

CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX, DERIVES ECOLOGIQUES ET PERSPECTIVES DE RESTAURATION DU RHONE FRANÇAIS : bilan de 200 ans d'influences anthropiques.

Par Jean-François Fruget , ARALEP – Ecologie des Eaux Douces, Domaine Scientifique de la Doua, Bât. CEI, BP 2132, 69603 Villeurbanne cedex, France, Tél. : + 33 (0)4 78 93 96 33 - Courriel : fruget@aralep.com - <http://www.aralep.com>

Résumé : L'histoire des écosystèmes fluviaux du Rhône français au cours des derniers siècles peut se résumer en trois phases principales. Au cours de celles-ci, les impacts anthropiques, directs et indirects, sont allés croissants. En l'espace d'un siècle environ, le cours d'eau est passé d'un style géomorphologique tressé à une succession de biefs aménagés. Une revue bibliographique de la composition actuelle, des changements survenus et du potentiel de restauration des communautés animales et végétales de la plaine alluviale du Rhône français a récemment été établie. Elle a permis de recenser près de 3800 espèces animales et végétales : 1039 invertébrés, 312 vertébrés, 395 algues, 2050 plantes supérieures. Les descripteurs biologiques montrent une diminution de la diversité biologique avec la baisse de la diversité morphologique et de la connectivité de l'hydrosystème régulé à la suite des interventions anthropiques qui se sont succédées. Si la place accordée à la nature dans le fonctionnement socio-économique de la vallée du Rhône s'accroît progressivement, l'avenir des milieux naturels rhodaniens demeure encore incertain. Toutefois, quelques outils réglementaires récents, principalement sur l'initiative de l'Etat et des associations, laissent espérer une évolution physique et écologique positive du fleuve. Une politique de protection et de restauration des milieux se met ainsi progressivement en place.

Mots clés : fleuve régulé, biodiversité, gestion écologique, faune aquatique, restauration, Rhône.

Abstract : Three main periods described the history of fluvial ecosystems of the French Rhône River during the last centuries. Direct and indirect human impacts increased during this evolution. In approximately one century, the river passed from a braided state to a series of impounded reaches. A bibliographic review concerning the current composition, the changes, and the possible restoration of the fauna and flora communities of the floodplain of the French Rhône River was recently presented. About 300 references allowed to record nearly 3820 animal and plant species: 1052 invertebrates, 322 vertebrates, 395 algae, 2050 higher plants. The biological descriptors showed a decrease in biological diversity with the decrease of the morphological diversity and of the connectivity of the regulated hydrosystem generated by continuous anthropic interference for more than one century. The future of natural areas of the Lower Rhône is quite uncertain despite the increasing place of the nature in the socio-economical functioning of the valley. However, some recent legal tools, mainly initiated by the State and associations, let us expect a positive physical and ecological evolution of the river. A decennial programme of hydraulic and ecological restoration of the Rhône has just been launched.

Key words : regulated river, biodiversity, ecological management, aquatic fauna, restoration, Rhône River.

Introduction

La vallée du Rhône, en particulier en aval de Lyon, constitue un axe historique majeur d'échanges Nord-Sud et de développement économique pour la France. Soumis de ce fait à une très forte pression d'usages (près de 9 millions d'habitants sur le bassin versant français, et environ 3 millions d'habitants riverains), il en résulte une très forte accumulation d'agglomérations, de voies de communication, d'industries. Le fleuve lui-même représente un symbole de l'utilisation extrême d'un cours d'eau. Jusqu'ici entièrement tournés vers le développement économique, les acteurs de l'aménagement ont longtemps considéré les milieux naturels comme des espaces à conquérir. Ainsi, au cours des 200 dernières années, les activités humaines ont profondément

changé le Rhône entre Lyon et la Camargue, mais aussi entre le lac Léman et Lyon. Des digues ont été construites au début des années 1800 afin de protéger les riverains contre les crues. Une seconde série d'endiguements fut ensuite érigée à partir de la seconde moitié du 19^{ième} siècle afin d'améliorer les conditions de navigation. Enfin, ce fut la construction d'aménagements avec dérivations et la canalisation contemporaine du fleuve par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), destinée à la production hydroélectrique, au développement de la navigation et de l'agriculture irriguée (Figure 1). L'eau du Rhône est également utilisée comme source de refroidissement de plusieurs centrales thermiques et nucléaires. Parallèlement, l'extension de villes telles que Lyon, Valence, Avignon et la présence d'importants

complexes pétrochimiques, en particulier à l'aval de Lyon, ont fortement altéré la qualité de l'eau (Fruget, 1992).

Depuis quelques années, un certain renversement de tendance semble s'amorcer. Dans un premier temps, quelques sites ont été préservés pour leur intérêt écologique ou paysager ; la prise en compte du patrimoine naturel, de sectorielle, tend à devenir l'un des éléments d'une politique plus globale de gestion de l'espace alluvial. Ainsi, au moment où un plan décennal de restauration devient peu à peu opérationnel, il nous est apparu opportun de d'établir un bilan de l'état écologique présent et de se projeter vers l'avenir. En effet, si depuis la fin des années 1970 le Rhône français a fait l'objet de nombreuses études dans le cadre de recherches pluridisciplinaires au sein des universités de Lyon (Programme PIREN Rhône en particulier ; Roux *et al.*, 1982), ou bien d'études d'impact et de suivis biologiques des différents types d'aménagements contemporains (barrages et centrales électro-nucléaires essentiellement, cf par exemple Dessaix *et al.*, 1995 ; Fruget *et al.*, 1999), les travaux disponibles n'abordent souvent les problèmes que sous des aspects particuliers et sur des secteurs géographiquement limités. On peut toutefois mentionner quelques essais de synthèse comme les travaux de l'Agence de Bassin RMC (1988), de Fruget (1989), ou encore de Coulet *et al.* (1997).

Pour ce travail, nous nous sommes à la fois appuyés sur des analyses historiques et sur les connaissances scientifiques actuelles, dans des domaines aussi variés que la géographie, la géomorphologie ou l'hydrobiologie. Les données sont issues de nos propres travaux, mais aussi de l'importante base bibliographique pluridisciplinaire existante. Après avoir successivement passé en revue les impacts morphodynamiques engendrés par les interventions humaines qui se sont succédées sur le fleuve depuis près de deux siècles, dressé un bilan écologique de leur influence sur quelques descripteurs biologiques, présenté les mesures adoptées dans le cadre des politiques et des projets de reconquête mis en place, nous terminerons par une conclusion en forme de perspectives quant aux potentialités futures de restauration.

Historique : une vallée progressivement coupée de son fleuve

Le Rhône français (Figure 1B) est un cours d'eau d'ordre neuf, d'approximativement 520 km de long (le fleuve prend sa source dans les Alpes Suisses où il parcourt 290 km). La partie française du bassin versant représente environ 93% de l'ensemble de celui-ci (95000 km²). En France, le Rhône peut être divisé en quatre grands ensembles géographiques en relation avec l'évolution des conditions hydrologiques et la violence des crues (Pardé, 1925) : le Haut-Rhône en amont de Lyon et de la confluence avec la Saône, son principal affluent ; le Rhône

Moyen entre Lyon et la confluence de l'Eyrieux, ce dernier cours d'eau marquant également la limite nord de l'influence méditerranéenne pour les botanistes et les ornithologues ; le Bas-Rhône en aval de cette confluence jusqu'à Arles, ville située en amont du delta ; le delta, couvrant 1700 km² de zones humides (environ 1:6 du delta du Danube), avec la "Camargue" (750 km²) en son centre entre les deux bras du fleuve. Avec un volume annuel écoulé de 54 km³, il se situe au 48^{ème} rang mondial par son débit, mais au 16^{ème} rang par son abondance spécifique (volume annuel écoulé rapporté à la superficie de son bassin versant). Il constitue le plus important apport fluvial à la Méditerranée (1/6 des apports totaux).

Comme de nombreux autres grands cours d'eau aménagés à travers le monde, le Rhône a été depuis très longtemps intensément exploité et régulé. Le fleuve a connu au cours des derniers siècles une histoire relativement uniforme que l'on peut résumer en trois phases principales (Béthémont, 1972 ; Bravard, 1987) : le fleuve naturel, le fleuve corrigé et enfin le fleuve aménagé (Figure 2). Dans les conditions naturelles, le Rhône était un cours d'eau tressé avec une tendance au méandrage. La plaine alluviale formait une mosaïque de chenaux (chenaux secondaires ou "lônes", en langage local) avec une multitude de milieux aquatiques, semi-aquatiques et terrestres (Figure 2A). Par la violence de ses crues, entraînant érosions et inondations, le fleuve représentait une contrainte considérable, limitant la mise en valeur du lit majeur. Cette dynamique a légué à la vallée actuelle des forêts, des milieux humides et autres espaces naturels de grand intérêt écologique, malheureusement forts dégradés aujourd'hui. La seconde moitié du 19^{ème} siècle a été marquée par un changement fondamental du milieu, causé par une succession d'aménagements destinés à améliorer les conditions de navigation (Figure 2B). Plusieurs types d'aménagements se sont succédés en fonction de l'amélioration des techniques : après des digues longitudinales insubmersibles, des digues submersibles ont été réalisées, portant le nom du fameux ingénieur Girardon et créant un système de compartiments ("casiers" ou "carrés" en langage rhodanien) caractéristiques des paysages fluviaux de la vallée du Rhône. Il en a résulté une concentration des eaux dans un chenal unique aux berges stabilisées. Si le fleuve est resté en apparence libre par l'absence de barrage, il a été profondément modifié par l'enfoncement de son lit mineur et l'alluvionnement des zones protégées par les digues. Les îles et les berges couvertes de graviers et de buissons de saules se sont transformées en forêts ; la plupart des bras du fleuve se sont asséchés.

