	1,5 M€
– suivi scientifique :	0,7 M€

Le projet a conduit à la réalisation d'une petite centrale hydraulique (PCH) accolée au barrage et destinée à turbiner le nouveau débit réservé selon le bilan estimatif suivant :

– pertes énergétiques à l'usine principale :	17,6 M€
– gains énergétiques à la PCH :	20,9 M€
– coût de la PCH :	13,6 M€

Dans ce cas d'espèce, et dans le cadre économique réglementé de l'époque, il était donc plus intéressant malgré le coût de la PCH de turbiner le débit réservé (coût du projet sans PCH : 17,6 M€ et avec PCH : 10,3 M€).

Les impacts environnementaux d'une augmentation du débit réservé

Les impacts recherchés

QUALITÉ DE L'EAU

Réduction du risque d'eutrophisation par une meilleure dilution et réduction des manifestations de l'eutrophisation par réduction du temps de renouvellement de l'eau. Sur Pierre-Bénite, le temps de renouvellement a été ramené de 13 à 4 heures sur la longueur du tronçon court-circuité.

HABITATS AQUATIQUES

Accroissement de la diversité au sein de la lame d'eau à la fois transversalement et longitudinalement. Nette augmentation de la superficie des habitats à cyprinidés d'eau vive. En termes physiques, les lignes d'eau ont été relevées de 16 à 91 cm sur Pierre-Bénite, les vitesses qui se répartissaient entre 0,13 et 0,89 m/s s'échelonnent maintenant de 0,37 à 1,62 m/s.

	Janvier, Février	Mars	Avril	Mai	Juin, Juillet, Août	Septembre, Octobre, Novembre, Décembre
Chautagne	50 m ³ /s	50 m ³ /s	50 m ³ /s	70 m ³ /s	70 m ³ /s	50 m ³ /s
Belley	60 m ³ /s	90 m ³ /s	100 m ³ /s	90 m ³ /s	80 m ³ /s	60 m ³ /s

◀ Tableau 2 – Valeurs des débits réservés dans les Vieux-Rhône des chutes de Chautagne et de Belley.

PEUPLEMENT PISCICOLE

Diversification des espèces présentes. Retour à une situation proche du Rhône à l'état précédant l'aménagement. Développement d'une population rhéophile différente de celle des retenues : on voit se développer à nouveau sur le vieux Rhône de Pierre-Bénite les populations de hotus, spirilin, ablette, barbeau.

PAYSAGE

Perception visuelle de l'écoulement, se rapprochant de celle d'autrefois. Largeur mouillée accrue. La superficie mouillée est passée de 61 à 69 ha sur Pierre-Bénite. Végétation des rives plus proche de l'eau. La largeur qui variait de 60 à 120 m, évolue maintenant entre 76 et 139 m, soit 15 à 20 m de plus.

VÉGÉTATION TERRESTRE

Réhumidification des rives. Selon les secteurs, sur Pierre-Bénite, la nappe a été relevée de 10 cm à 1 m, offrant ainsi à nouveau la possibilité de développement d'une végétation hygrophile.

USAGE

Développement des loisirs nautiques (canoë-kayak, pêche, etc.).

Les impacts non recherchés

L'impact négatif d'une telle opération est la perte d'une énergie renouvelable. En règle générale, même la construction d'une PCH accolée au barrage ne compense que partiellement la perte d'énergie à l'usine principale, la chute y étant

plus faible. La chute de Pierre-Bénite est la seule exception à cette règle. Pour les faibles débits du Rhône, la chute au barrage y est voisine de la chute à l'usine.

Énergie en jeu

Pour les chutes du Haut-Rhône (en amont de Lyon), un objectif de débits a été défini par l'ensemble des parties prenantes du dossier (communes regroupées en syndicat, Agence de l'eau, services de l'État, CNR, etc.).

Cet objectif, dont le financement est assuré par l'Agence de l'eau et la CNR, dans le cadre d'un projet plus global incluant la restauration des milieux aquatiques auquel participent les collectivités et l'État, est désigné dans le tableau 2.

La valeur des débits réservés de l'aménagement de Brégnier-Cordon est déjà importante. Elle est toutefois mesurée à l'aval d'un affluent (le Guiers). Pour les cas où cet affluent contribuerait par trop à l'obtention de ce débit, le projet prévoit de fixer entre le barrage et cet affluent un débit plancher de 60 m³/s.

Sur Sault-Brénaz il n'est pas proposé d'augmentation du débit réservé compte tenu de la longueur réduite du tronçon court-circuité (2 km, tableau 1, p.39).

Il en résulte les bilans énergétiques moyens annuels présentés dans le tableau 3. La chute de Brégnier-Cordon étant déjà équipée pour turbiner le débit plancher proposé, il n'est pas proposé de nouvelle PCH.

CHUTE	Sans PCH	Avec PCH
Chautagne	- 30,5	- 13,2
Belley	- 37,7	- 23,5
Brégnier-Cordon	- 0,9	- 0,9
TOTAL	- 69,1	- 37,6

◀ Tableau 3 – Bilan énergétique annuel en GWh des augmentations de débit réservé du Haut-Rhône.