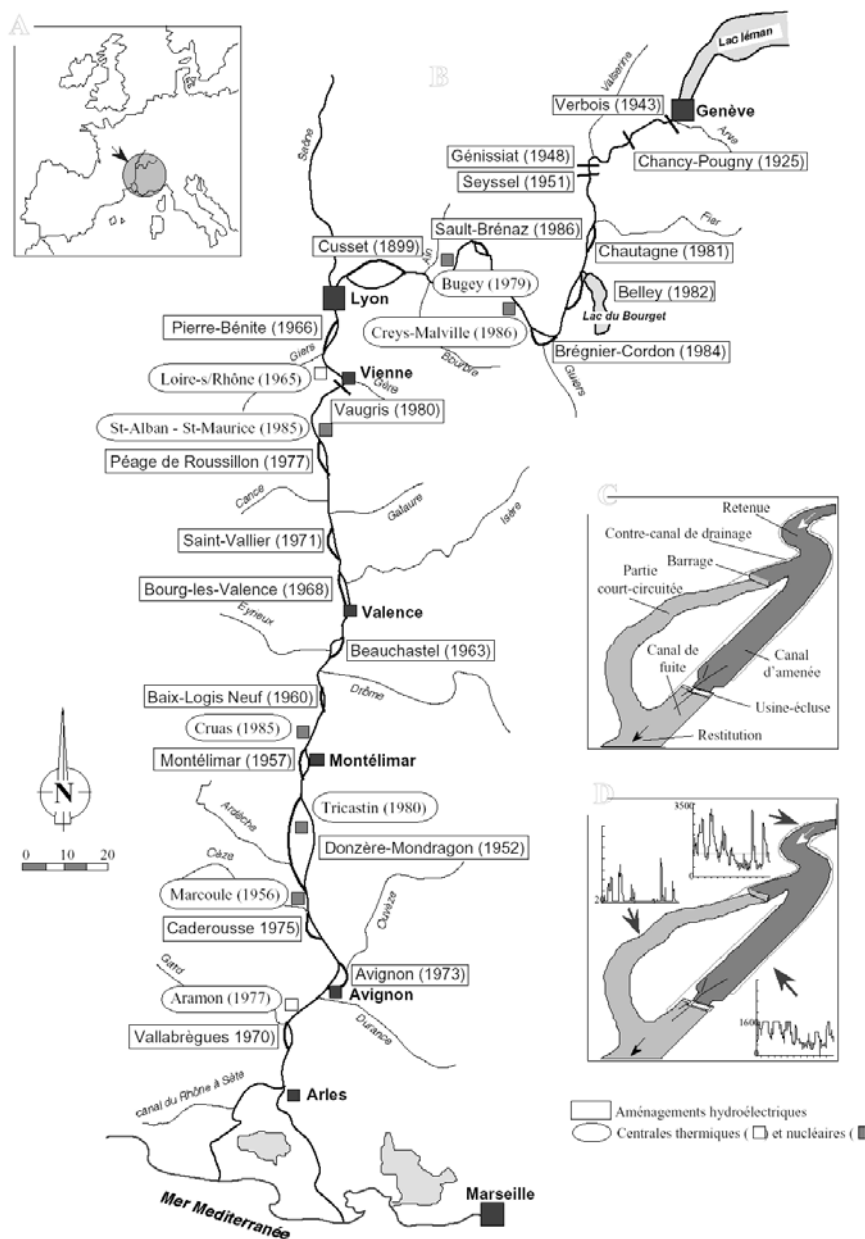


Figure 1. Le Rhône Français. **A** – Situation générale. **B**- Localisation et chronologie des aménagements. **C** – Aménagement type CNR. **D** – Exemple du fonctionnement hydrologique annuel d'un aménagement.

L'extension de la crue de 1856, l'une des plus importantes qu'ait connu le fleuve et point de départ de nombreux projets d'endiguement, donne une assez bonne idée de la dimension qu'occupait à cette époque la plaine inondable du fleuve (Bravard, 1987). Ainsi, d'après une étude du Service de la Navigation, les larges plaines dont le Rhône est bordé fonctionnaient alors comme de petits lacs et le total des surfaces

inondées couvraient 2470 km² entre l'exutoire du Lac Léman et la mer, dont 275 km² pour le Haut-Rhône et 1644 km² à l'aval de Vallabrègues.

A Pierre-Bénite, en aval immédiat de Lyon, Salvador (1983) considère que les divers aménagements précédents ont abouti entre 1850 et 1960 (avant les travaux CNR) à une diminution de

84 à 99% de la surface en eau des différentes lônes du secteur et de 80% pour les casiers Girardon. Avec les travaux de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), principalement entre 1950 et le milieu des années 1980, le Rhône a connu une seconde phase d'aménagement, destinée à plusieurs besoins : production hydroélectrique, développement de la navigation à grand gabarit, irrigation des terres agricoles. Le fleuve fut ainsi canalisé (Figure 2C). Douze unités d'aménagement, dites "au fil de l'eau" ou de basse chute, furent construites, avec dérivation de la plus grande partie du débit dans des canaux, court-circuitant ainsi l'ancien cours du fleuve barré par un barrage de dérivation (Figure 1C). Ces parties court-circuitées ne reçoivent plus qu'un très faible débit réservé (de 10 à 50 m³/s, à comparer au débit moyen de 1000 à 1700 m³/s) en dehors des périodes de crues où la capacité du canal est dépassée (Figure 1D). La longueur totale des parties court-circuitées atteint environ 150 km et celle des retenues 225 km, ce qui signifie que près de 50% du Rhône Français est régulé.

Si l'aménagement du 19^{ème} siècle produisait un paysage relativement uniforme dans la vallée, où la végétation naturelle occupait une place importante, les travaux de la CNR ont constitué un profond bouleversement. L'espace a été structuré en tronçons dont les caractères résultent des travaux. La vallée a ainsi été "coupée" de son fleuve par le cloisonnement de l'écosystème alluvial qui a perdu une bonne partie de ses mécanismes fonctionnels : (i) la dynamique latérale (érosions/dépôts), largement mise à mal par les enrochements du 19^{ème} siècle, a totalement disparu ; (ii) les nappes phréatiques, abaissées par enfoncement du lit et dérivation, ne sont souvent plus disponibles pour la végétation ; (iii) les inondations ont diminué en fréquence et en durée ; (iv) la continuité de l'espace fluvial a été rompue par la construction de barrages (Fruget & Michelot, 1997).

Biodiversité : état actuel

Préambule

En raison de leur aspect dynamique et de leur forte hétérogénéité spatio-temporelle, les plaines alluviales des grands cours d'eau sont parmi les milieux les plus riches en nombre d'espèces (Amoros & Roux, 1988; Bayley, 1995; Sparks, 1995). Les grands cours d'eau des régions tempérées sont ainsi largement exploités et régulés depuis le 19^{ème} siècle (Petts, 1984). Cette régulation (barrages, dragages, endiguements, etc.) entraîne une discontinuité de la dynamique des débits, des processus de successions écologiques et de la connectivité entre les unités écologiques constituant la plaine alluviale à l'échelle des plus grands fleuves mondiaux (Petts *et al.*, 1989; Dynesius & Nilsson, 1994). Ceci est à l'origine d'une fragmentation des hydrosystèmes et d'une perte d'hétérogénéité et de diversité des

habitats. Par exemple, la superficie de la forêt alluviale du Rhin, estimée à 100 000 ha à l'origine, ne représentait plus que 20 000 ha en 1840 et seulement 7000 ha actuellement, dont plus de la moitié sont des plantations (Carbiener & Schnitzler, 1990). Sur le Rhône, deux exemples montrent bien cette perte de diversité des milieux et des habitats : (i) sur le Haut-Rhône en Chautagne, la construction d'une digue à la fin du 18^{ème} siècle a réduit de 68% la bande active de ce secteur, qui n'est plus actuellement, après construction d'un aménagement hydroélectrique, que 5% de ce qu'elle était à l'origine (Klingeman *et al.*, 1998) ; (ii) le nombre d'îles entre Brégnier-Cordon et Arles, c'est-à-dire sur environ 370 km de linéaire de fleuve, a diminué de plus de 80% à la suite des aménagements contemporains (Coulet *et al.*, 1997). Certaines études cartographiques localisées sont éloquentes à cet égard. C'est par exemple le cas des secteurs de Chautagne sur le Haut-Rhône et de Péage-de-Roussillon sur le Rhône Moyen (Figure 3).



Aménagement hydroélectrique de Chautagne. 1/ Retenue ; 2/ Partie court-circuitée (débit réservé 10 m³/s) ; 3/ Canal de dérivation. Photo : PIREN Rhône.

La conservation des écosystèmes alluviaux médio-européens et leur restauration représentent un enjeu majeur pour l'Europe. Ils constituent en effet un type d'écosystèmes parmi les plus complexes et les plus organisés dans cette zone climatique. Ils sont également parmi les plus dynamiques, leurs fluctuations et leurs changements régissant le fonctionnement et la biodiversité de nombreux et différents milieux. Par exemple, près de 14500 espèces sont décrites pour les eaux douces européennes dans la *Limnofauna Europaea* (Illies, 1978), dont environ 400 espèces de vertébrés.

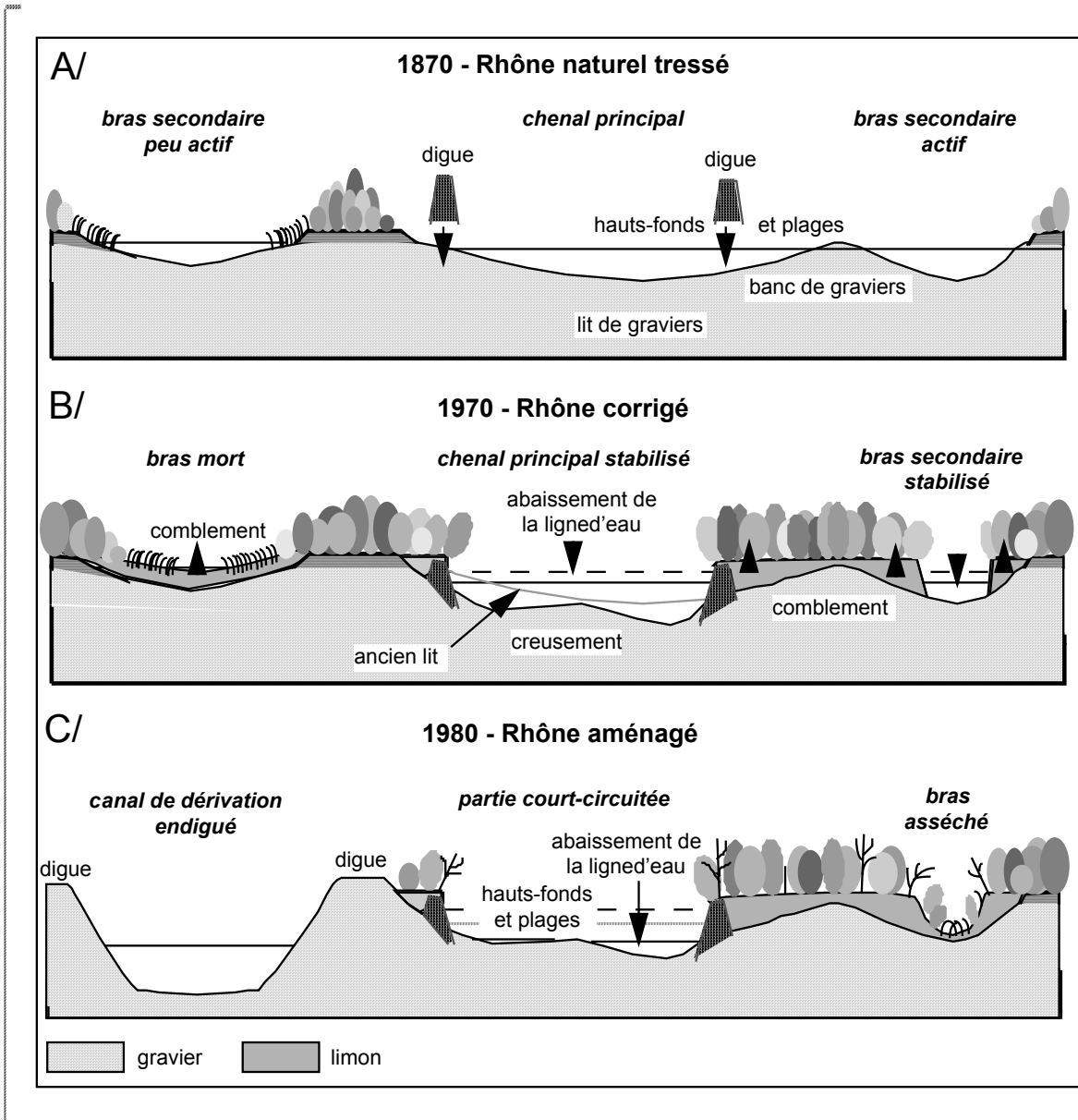


Figure 2. Changement du profil transversal du Rhône à la suite des différents travaux de rectification de son cours depuis 1850. **A** – 1870 : profil avant les endiguements Girardon ; **B** – 1970 : profil un siècle après les premiers endiguements Girardon ; **C** – profil après l'aménagement CNR (in Persat *et al.*, 1995).

Si de nombreuses études existent sur les grands cours d'eau mondiaux, peu d'entre elles s'intéressent à l'ensemble des descripteurs biologiques et permettent un calcul suffisamment réaliste de la biodiversité. Toutefois, différentes synthèses sont disponibles sur le Danube, la Volga, la plaine alluviale des bas cours du Rhin et de la Meuse ou encore sur le bassin versant de la rivière Besos, un cours d'eau méditerranéen (Liepolt, 1967 ; Mordukhai-Boltovskoi, 1979, Van den Brink *et al.*, 1996 ; Prat *et al.*, 2000). Une synthèse similaire a récemment été établie concernant le Rhône Français (Fruget & Michelot, 2001). Près

de 285 références bibliographiques, où étaient publiées des indications et des listes faunistiques et floristiques, ont été consultées, couvrant les travaux de recherche menés sur la faune et la flore aquatiques du Rhône français au cours des 20 dernières années.

Biodiversité actuelle

Près de 3820 espèces d'animaux et de plantes ont été recensées sur le chenal principal et la plaine alluviale du Rhône Français :

1052 invertébrés, 322 vertébrés, 395 algues, 2050 plantes supérieures (Tableau I).

Quelques remarques peuvent toutefois être faites sur ces chiffres : (i) en raison de différents biais, les nombres de plantes supérieures ont été arrondis. (ii) Concernant les oiseaux, seules ont été prises en compte les espèces s'étant reproduites au moins une fois dans la zone étudiée. En effet, le Rhône constitue une zone de repos pour les oiseaux durant leurs migrations et le

nombre d'espèces concernées peut être considérable : ainsi, sur le site de Miribel-Jonage, en amont de Lyon, seulement 90 espèces nicheuses sont prises en compte pour un total de 230 espèces observées. (iii) Parmi les mammifères, les chiroptères (chauves-souris) ne sont pas comptés car ce groupe est mal connu, et les rares observations effectuées sur la plaine alluviale du Rhône concernent des espèces se nourrissant dans la vallée, mais ne s'y reproduisant pas.

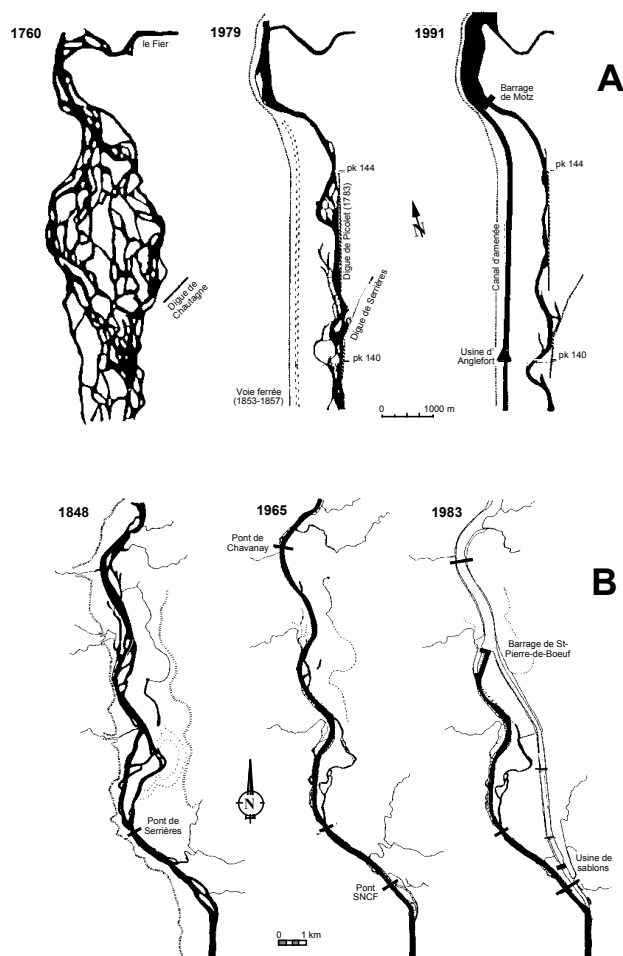


Figure 3. Evolution morphologique des plaines alluviales de Chautagne sur le Haut-Rhône (A - D'après Klingeman *et al.*, 1998) et de Péage-de-Roussillon sur le Rhône Moyen (B - D'après Fruget, 1989) avant les endiguements du 19^{ème} siècle, après les endiguements du 19^{ème} siècle et après l'aménagement CNR.

Embranchement	Classe	Lac Bourget	Haut-Rhône	Rhône Moyen	Bas-Rhône	Delta	Total
Porifères			1	1	1	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	1	2	3	2		3
Bryozoaires			1	3	1		3
Plathelminthes	Turbellariés	3	7	6	6	2	7
Némertoides				1			1
Nématelminthes	Rotifères					22	22
Annélides	Hirudinés	4	9	7	10	6	14
	Oligochètes	5	65	48	49	12	94
	Polychètes		1			3	4
Mollusques	Gastéropodes	8	45	25	25	35	61
	Bivalves	11	19	11	10	9	23
Arthropodes	Arachnides	1	1	1	1		1
	Crustacés	5	126	54	47	157	268
	Insectes	34	367	166	244	195	550
Vertébrés	Poissons	36	39	38	41	59	73
	Reptiles	11	13	9	18	17	23
	Oiseaux	93	120	90	99	122	168
	Amphibiens	14	16	13	12	10	18
	Mammifères	33	35	29	29	28	40
Algues				395			395
Plantes supérieures		320	1140	760	430	710	2050

Tableau I. Nombre d'espèces d'animaux et de plantes rencontrées dans les cinq secteurs distingués sur le Rhône Français.

Répartition longitudinale de la biodiversité

Le Haut-Rhône est très souvent le secteur abritant le plus d'espèces (invertébrés, oiseaux, plantes supérieures). Cette situation peut s'expliquer par différents facteurs : un meilleur état de conservation, une dynamique fluviale plus importante durant le 19^{ème} siècle, un mélange d'influences biogéographiques médio-européennes et montagnardes (Bravard, 1987). Le Rhône Moyen et le Bas Rhône sont moins diversifiés, en raison de leur resserrement du point de vue physique (succession de larges plaines alluviales et de défilés étroits) et de leur plus grande artificialisation (nombreuses villes, aménagements hydroélectriques, sites industriels, etc.) (Michelot, 1989a).

Si, pour de nombreux groupes, le lac du Bourget apparaît aussi riche (oiseaux nicheurs, amphibiens, mammifères) que la plaine alluviale du fleuve, les invertébrés aquatiques semblent y être moins diversifiés, probablement en raison d'un échantillonnage nettement moindre.

La Camargue présente une très importante diversité biologique, due à la taille, à la bonne diversité et au bon état de conservation de ses milieux naturels, mais aussi à la pénétration de nombreuses espèces marines (poissons et invertébrés, en

particulier) dans le milieu limnique jusqu'à la limite du coin salé.