Pour le Bas-Rhône, il n'existe pas encore d'objectif quantitatif de débit et le tableau 4 présente quelques bilans à seule fin de fixer les idées.

Parce que les débits réservés ne sont actuellement pas turbinés dans le cas général, l'hypothèse de calcul « avec PCH » fait apparaître un gain énergétique qui s'estompe lorsque le débit réservé augmente du fait, comme nous l'avons vu de la plus faible chute au barrage qu'à l'usine.

Pour mémoire, mentionnons que l'augmentation du débit réservé sur Pierre-Bénite aurait représenté une perte annuelle de 42,8 GWh. La construction de la PCH conduit à un gain annuel de 4,8 GWh.

On pourra retenir avec une hypothèse simplificatrice de 1/20 du module pour l'ensemble des chutes du Bas-Rhône, que **l'enjeu global sur l'ensemble du Rhône est de l'ordre de 440 GWh perdus si des PCH ne compensent pas la perte** (soit l'équivalent de la production d'une chute comme Chautagne ou Belley), **alors que le gain peut être de 60 GWh dans le cas d'un équipement généralisé en PCH.**

▼ Tableau 4 – Bilan énergétique annuel en GWh des augmentations de débit réservé du Bas-Rhône.

Enjeux financiers

Si l'on considère un prix du MWh compris entre 20 et 30 €, on mesure ainsi les enjeux financiers liés à l'augmentation des débits réservés à l'échelle du Rhône : 9 à 13 M€ de perte de chiffre d'affaire annuel.

L'approche financière est plus délicate dans le cas d'une réalisation de PCH, car elle doit inclure le coût de réalisation des ouvrages, très variable d'un site à l'autre. Nous nous focaliserons dans ce qui suit sur le cas du Haut-Rhône qui a fait l'objet d'études précises.

Le coût capitalisé du projet de débit réservé tel qu'il a été présenté ci-dessus est, en l'absence de toute construction de PCH, pour un prix de marché compris entre 20 et 30 €/MWh, compris entre 6,5 et 9,7 M€ pour Chautagne et entre 8,0 et 12,0 M€ pour Belley.

Il est possible de compléter l'équipement actuel du barrage de la chute de Chautagne pour turbiner le débit réservé à concurrence de 50 m³/s (valeur minimale du débit réservé).

CHUTE	Sans PCH					Avec PCH				
	Module/40	Module/20	Module/10	60 m ³ /s	100 m ³ /s	Module/40	Module/20	Module/10	60 m ³ /s	100 m ³ /s
Péage-de-Rousillon	- 9,62	- 31,11	- 75,067	- 37,43	- 70,86	- 1,30	- 3,25	- 7,86	- 0,41	- 7,19
Saint-Vallier	- 11,63	- 27,68	- 60,17	- 31,58	- 55,91	9,12	13,62	21,61	3,52	20,64
Bourg-lès-Valence	- 14,73	- 39,61	- 90,25	- 32,02	- 60,39	12,13	13,39	12,63	2,82	13,61
Beauchastel	- 18,57	- 45,69	- 107,06	- 37,51	- 71,34	5,04	2,06	- 1,95	1,10	3,76
Baix-le-Logis-Neuf	- 17,14	- 45,40	- 102,94	- 34,83	- 65,71	3,56	2,15	- 7,06	0,53	- 0,07
Montélimar	4,43	- 41,39	- 122,66	- 25,27	- 68,34	33,01	14,29	- 18,26	4,53	4,36
Donzère-Mondragon	26,95	- 17,97	- 107,80		- 47,91	45,73	22,50	- 23,98	6,88	7,01
Caderousse	- 18,22	- 39,27	- 81,69	- 29,02	- 50,38	7,70	11,51	17,31	2,35	13,32
Avignon	- 12,53	- 27,71	- 59,25	- 26,97	- 47,22	8,69	14,61	24,90	3,44	21,35
Vallabrègues	- 25,40	- 54,61	- 113,50	- 38,39	- 56,68	7,46	10,85	14,82	2,17	11,87
TOTAL	- 96,47	- 370,43	- 920,39	- 293,01	- 594,74	131,14	101,72	32,16	26,94	88,65

L'équipement complémentaire permettrait de produire annuellement 17,3 GWh. L'investissement à consentir est de 4,1 M€.

De même, il est possible de compléter l'équipement actuel du barrage de la chute de Belley pour turbiner le débit réservé à concurrence de 60 m³/s (valeur minimale du débit réservé). L'équipement complémentaire permettrait de produire annuellement 14,2 GWh. L'investissement à consentir est de 5,1 M€.