Dérives écologiques

Evolution historique récente des peuplements de poissons

Persat *et al.* (1995) ont étudié les conséquences de la gestion du cours principal et des rives du Haut-Rhône Français depuis le 19^{ème} siècle. Les individus juvéniles sont rares sur le Haut-Rhône à courant libre : en accroissant la profondeur et en accentuant la pente de la berge, les endiguements de cette époque ont rendu le système moins favorable pour les poissons et en particulier pour les jeunes stades. Au milieu du 20^{ème} siècle, la construction des premiers barrages sur le cours supérieur (Verbois, Génissiat) et leur vidange périodique ont abouti à un net déclin des salmonidés, à la diminution d'autres espèces telles que le barbeau fluviatile, le vairon, le blageon, le goujon et la loche franche, à la disparition de l'apron. Le faible nombre d'alevins et de juvéniles observé à la fin des années 1970 peut être relié à une combinaison des effets des endiguements, des vidanges et du marnage. Après l'aménagement par la CNR de la partie tressée du cours supérieur du fleuve dans les années 1980, un grand nombre d'alevins et de juvéniles est alors noté, aussi bien dans les

parties court-circuitées que dans les milieux artificialisés (canaux de dérivation et retenues). Toutefois, ces jeunes stades appartiennent essentiellement à trois espèces, le gardon, le goujon et le chevaine. Dans les milieux aménagés, la faune piscicole est pauvre en diversité et en abondance en poissons de grande taille. Les espèces rhéophiles telles que les salmonidés, la vandoise, le spirilin et le barbeau sont absentes. A l'opposé, une augmentation des espèces rhéophiles et sensibles, qui avaient précédemment diminué avec l'aménagement du cours supérieur, est notée dans les sections court-circuitées.

Olivier & Carrel (données non publiées) ont réalisé une comparaison avec les changements ayant affecté la faune piscicole du Rhône Moyen (Figure 4) : avant leur régulation par la CNR, le Haut-Rhône et le Rhône Moyen présentaient des peuplements divergents, caractérisés pour le premier par les salmonidés (ombre commun, truite fario) et des cyprinidés rhéophiles (vandoise, barbeau, hotu, blageon), par des espèces migratrices (lamproie marine et alose) et par des cyprinidés plus limnophiles (chevaine et brème) pour le second. Actuellement, ces peuplements sont devenus convergents à la suite du déclin des salmonidés et de l'accroissement du gardon et du chevaine sur le Haut-Rhône, de la disparition des espèces migratrices et l'augmentation des cyprinidés limnophiles (gardon, ablette, perche-soleil) et de la réduction des espèces rhéophiles (hotu, barbeau, goujon) sur le Rhône Moyen. D'un point de vue typologique, le fleuve en aval de Lyon est ainsi passé du type épipotamon (cours d'eau à substrat grossier et vitesse rapide dans les secteurs de radier encore présents) à un type métapotamon (rivière de plaine à granulométrie fine dominante, abritant des espèces eurithermes et rhéotolérantes, à cyprinidés dominants). La limite de transition typologique a ainsi reculé d'environ 210 km au cours des 20 à 30 dernières années, remontant de Donzère sur le Bas-Rhône à l'amont de Lyon, voire plus haut (Fruget, 1992).

Les peuplements piscicoles du chenal principal du Rhône Moyen montrent toutefois de grandes similarités avec ceux d'autres cours d'eau européens fortement anthropisés tels que le Rhin (Lelek, 1989; Lelek & Köhler, 1990), le Danube (Jankovic *et al.*, 1987; Bacalbasa-Dobrovici, 1989; Schiemer & Spindler, 1989; Schiemer & Waidbacher, 1989) ou la Vistule (Backiel & Penczak, 1989). Les cyprinidés dominants sont les mêmes, tandis que les espèces d'accompagnement dépendent du contexte biogéographique, de la localisation des sites étudiés le long du continuum fluvial régulé ou encore de la présence de milieux annexes au sein de la plaine alluviale (bras secondaires, affluents, parties court-circuitées, etc.).



Rhône court-circuité de Donzère-Mondragon.
Endiguements Girardon du 19^{ème} siècle, milieux annexes et forêt alluviale résiduelle. Photo : Frapna 26.

Les poissons migrateurs : exemple de l'alose

Une des conséquences les plus importantes de l'aménagement hydroélectrique du Bas-Rhône concerne les poissons migrateurs, en particulier l'alose (Gallois, 1946, 1950 ; Rameye *et al.*, 1976 ; Quignard, 1977 ; Kiener, 1985 ; Pattee, 1988). Avant 1950, l'alose remontait sur l'ensemble du bassin du Rhône jusqu'au Doubs par la Saône et au lac du Bourget par le Haut-Rhône. Le premier aménagement hydroélectrique, Donzère-Mondragon, mis en service en 1952, a coupé d'entrée l'accès à 75% du bassin pour les poissons migrateurs (Figure 5). Malgré tout, de nombreux autres sites de fraie existaient entre le secteur Beaucaire-Avignon et la confluence de l'Ardèche. Ils ont été fortement compromis par la mise en service de l'aménagement de Vallabrègues en 1970 et définitivement supprimés par ceux d'Avignon et de Caderousse au milieu des années 1970. A la fin des années 1980, l'alose n'était présente de façon significative qu'à l'aval de l'aménagement de Vallabrègues, les dispositifs de franchissement des seuils et des barrages étant peu ou pas efficaces (Délégation de Bassin RMC, 1990). Ainsi, au début des années 1990, seulement 15% environ de la route migratoire originelle était encore accessible à l'alose sur le cours principal (480 km avant la construction de Donzère-Mondragon, environ 70 km il y a quelques années), et moins d'un tiers sur le dernier affluent accessible, le Gard.

L'évolution des prises depuis 1950 reflète bien la baisse des stocks induite par les modifications de la structure physique du Rhône (aménagement hydroélectrique, extraction de matériaux) et de son fonctionnement hydrologique (faiblesse des débits réservés) : 53 tonnes d'aloses étaient pêchées en 1927 entre Pont-St-Esprit et Arles, 10 tonnes en 1950 (Gallois, 1950), 8 tonnes au début des années 70 (Rameye *et al.*, 1976) et seulement 3 à 4 tonnes en 1988 (Délégation de Bassin RMC, 1991). Au milieu des années 1940, avant la construction du barrage de Donzère, environ 15 tonnes étaient récoltées à l'aval immédiat de Lyon (Pattee, 1988).

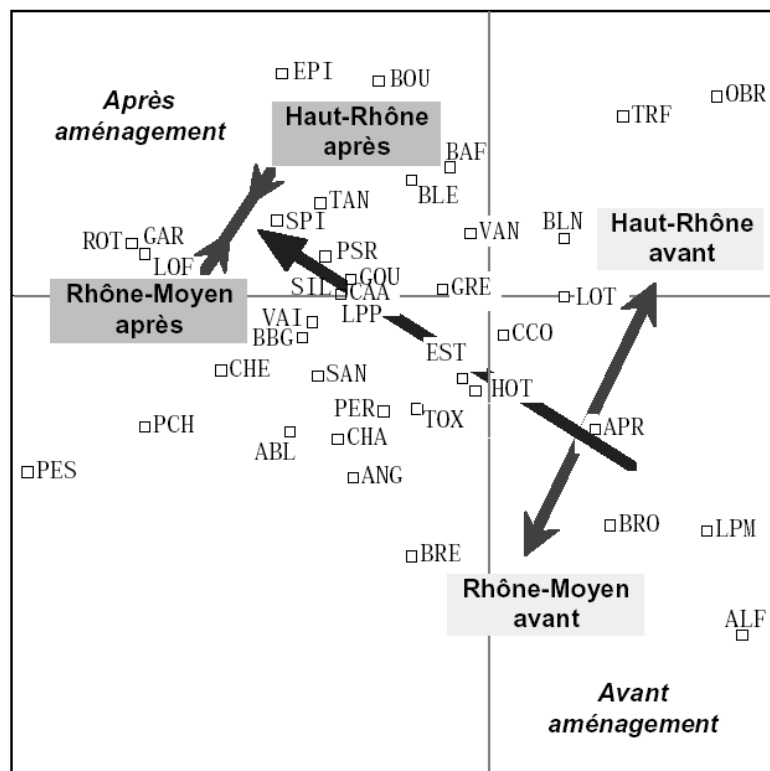


Figure 4. Différenciation des peuplements piscicoles du Haut-Rhône (secteurs de Chautagne-Belley et Loyettes) et du Rhône-Moyen (secteurs de Péage-de-Roussillon et de Cruas-Tricastin) avant l'aménagement CNR et dérive de ces peuplements après l'aménagement. Les codes des espèces sont ceux utilisés dans le cadre de l'Inventaire National Faune-Flore. La figure correspond au plan factoriel F1x2 d'une Analyse Factorielle des Correspondances 4 sites avant-après, soit 8 stations, x 39 espèces exprimées en classes d'abondance. D'après Olivier & Carrel, données non publiées.

Les études engagées depuis la mise en place du Schéma de Vocation Piscicole du fleuve Rhône et le lancement du Plan d'Action Rhône ont montré la faisabilité du projet de réhabilitation de la circulation de l'alose sur le Rhône jusqu'au confluent de l'Ardèche, en vue de son accès aux frayères constituées par ses affluents. La réalisation de cet objectif permettrait de retrouver la situation historique de 1952 et l'accessibilité à un linéaire de plus de 300 km de cours d'eau, afin de préserver l'espèce, son habitat, et d'induire une valeur ajoutée à l'économie touristique et halieutique, par reconstitution du stock dans la partie basse du bassin du Rhône (Commission de Bassin RMC, 1993).

Protection des espèces patrimoniales : l'exemple de l'Apron

Outre les poissons migrateurs, d'autres espèces sont également menacées dans le bassin rhodanien par l'impact des activités humaines. Généralement ces dernières sont localisées dans les parties basses des cours d'eau. Or, ces secteurs représentent des zones importantes de reproduction, d'abri, de nourriture. La mise

en place de mesures de protection sur les affluents ainsi que le rétablissement de la libre circulation des espèces permettant l'accès aux différentes zones bénéficieront également aux espèces menacées telles que la lamproie marine, présente dans le Rhône en aval de Beaucaire et dont la migration (de manière similaire à l'alose) est bloquée par l'aménagement hydroélectrique de Vallabrègues, le toxostome et le blageon, dont les populations sont très réduites dans le Rhône, mais plus abondantes dans ses affluents (Commission de Bassin RMC, 1993). Toutefois, le cas le plus spectaculaire est celui de l'apron, *Zingel asper*, endémique du bassin du Rhône et dont le genre est originaire du bassin du Danube où deux espèces sont présentes. Il n'occupe actuellement plus que 17% du linéaire de cours d'eau qu'il occupait originellement, principalement dans certains affluents tels que l'Ardèche, le Gard ou la Cèze, sa présence dans le cours principal du Rhône étant résiduelle (Perrin, 1988 ; Boutitie, 1984). Les barrages et la régulation, à l'origine d'un comblement progressif du substrat par les sédiments fins, ainsi que la faiblesse des débits réservés sont les causes principales de sa disparition. L'espèce bénéficie de mesures de protection : elle

est inscrite à l'Annexe II de la Convention de Berne sur la conservation de la faune sauvage et des milieux naturels en Europe, en Annexes II et IV de la directive européenne sur les habitats et la faune et la flore, sur la liste rouge des espèces menacées en France (Keith *et al.*, 1992, Maurin & Keith, 1994).

Les invertébrés aquatiques

Usseglio-Polatera (1985) ont étudié les peuplements de trichoptères et d'éphémères du Rhône à Lyon avant et après la mise en service du barrage de Pierre-Bénite en 1966. Ils notent une réduction de 47% du nombre d'espèces de trichoptères et de 42% de celui d'éphémères (Figure 6). Sur le Haut-Rhône régulé par l'aménagement CNR, Dessaix *et al.* (1995) montrent une diminution, voire une disparition, des certaines larves d'insectes potamiques et rhéophiles tels que les plécoptères s.l., plusieurs espèces d'éphémères *Heptageniidae*, les trichoptères *Neureclipsis bimaculata*, *Rhyacophila sp.*, *Hydropsyche spp.* et, parallèlement, l'apparition ou l'augmentation de taxons potamolénitiques tels que l'éphémère *Potamanthus luteus*, le Trichoptère *Polycentropus flavomaculatus*, le crustacé *Asellus aquaticus*, et plusieurs espèces de planaires et de mollusques gastéropodes.

L'avifaune aquatique

Avant les aménagements du 19^{ème} siècle, la vallée du Rhône en aval de Lyon jusqu'à la Camargue correspondait probablement à la zone à sterne (vastes bancs de graviers, forte dynamique fluviale). Cette zone est équivalente à l'épipotamon décrit précédemment par la faune piscicole. Outre les sternes, la bibliographie montre la présence d'espèces avicoles typiquement fluviales sur le Bas-Rhône tressé "originel" telles que l'oedicornème criard et le petit gravelot. Cette faune était proche de celle que l'on peut rencontrer sur des rivières telles que la Loire, l'Allier ou la Durance (Michelot, 1990). Avec la régulation du fleuve par la CNR et la diminution de la vitesse du courant, une dérive des peuplements s'est produite de façon identique au constat effectué pour les poissons, en direction d'une zone typologique située plus en aval, la zone à foulque, équivalente au métapotamon. L'avifaune aquatique du Rhône Moyen est maintenant caractérisée par son instabilité et l'absence d'espèces fluviales typiques (Pont, 1985). Actuellement, la diversité et l'abondance ornithologiques sont liées à l'existence de milieux relictuels tels que quelques bras morts et forêts alluviales ou, au contraire, à l'existence de milieux totalement créés par l'homme tels que les retenues et les canaux. Les Anatidés (canards au sens large) et les Rallidés (foulque en particulier) sont particulièrement favorisés par les vastes plans d'eau des retenues ou bien les gravières issues de l'aménagement CNR.

Les digues et les plateformes de graviers, paysages nouveaux de l'ancien lit majeur apparus à la suite de l'aménagement CNR, présentent certaines potentialités liées à leur situation à l'interface milieu aquatique - milieu terrestre et à leurs contraintes de gestion. En particulier, ces surfaces graveleuses fonctionnent dans une certaine mesure comme un milieu de remplacement des îles et des grèves (Michelot, 1990). Situées en bordure du lit majeur, sur les berges du fleuve, constitués d'alluvions et colonisés par les peupliers, ces sites permettent la présence d'espèces caractéristiques des milieux tressés à forte dynamique fluviale de la zone à sterne : petit gravelot, bergeronnette grise, pipit rousseline, bruant proyer, alouette calandrelle, cochevis huppé, oedicornème criard (Michelot, 1989b).

Les mammifères aquatiques

Le castor, espèce emblématique de l'écosystème rhodanien, peut également donner quelques éléments sur les changements qu'a connu le fleuve. Très rare au début du 19^{ème} siècle, sans doute à cause de la pression de piégeage, il a considérablement gagné du terrain depuis sa protection au début 20^{ème} siècle (Erome, 1982). Cette espèce s'est apparemment bien adaptée à l'aménagement CNR, en particulier grâce aux centaines de kilomètres de contre-canaux, milieux très favorables par leur végétation de saules et peupliers, et par l'absence de crue. Mais la situation à long terme n'est certainement pas aussi favorable

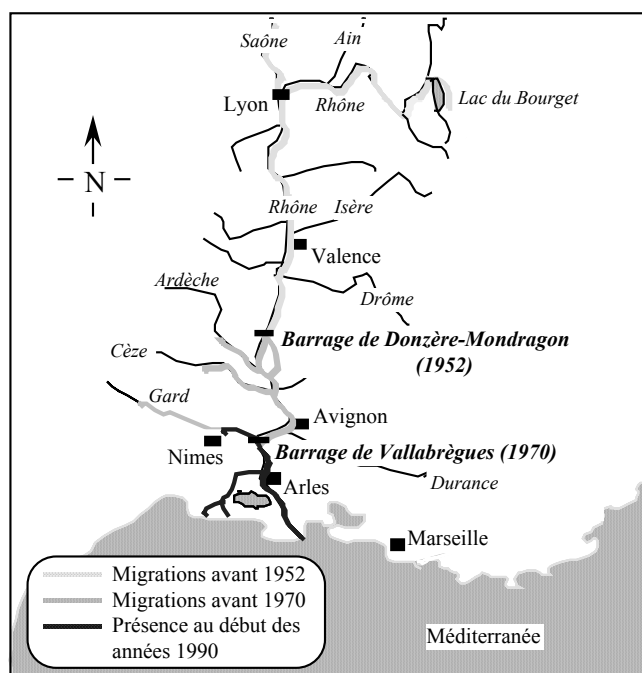


Figure 5. Migrations passées et actuelles de l'aloise dans le bassin du Rhône (d'après Rameye *et al.*, 1976).

qu'on pourrait le penser. Les contre-canaux présentent une tendance naturelle au tarrissement ; leur végétation verra probablement une diminution des espèces appétentes par rapport au frêne, qui n'est pas consommé. Le long des vieux Rhône, les casiers Girardon et les lônes sont l'objet d'une intense sédimentation, qui fait disparaître des gîtes potentiels ; ainsi le site de Baix-Logis Neuf a vu diviser sa population par deux au cours des 20 dernières années (Penel, 1994). Enfin, le castor paie un lourd tribut au développement des axes routiers en bordure du fleuve (mortalité par collision). Au total, l'espèce n'est certainement pas menacée, mais sa densité connaît et connaîtra probablement une diminution. Par contre, elle étend sa présence sur de nombreux affluents.

La loutre, autre mammifère emblématique, a probablement disparu du Bas-Rhône avant les aménagements CNR, en raison du piégeage et surtout de la pollution des eaux (Michelot, 1992). Les transformations de la vallée et le maintien de taux de pollution excessifs empêchent désormais d'envisager le retour de cette espèce (Michelot *et al.*, 1995).

Une conséquence parmi d'autres : le développement d'espèces exotiques invasives

Si pour les poissons les espèces allochtones sont essentiellement liées à des introductions volontaires (Persat, 1988), la vingtaine

d'espèces d'invertébrés exotiques actuellement recensées (Tableau II), appartenant à différents groupes faunistiques et d'origines diverses, sont apparues à la faveur de l'aménagement contemporain du fleuve. Parallèlement à la modification d'habitat engendrée par les aménagements CNR qui ont créé des conditions favorables en diminuant la vitesse du courant et en permettant un accroissement de la température, la navigation a favorisé ces processus de migration et d'invasion (c'est le cas par exemple pour les crustacés *Crangonyx pseudogracilis*, *Gammarus roeseli* et *Gammarus tigrinus* et les mollusques *Lithoglyphus naticoides* et *Corbicula fluminea*). L'arrivée et/ou la redistribution de ces différents organismes se fait principalement en fonction de l'hydroclimatologie qui constitue le principal facteur de contrôle des peuplements d'invertébrés (Fruget *et al.*, 2001). Dans ce contexte, la Saône, affluent numéro un du Rhône, connectée par les canaux du réseau Freycinet aux cours d'eau d'Europe du Nord, en particulier avec le Rhin, est la principale voie de dissémination, spécialement lors des épisodes de hautes eaux (cf par exemple l'apparition de différents crustacés sur le Rhône aval au cours des années 1990, à l'exception des écrevisses *Pacifastacus leniusculus* et *Procambarus clarkii*, "échappées" d'élevages). Pour sa part, le mollusque bivalve *Corbicula* est arrivé simultanément par la Saône et par les canaux du sud de la France reliant le bassin du Rhône à celui de la Garonne et à la façade atlantique.

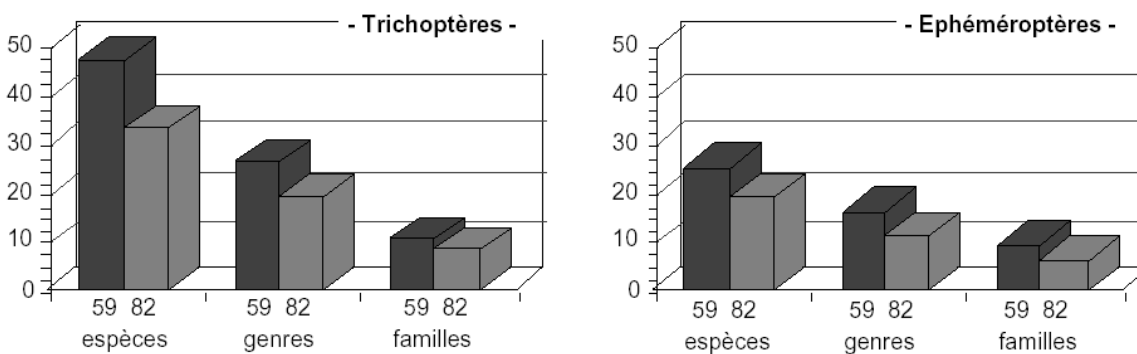


Figure 6. Changements du nombre de taxons de Trichoptères et d'Ephémères dans le Rhône à Lyon avant (1959) et après (1982) la mise en service du barrage de Pierre-Bénite en 1966. Adultes capturés par piégeage lumineux. D'après Usseglio-Polatera (1985).