Les deux volets du tableau 5 donnent une image du bilan économique de l'opération pour différentes valeurs du MWh produit. Pour assurer un minimum de rentabilité de l'investissement, on a considéré dans la suite un taux d'actualisation de 10 %. Les calculs résultent de l'hypothèse d'un démarrage des travaux en 2004, d'une durée de ceux-ci de deux ans et de 18 années d'exploitation (jusqu'en 2023, fin de la concession de la CNR). On a considéré des frais d'exploitation à hauteur de 1,5 % de la valeur des ouvrages réalisés.

Sur les ouvrages de basses chutes du Rhône, la CNR est assujettie à une redevance hydroélectrique de 24 % sur le chiffre d'affaire.

Les calculs montrent que dans ces conditions, il n'est pas rentable pour un industriel de s'engager dans la réalisation de petites centrales hydrauliques.

Ils montrent aussi, qu'en l'absence même de cette redevance, la rentabilité des PCH n'est pas assurée.

Il faut par ailleurs garder à l'esprit que le seul équilibre financier d'une PCH ne finance pas la perte d'énergie non récupérée par cette même PCH. L'évaluation sur la durée restante de la con-

cession pour l'ensemble des deux chutes se situe entre 6,5 et 9,8 M€ : les PCH ne feraient dans ce cas que « se financer » sans compenser la totalité de la perte aux usines principales.

Pour les raisons évoquées ci-dessus, il peut paraître légitime financièrement de faire bénéficier d'un régime tarifaire particulier rattaché à celui des énergies renouvelables, les nouvelles installations liées à l'augmentation de débits réservés. Des simulations montrent que sur la base d'un prix de marché de l'électricité de l'ordre de 22 €/MWh, correspondant à un niveau plutôt bas, l'addition des deux mesures – tarif des énergies renouvelables et exonération de la redevance hydroélectrique pour les débits réservés – ne suffirait pas à compenser la perte de chiffre d'affaire de la CNR liée à la perte de production aux usines principales. Une contribution des partenaires extérieurs (Agence de l'eau, collectivités, etc.) demeurerait nécessaire dans un tel cas pour compenser les pertes de production liées à l'augmentation du débit réservé

Une approche écologique globale devrait conduire, dans le cadre économique actuel, à rendre possible la production d'énergie renouvelable à partir d'un débit réservé augmenté dans un souci de développement durable. Dans ce cas d'espèce, c'est en quelque sorte une énergie verte « au carré » qui pourrait être évoquée. Si une valorisation énergétique n'est pas mise en œuvre, l'augmentation des débits réservés sur le Rhône telle que préconisée par le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux issu de la loi sur l'eau, ira à l'encontre des objectifs de la directive européenne relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables. □

20 €/MWh	Chautagne	Belley	TOTAL
Résultat avec PCH	- 1,70 M€	- 3,20 M€	- 4,90 M€
Résultat avec redevance hydroélectrique	- 2,32 M€	- 3,71 M€	- 6,03 M€

30 €/MWh	Chautagne	Belley	TOTAL
Résultat avec PCH	- 0,41 M€	- 2,14 M€	- 2,55 M€
Résultat avec redevance hydroélectrique	- 1,34 M€	- 2,90 M€	- 4,24 M€

◀ Tableau 5 – Comparaison des bilans économiques sur les chutes de Chautagne et Belley.

Résumé

Les opérations d'augmentation de débits réservés et de restauration des tronçons court-circuités du Rhône qui ont une finalité écologique très forte peuvent conduire, en contradiction avec cet objectif environnemental, à une perte d'énergie renouvelable si les conditions économiques de réalisation de petites centrales hydroélectriques pour turbiner les débits réservés complémentaires ne sont pas réunies.

Seule une tarification adaptée, alignée par exemple sur celle des énergies renouvelables, et des fonds de concours extérieurs locaux (*cf.* « Aménagement », de Pierre-Bénite) difficiles à mobiliser, permettent de justifier économiquement les investissements de valorisation énergétique des débits réservés complémentaires et donc, d'avoir une approche environnementale complète et cohérente avec les objectifs de Kyoto.

Abstract

Operations to increase the reserve flows and to restore the by-passed sections of the RHONE River have considerable ecological aims that can, however, lead to a loss of renewable energy sources if the economic conditions for building small hydropower plants to harness the additional reserve flows are not satisfied.

The only means of economically justifying investments to exploit the energy of additional reserve flows, and thus implement a complete approach consistent with the Kyoto objectives, is to apply adapted prices that take into account, for example, the cost of renewable energy and to call on local external funds (Refer to PIERRE BENITE development); however these are difficult to raise.

Bibliographie

- [1] Charte d'Environnement du Rhône, 1992, CNR.
- [2] Schéma de vocation piscicole du Rhône, 1990, Délégation de bassin RMC.
- [3] Plan d'action Rhône, 1992, Comité de bassin RMC.
- [4] Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, 1996, Comité de bassin.
- [5] Plan Environnement, 1996, CNR.
- [6] LAMOUROUX, 1997, *Hydraulique statistique et prédiction de caractéristiques du peuplement piscicole : modèles pour l'écosystème fluvial.*
- [7] LAMOUROUX *et al.*, 1999, *Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles.*