	Espèces	Origine	Première capture
Cnidaires	<i>Cordylophora caspia</i> *	Ponto-caspien	
	<i>Craspedacusta sowerbyi</i>	Asie	
Turbellariés	<i>Dugesia tigrina</i>	Amérique du Nord	
Polychètes	<i>Hypania invalida</i> ***	Ponto-caspien	2002
Oligochètes	<i>Branchiura sowerbyi</i>	Asie	
Gastéropodes	<i>Gyraulus parvus</i> *	Amérique du Nord	1997
	<i>Lithoglyphus naticoides</i> *	Ponto-caspien	1995
	<i>Menetus dilatatus</i>	Amérique du Nord	
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nouvelle Zélande	
Bivalves	<i>Corbicula fluminea</i>	Asie	1993
	<i>Dreissena polymorpha</i>	Ponto-caspien	
Crustacés	<i>Crangonyx pseudogracilis</i> *	Amérique du Nord	1995
	<i>Dikerogammarus villosus</i> *	Ponto-caspien	1999
	<i>Gammarus tigrinus</i> *	Amérique du Nord	1995
	<i>Gammarus roeseli</i>	Balkans	
	<i>Orconectes limosus</i>	Amérique du Nord	
	<i>Pacifastacus leniusculus</i> **	Amérique du Nord	1999
	<i>Procambarus clarkii</i> ***	Amérique du Nord	

(* = espèce absente du Haut-Rhône ; ** = espèce seulement présente sur le Haut-Rhône ; *** = espèce seulement présente sur le Rhône Moyen et le Bas-Rhône).

Tableau II. Liste des espèces d'invertébrés exotiques invasifs rencontrés sur le Rhône Français.

Restauration : vers une mise en valeur globale de l'espace

La vision sectorielle de l'aménagement semble s'atténuer au profit d'une conception plus intégrée. Dans la plupart des cas, la gestion de l'espace conserve une finalité principale, mais son responsable se rend compte que cet objectif est compatible avec d'autres, et en particulier la conservation de la nature.

Les aménagements de la CNR ont entraîné des impacts négatifs majeurs sur l'hydrosystème rhodanien. Aujourd'hui, cet organisme est responsable de la gestion des ouvrages et de l'ensemble du Domaine Public Fluvial, qui conserve des reliques de paysages fluviaux anciens et qui a vu se développer quelques milieux parfois intéressants (roselières, contre-canaux, ...). Il s'est récemment approprié cette dimension, avec l'élaboration en 1992 d'une charte d'environnement, validée par son ministère de tutelle. La CNR a donc en quelque sorte un nouveau mandat, qui se traduit par différents travaux d'inventaires et de génie écologique, en particulier l'inventaire du patrimoine naturel existant sur les terrains dont elle a la charge et qui doit déboucher sur de véritables plans de gestion de l'espace. D'ores et déjà, des opérations de génie écologique sont mises en oeuvre, telles que la remise en eau d'anciens bras du fleuve ou la gestion pastorale des digues.

Dans ce cadre, la conservation, et *a fortiori* l'accroissement, de la biodiversité des hydrosystèmes demande une restauration

physique et écologique de ces milieux tel que cela a été expérimenté sur différents secteurs du Danube ou du Rhône (Henry & Amoros, 1995 ; Heiler *et al.*, 1995 ; Tockner *et al.*, 1998 ; Ward *et al.*, 1999). La gestion de cette restauration doit être axée sur le rétablissement des connections morphologiques, sources des connections biologiques et par conséquent de la diversité biologique (Amoros, 1991). Une approche holistique de cette gestion doit être menée, considérant le corridor fluvial dans son ensemble, des biotopes et biocénoses aquatiques à ceux et celles semi-aquatiques, connectés de façon permanente ou intermittente avec le milieu lotique du chenal principal (Amoros *et al.*, 1987).

Mesures de protection et outils réglementaires

Depuis une vingtaine d'années, différentes mesures de restauration des milieux et des biocénoses ont été prises, principalement à l'initiative de l'Etat et des associations. Différents types d'actions ont été mis en oeuvre, souvent de façon concomitante sur une même site, telles que :

- Une protection des espèces. Cette mesure nationale ou régionale est efficace pour les espèces sensibles à une destruction directe (castor, héron), mais ne l'est pas quand les causes de régression sont différentes (loutre).
- Une protection des habitats. La création de réserves naturelles permet d'éviter la disparition de certains

sites par la régulation de certaines activités humaines. La biodiversité de ces sites se trouve ainsi souvent significativement augmentée (île de la Platière à Péage-de-Roussillon).

- La restauration du système fluvial. L'augmentation du niveau de la nappe alluviale ou du débit réservé permet d'améliorer la qualité des milieux aquatiques concernés.
- La restauration des connections biologiques. Cette mesure vise principalement les poissons, mais d'autres mesures comme l'enlèvement des embâcles ont une action positive sur le castor ou les mammifères ongulés.
- La restauration physique des milieux. Elle vise plus particulièrement à favoriser la dynamique végétale avec la création de berges en pente douce, d'îles, etc. L'avifaune s'en trouve également favorisée (site de Miribel-Jonage).
- La gestion des successions végétales. Certains milieux sont maintenus naturellement ouverts par l'érosion ou la pratique du pastoralisme. Dans un futur proche, la disparition de ces mécanismes mettraient en danger les espèces vivant dans ces milieux. Une gestion pastorale des prairies où poussent des orchidées ou la déforestation des marais permettent d'éviter cela.
- Le contrôle des activités humaines. La fermeture de l'accès à certains sites ou l'interdiction de la chasse ont eu des effets spectaculaires sur l'occurrence de certaines espèces (hérons, canards, ...).
- Les réintroductions. Elles concernent en particulier le castor en amont de Lyon, ou encore la tortue cistude dans le lac du Bourget.

Ces actions sont rendues possibles par la mise en place depuis quelques années de différents outils réglementaires que sont :

- Le programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône pour lequel plus de 6 milliards d'euros, financés par la CNR, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse et les collectivités locales, seront investis dans la restauration de la connectivité longitudinale et transversale du fleuve et de son fonctionnement écologique (rôle fonctionnel des bras secondaires, remise en eau des bras asséchés, réapparition des poissons migrateurs tels que l'alose ou l'anguille par installation de passes à poissons, etc.).
- L'institutionnalisation d'un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) par la loi sur l'eau de 1992.
- La directive européenne sur les habitats de la flore et de la faune sauvage visant à protéger de nombreux habitats (forêts alluviales, biotopes de certaines espèces, etc.) et conduisant à la mise en place du

"réseau Natura 2000" qui réunit des sites protégés et gérés au titre de cette directive.

- Le programme européen LIFE visant à dresser le bilan du patrimoine de la vallée et à imaginer des mesures de gestion globale, tenant pleinement compte des activités économiques.

L'exemple d'une gestion hydraulique globale

Une certaine convergence d'intérêts se dessine peu à peu en faveur de la restauration du système hydraulique du fleuve Rhône. Les axes majeurs de cette évolution sont :

- Bloquer l'enfoncement des cours d'eau et des nappes provoqué par une importante incision engendrée par une extraction abusive en lit mineur et une limitation des érosions latérales. Ce phénomène touche toutefois plus les affluents que le fleuve lui-même.
- Conserver les champs d'expansion des crues afin de favoriser des inondations plus générales et moins violentes pour restaurer la fonction d'écrêtement et limiter les érosions.
- Augmenter le débit réservé des parties court-circuitées. Des approches diverses au départ conduisent aujourd'hui à revendiquer un relèvement de ces débits réservés à des fins de restauration du paysage à Pierre-Bénite ou de protection des milieux naturels à Péage-de-Roussillon.
- Restaurer le rôle des anciens bras du fleuve. Les lônes, longtemps oubliées, font l'objet d'une attention marquée depuis quelques années. En particulier, les opérations de remise en eau des bras asséchés se multiplient pour la pêche, l'écrêtement des crues, la recharge des nappes, ...

Le choix d'un débit minimal implique de trouver un compromis entre la production énergétique et la qualité des habitats aquatiques (Lamouroux *et al*, 1999). En effet, après l'augmentation de ce débit les habitats doivent retrouver leur niveau d'avant régulation en termes de vitesse de courant et de profondeur d'eau. Des simulations montrent que le paysage fluvial sera modifié par l'accroissement du lit mouillé et de la vitesse de courant. De l'autre côté, l'influence sur la remise en eau des bras secondaires ou sur la remontée du niveau de la nappe sera limitée et elle sera nulle sur le transport solide (Lamouroux *et al*, op. cit.). Ainsi, il est nécessaire de définir des objectifs de gestion.

	débit moyen	Débit réservé actuel	Débit réservé pour uniformisation	Originalité géomorphologique	Originalité hydraulique *
Haut- Rhône					
<i>Chautagne</i>	410	10 - 20	50	++	
Belley	412	25 - 60	70		
Brégnier-Cordon	435	80 - 150	80		
Rhône Moyen					
Pierre-Bénite	1032	10 - 20	80	+	
Péage-de-Roussillon	1050	10 - 20	90	+	
Bourg-lès-Valence	1415	10 - 20	>100		
Beauchastel	1417	10 - 20	>100		
Bas- Rhône					
Baix - Logis-Neuf	1475	10 - 20	70	++	
Montélimar	1494	15 - 60	70	++	+
<i>Donzère</i>	1500	60	60	++	+

* = longueur non influencée. Originalité: += forte ; ++ = très forte.

Tableau III. Valeurs de débit réservé (m³/s) nécessaires dans différentes parties court-circuitées du Rhône afin d'atteindre la valeur biologique maximum prédite en fonction des situations hydrauliques et biologiques actuelles. D'après Lamouroux *et al.* (1999).

Concernant l'ichtyofaune, trois objectifs ont été retenus : (1) uniformiser de la qualité des sections court-circuitées en se rapprochant des valeurs des deux sections qui présentent le débit réservé le plus élevé (Brégnier-Cordon sur le Haut-Rhône et Donzère-Mondragon sur le Bas-Rhône) ; (2) favoriser certaines parties court-circuitées en liaison avec l'originalité de leurs peuplements liée aux caractéristiques géomorphologiques ou leurs longueur non influencée par des seuils ou retenues ; (3) viser une rentabilité socio-économique en augmentant le débit où la demande sociale est forte et/ou le coût lié à cette augmentation est moindre.

Le tableau III montre que les différents objectifs ne sont pas incompatibles : les parties court-circuitées qui présentent la meilleure adéquation entre la richesse des peuplements piscicoles et l'importance du débit minimum pour l'objectif 1, et probablement pour un faible coût, sont généralement les plus originaux (Chautagne sur le Haut-Rhône, Baix, Montélimar et Donzère sur le Bas-Rhône).

Différentes études montrent que le débit optimum pour certaines espèces est généralement plus bas que le débit moyen naturel du fleuve (Lamouroux *et al.*, op. cit.). La variabilité temporelle du débit est ainsi un facteur de contrôle de la diversité, et une modulation temporelle du débit réservé est nécessaire afin de se rapprocher de la situation naturelle. Par exemple, à Péage-de-Roussillon où le débit réservé actuel est de 10 à 20 m³/s, l'objectif est un réarrangement de la structure du peuplement piscicole avec une meilleure distribution de la densité au profit d'espèces rhéophiles tel que le barbeau

fluvial (CEMAGREF, 1997). En faciès lotique, l'habitat semble être optimum entre 25 et 50 m³/s, le débit pouvant atteindre 100 m³/s sans mettre en danger les espèces présentes. En faciès lénitique, du point de vue physique, la gestion optimale se situe entre 50 et 100 m³/s, l'amélioration espérée étant une meilleure distribution de la densité des espèces.

Conclusions et perspectives

Compte tenu de la complexité du problème posé, de l'étendue de la zone géographique couverte et de la multiplicité des disciplines concernées, cette étude ne peut être considérée comme un bilan écologique exhaustif de l'influence de l'aménagement du Rhône français au cours des deux derniers siècles. Toutefois, elle montre bien que les aménagements morphodynamiques successifs ont eu des impacts négatifs majeurs sur l'hydrosystème Rhône. Cet impact anthropique peut se diviser en deux grandes étapes : d'une part, la correction du lit réalisée dans la seconde partie du 19^{ème} siècle, d'autre part, l'édification d'aménagements hydroélectriques à partir des années 1950, qui ont abouti à un fleuve régulé, profondément altéré, cloisonné en écosystèmes souvent simplifiés et plus ou moins figés (Coulet *et al.*, 1997). Cette étude montre également qu'un changement progressif de perception de l'aménagement s'est produit au cours du temps, passant d'une vision sectorielle à une conception plus intégrée, avec la mise en place de plans de gestion rendant compatibles les différents objectifs, dont celui de conservation du patrimoine naturel. Des opérations de restauration physique et écologique des différents milieux fluviaux sont ainsi possibles

dans certains secteurs où les effets des aménagements ne sont pas révélés être totalement irréversibles.

D'un hydrosystème simplifié et figé...

Les descripteurs biologiques montrent une baisse de la diversité biologique avec la diminution de la diversité morphologique et de la connectivité de l'hydrosystème aménagé, engendrée par les interventions anthropiques qui se sont succédées depuis près de deux siècles. Cela s'est plus particulièrement traduit par l'élimination du lit mineur d'un certain nombre d'îles et par la disparition du lit majeur de nombreux milieux annexes (bras morts, ripisylves, etc.). La réduction du champ d'inondation a modifié les flux, avec un ralentissement de la vitesse du courant et un déséquilibre des processus d'érosion et de sédimentation. L'aménagement du fleuve a diminué l'hétérogénéité spatio-temporelle naturelle de l'hydrosystème et réduit les échanges entre ses différentes composantes, entamant grandement son intégrité tant structurelle que fonctionnelle. On a ainsi assisté à une homogénéisation et à une banalisation du paysage et des espèces, même si, ponctuellement, certains milieux spécifiques (radiers des parties court-circuitées, digues et plateformes de graviers au niveau des retenues et des canaux) permettent le maintien (poissons, invertébrés) ou la réapparition (oiseaux) d'espèces fluviales caractéristiques. Au final, le bilan conduit largement à un appauvrissement des paysages et des espèces et à une perte de biodiversité.

Le fleuve régulé ne peut plus assurer la régénération des milieux par le biais de la dynamique fluviale, il n'entretient plus la mosaïque des milieux présents à l'origine dans la plaine alluviale. Certains d'entre eux sont appelés à devenir relictuels, voire à disparaître totalement par des processus de comblement et d'assèchement (bras morts, marais, etc.). C'est là que les mesures de protection et les interventions humaines doivent prendre le relais du fleuve aménagé (création de réserves naturelles, recusement de bras secondaires, relèvement du niveau des nappes, etc.).

...à une restauration lente et limitée

Comme il a été souligné lors du Colloque Lyon Fleuves 2001, l'histoire de l'aménagement du Rhône et de sa tentative de reconquête est celle de l'évolution d'un fleuve, du développement industriel au "réaménagement durable" (Alexis *et al.*, 2001). Ce dernier nécessitera un nouvel équilibre entre les fonctions et les usages. En un peu plus d'un siècle, la perception du fleuve a ainsi changé sur trois grands points :

- Sur le plan scientifique et technique, il s'avère désormais nécessaire de rechercher un meilleur compromis entre le développement économique et la préservation des milieux naturels. C'est l'enjeu de la gestion durable.

- Sur le plan institutionnel, la consolidation législative et réglementaire des acquis scientifiques (loi sur l'eau de 1992, directive cadre européenne d'octobre 2000 pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau) a abouti à la définition d'un nouveau cadre des actions ayant une incidence sur l'état des milieux aquatiques.

- Enfin, sur le plan socio-politique, la diversité des enjeux a engendré une diversité d'acteurs (pouvoirs publics, aménageurs, collectivités locales, associations, etc.) et une multiplication des objectifs et des contraintes.

Bien que la nature semble progressivement s'intégrer au fonctionnement socio-économique de la vallée du Rhône, le futur des milieux naturels liés au fleuve semble encore incertain (Fruget & Michelot, 1997). Une volonté sociale, politique et économique, similaire à celle ayant prévalu au moment de l'aménagement contemporain du fleuve il y a près d'un siècle, s'avère aujourd'hui nécessaire pour le sauvegarder et le restaurer. Des décisions et des actions récentes (plan décennal de restauration, en particulier) laissent toutefois entrevoir une lente mais positive évolution, qui restera malgré tout limitée au regard du système fluvial originel.

Biographie de l'auteur

Docteurs ès-sciences de l'Université Lyon 1, l'auteur travaille depuis près de 20 ans sur l'écologie des grands cours aménagés. Il dirige le bureau d'études ARALEP (Application de la Recherche A L'Expertise des Pollutions), spécialisé dans l'expertise et la recherche appliquée en écologie des eaux douces. Ses travaux concernent en particulier les impacts des barrages et des rejets thermiques des centrales nucléaires sur la faune et la flore aquatiques, et il collabore au plan décennal de restauration hydraulique et écologique du fleuve Rhône. Il est l'auteur de nombreuses publications sur l'impact des aménagements ou projets d'aménagements sur les hydrosystèmes fluviaux (projet de canal à grand gabarit Saône-Rhin, aménagement du Rhône, etc.). Il travaille plus particulièrement sur les problèmes de variabilité spatio-temporelle des espèces et des milieux aquatiques face aux perturbations naturelles et anthropiques.

Bibliographie

- Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse 1988. *Qualité du fleuve Rhône. Synthèse des connaissances*. Rapport Agence de l'Eau RMC, Lyon, 251 p.
- Alexis S., Amoros C., Chirouze J.P., Guilhaudin P. & Roux A.L. 2001. *Le Rhône : histoire d'une évolution, du développement industriel au "réaménagement durable"*. Actes du Colloque Lyon Fleuves 2001 "Scientifiques et décideurs. Agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux", Agence de l'Eau RMC, Lyon, Juin 2001.
- Amoros C. 1991. Changes in side-arm connectivity and implications for river system management. *Rivers* 2 (2), 105-112.
- Amoros C. & Roux A.L. 1988. Interaction between water bodies within the floodplain of large rivers: function and development of connectivity. *Münstersche Geographische Arbeiten* 29, 125-130.

- Amoros C., Roux A.L., Reygrobellet J.L., Bravard J.P. & Pautou G. 1987. A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers* 1 (1), 17-36.
- Bacalbasa-Dobrovici N. 1989. The Danube River and its fisheries. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 455-468.
- Backiel T. & Penczak T. 1989. The fish and fisheries in the Vistula River and its tributary, the Pilica River. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 488-503.
- Bayley P.B. 1995. Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience* 45 (3), 153-158.
- Béthemont J. 1972. *Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de St-Etienne, 642 p.
- Boutitie F. 1984. *L'Apron, poisson rare menacé de disparition (biologie, répartition, habitat)*. Mémoire de DEA, Université Lyon 1, 173 p.
- Bravard J.P. 1987. *Le Rhône du Léman à Lyon*. La Manufacture (ed.), Lyon, 451 p.
- Carbiener R. & Schnitzler A. 1990. Evolution of major pattern models and processes of alluvial forest of the Rhine in the rift valley (France/Germany). *Vegetatio* 88, 115-129.
- CEMAGREF 1997. *Aide à la décision de débits réservés dans le vieux Rhône de Péage-de-Roussillon : peuplements de poissons et approche par la méthode des microhabitats*. Rapport à l'Agence de l'Eau RMC & CNR, 46 p.
- Comission de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse - Groupe de Travail Migrateurs, 1993. *Le Rhône retrouve ses grands migrateurs. L'aloise dans le bassin du Bas-Rhône jusqu'à l'Ardeche*. 13 p.
- Coulet M., Vénard B. & Monnet P. 1997. *Impact de l'aménagement hydroélectrique du Rhône sur l'écosystème fluvial. Première approche*. FRAPNA (ed.), Lyon, 181 p.
- Délégation de Bassin 1991. *Schéma de vocation piscicole du fleuve Rhône. Rapport de synthèse*. 202 p. + annexes.
- Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 1990. *Schéma de vocation piscicole du fleuve Rhône. Document n°4. Suivi de la migration des aloises*. 7 p. + annexes.
- Dessaix J., Frugot J.F., Olivier J.M. & Beffy J.L. 1995. Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the French Upper Rhône after its regulation. *Regulated Rivers* 10 (2-4), 265-279.
- Dynesius M. & Nilsson C. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266, 753-762.
- Erome G. 1982. *Contribution à la connaissance éco-éthologique du Castor dans la vallée du Rhône*. Thèse d'Université, Université Lyon 1, 284 p.
- Frugot J.F. 1992. Ecology of the Lower Rhône following 200 years of human influence: a review. *Regulated Rivers* 7 (3), 233-246.
- Frugot J.F. 1989. *L'aménagement du Bas-Rhône. Evolution du fleuve et influence sur les peuplements de macroinvertébrés benthiques*. Thèse de Doctorat, Université Lyon 1, 481 p.
- Frugot J.F. & Michelot J.L. 2001. Biodiversity of the French River Rhône and its floodplain : current state, historical changes and restoration potential. In B. Gopal, W.J. Junk & J.A. Davis (Eds.), *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, Vol. 2, Backhuys Publ., Leiden, The Netherlands, 1-28.
- Frugot J.F. & Michelot J.L. 1997. Dérives écologiques et gestion du milieu fluvial rhodanien. *Revue de Géographie de Lyon* 72 (1), 35-48.
- Frugot J.F., Centofanti M., Dessaix J., Olivier J.M., Druart J.C. & Martinez P.J., 1999. Synthèse des dix premières années de suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban. *Hydroécol. Appl.*, 11 (1-2), 29-69.
- Frugot J.F., Centofanti M., Dessaix J., Olivier J.M., Druart J.C. & Martinez P.J., 2001. Temporal and spatial dynamics in large rivers : example of a long term monitoring of the middle Rhône River. *Annales de limnologie*, 37 (3), 237-251.
- Gallois C., 1946. L'Aloise du Rhône. *Bull. Fr. Pisc.*, 141, 162-176.
- Gallois C., 1950. Les migrateurs du Rhône. Situation actuelle et conditions de son amélioration. *Bull. Off. Cons. Pêche.*, 2, 40-44.
- Heiler G., Hein T., Schiemer F. & Bornette G. 1995. Hydrological connectivity and flood pulses as the central aspects for the integrity of a river-floodplain system. *Regulated Rivers* 11, 351-361.
- Henry C.P. & Amoros C. 1995. Restoration ecology of riverine wetlands: I. A scientific base. *Environmental Management* 19 (6), 891-902.
- Illies J. (ed.) 1978. *Limnofauna Europaea*. 2nd édition, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 532 p.
- Jankovic D., Krpo J., Hegedis A., Maletin S. & Kostic D. 1987. Die Struktur der Ichthyofauna im jugoslawischen Donauteil nach Untersuchungsfängen in 1986. *26 Arbeitstagung der I.A.D., Passau*, 261-265.
- Keith P., Allardi J. & Moutou B. 1992. *Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France et bilan des introductions*. MNHN, CEMAGREF, CSP, Ministère de l'Environnement, Paris, 111 p.
- Kiener A., 1985. *Au fil de l'eau en pays méditerranéen. Milieux aquatiques, poissons et pêche, gestion*. Aubanel éd., Avignon, 308 p.
- Klingeman P.C., Bravard J.P., Giuliani Y., Olivier J.M. & Pautou G. 1998. Hydropower reach by-passing and dewatering impacts in gravel-bed rivers. In P.C. Klingeman, R.L. Beschta, P.D. Komar & J.B. Bradley (Eds), *Gravel-bed rivers in the environment*, Water Resources Publications, LLC, USA, 313-344.
- Lamouroux N., Doutraux E., Terrier C. & Zylberblat M. 1999. Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. *Bulletin Français de la Pêche et la Pisciculture* 352, 45-61.
- Lelek A. 1989. The Rhine River and some of its tributaries under human impact in the last two centuries. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 469-487.
- Lelek A. & Köhler C. 1990. Restoration of fish communities of the Rhine River two years after a heavy pollution wave. *Regulated Rivers* 5 (1), 57-66.
- Liepolt R. (ed.) 1967. *Limnologie der Donau*. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 591 p.
- Maurin H. & Keith P. (eds) 1994. *Le livre rouge. Inventaire de la faune menacée de France*. Editions Nathan, Paris, 175 p.
- Michelot J.L., 1992. *Le statut de la Loure dans le bassin du Rhône 1982-1992*. Rapport CORA / CNR, 123 p.
- Michelot J.L. 1990. Influence de la gestion de la végétation sur l'avifaune nicheuse des digues artificielles du Rhône. In M. Bournaud et al., *Peuplements d'oiseaux et propriétés des écosystèmes de la plaine du Rhône : descripteurs de fonctionnement global et gestion des berges*. Rapport CORA & Université Lyon 1 au SRETIE, Ministère de l'Environnement, Paris, 45-120.
- Michelot J.L. 1989a. *Les espaces naturels de la vallée du Rhône, éléments pour une politique de gestion intégrée*. Thèse de Doctorat, Université Lyon 3, 523 p.
- Michelot J.L. 1989b. Successions écologiques primaires et avifaune nicheuse sur les plates-formes artificielles du Rhône aménagé. *Bièvre* 10 (1), 79-93.
- Michelot J.L., De Alencastro L.F., Laurent L., Beker Van Slooten K., Granjean D., 1995. *Projet de réintroduction de la loure dans le bassin du Rhône. Contamination des cours d'eau par les PCBs*. Rapport CORA-EPFL / CNR, 41p + annexes.
- Mordukhai-Boltovskoi P.D. 1979b. Zoobenthos and other invertebrates living on substrata in the Volga reservoirs. In Mordukhai-Boltovskoi P.D. (Ed.), *The River Volga and its life*, Dr W. Junk Publishers, The Hague, 235-268.
- Pardé M. 1925. *Le régime du Rhône. Etude hydrologique. 1ère partie. Etude générale*. Université de Lyon, Institut des Etudes Rhodaniennes, Masson (ed.), Paris, 887 p.
- Pattee E., 1988. Fish and their environment in large european river ecosystems. The Rhône. *Sci. Eau* 7 (1), 35-74.
- Penel H., 1994. *Projet de restauration de la lône de Géronton à Baix (Ardeche). Le statut du castor*. Rapport à la CNR, 45 p.
- Perrin J.F. 1988. Maintien en aquarium de l'Apron du Rhône, *Zingel asper* (L.), espèce menacée d'extinction. *Revue Française d'Aquariophilie* 15 (1), 17-20.
- Persat H. 1988. *De la biologie des populations de l'Ombre commun Thymallus thymalus (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-Rhône français. Eléments pour un changement d'échelles*, Thèse de Doctorat d'Etat, Université Lyon 1, 223 p.
- Persat H., Bravard J.P. & Olivier J.M. 1995. Stream and riparian management of large braided mid-European rivers, and consequences for fish. In N.B. Armantrout (ed.), *Condition of the World's Aquatic Habitats*. Proceedings

- of the World Fisheries Congress, Athens, May 1992, Theme 1. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New-Delhi, 139-169.
- Petts G.E. 1984. *Impounded rivers. Perspectives for ecological management*. J. Wiley and Sons, Chichester, 326 p.
- Petts G.E., Moller H. & Roux A.L. (eds) 1989. *Historical change of large alluvial rivers: Western Europe*. J. Wiley and Sons, Chichester, 355 p.
- Pont B. 1985. Statut des oiseaux d'eau dans la moyenne vallée du Rhône, évolutions récentes. *Bièvre* 7 (1), 1-25.
- Prat N., Munné A., Rieradevall M., Carceller F., Fons J., Chacon G., Ibanez J., Font X., Carmonia J.M. & Romo A. 2000. Biodiversity of a Mediterranean stream drainage network. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27 (1), 135-139.
- Quignard J.P., 1977. *Le Rhône et quelques problèmes concernant ses poissons ou histoire naturelle de ce fleuve*. Editions de la Sabranenque, Bagnols/Cèze, 23 p.
- Rameye L., Kiener A., Spillmann C.P. & Biousse J. 1976. Aspects de la biologie de l'Alose du Rhône. Pêche et difficultés croissantes de ses migrations. *Bull. Fr. Pisc.*, 263, 50-74.
- Roux A.L. (ouvrage collectif publié sous la direction de) 1982. *Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux. Etude d'un hydrosystème fluvial : le Haut-Rhône français*. CNRS Ed., CRDP Lyon, 116 p.
- Salvador P.G., 1983. *Les impacts de l'aménagement du Rhône à l'aval de Pierre-Bénite (km 1 à 16). L'évolution du fleuve et des paysages de la vallée (1838-1980)*. Rapport de DEA, Univ. Lyon 3, 120 p.
- Schiemer F. & Spindler T. 1989. Endangered fish species of the Danube River in Austria. *Regulated Rivers* 4, 397-407.
- Schiemer F. & Waidbacher H. 1992. Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In P.J. Boon, P. Calow and G.E. Petts (eds), *River conservation and management*, J. Wiley and Sons, Chichester, 363-382.
- Sparks R.E. 1995. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. *BioScience* 45 (3), 168-182.
- Tockner K., Schiemer F. & Ward J.V. 1998. Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8, 71-86.
- Usseglio-Polatera P. 1985. *Evolution des peuplements de Trichoptères et d'Ephéméroptères du Rhône à Lyon (1959-1982) : résultats de piégeages lumineux*. Thèse de Doctorat, Université Lyon 1, T I 248 p, T II 203 p.
- Van den Brink F.W.B., Van der Velde G., Buijse A.D. & Klink A.G. 1996. Biodiversity in the Lower Rhine and Meuse river-floodplains: its significance for ecological river management. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30 (2-3), 129-149.
- Ward J.V., Tockner K. & Schiemer F. 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers* 15, 125-139.



Rhône court-circuité de Péage-de-Roussillon. En débit réservé (20 m³/s) et lors d'une crue (1800 m³/s). Photos : J.F. Fruget.