



HAL
open science

Le Rhône en 100 questions

Jean-Paul Bravard, Anne Clémens

► **To cite this version:**

Jean-Paul Bravard, Anne Clémens. Le Rhône en 100 questions. Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR); GRAIE. 2008, 978-2-917199-00-8. hal-04697206

HAL Id: hal-04697206

<https://hal.science/hal-04697206v1>

Submitted on 13 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Le Rhône en 100 Questions

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

ZABR

Zone Atelier Bassin du Rhône

Le Rhône en 100 Questions

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

ZABR

Zone Atelier Bassin du Rhône



Ouvrage édité par le GRAIE

(Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau)

Domaine scientifique de la Doua

66, boulevard Niels-Bohr – BP 52132 – 69603 Villeurbanne cedex – France

www.graie.org

Lyon – Juin 2008

Design graphique et réalisation : Toufik Boumessaoud

Photo de couverture : Gilles Poussard

Imprimeur : Delta Imprimerie Lyon-Chassieu

N° ISBN : 978-2-917199-00-8



Sommaire

Avant-propos	p. 6
Remerciements	p. 14
Carte du réseau hydrographique du bassin du Rhône	p. 15
Préambule	p. 16
Chapitre 1 : Les gestionnaires du fleuve	p. 19
Chapitre 2 : Le fonctionnement du fleuve	p. 35
Chapitre 3 : Les aménagements du Rhône	p. 69
Chapitre 4 : L'importance économique du fleuve	p. 89
Chapitre 5 : Les crues et inondations du Rhône	p. 111
Chapitre 6 : La qualité de l'eau du Rhône	p. 151
Chapitre 7 : Les poissons et la pêche du Rhône	p. 189
Chapitre 8 : Les eaux souterraines	p. 215
Chapitre 9 : Le patrimoine naturel	p. 239
Chapitre 10 : Culture et patrimoine	p. 269
Table des matières	p. 290

Pour une meilleure lisibilité des illustrations, quelques acronymes ou abréviations employés dans l'ouvrage sont explicités ci-dessous :

IRSN : Institut de Radioactivité et de Sécurité Nucléaire

MDFR : Maison du fleuve Rhône

MRM : Association Migrateurs Rhône Méditerranée

PNR Camargue : Parc Naturel Régional de Camargue

SIG : Services Industriels de Genève

SMIRIL : Syndicat Mixte du Rhône, des Îles et des Lônes

SMRD : Syndicat Mixte de la Rivière Drôme

SNRS : Service Navigation Rhône Saône

UCBL : Université Claude-Bernard Lyon I



Avant-propos

Jacques GÉRAULT

Préfet de la région Rhône-Alpes, Préfet du Rhône,

Préfet Coordonnateur du Bassin Rhône-Méditerranée

Depuis la fin des années 1980, le Rhône a fait l'objet de multiples réflexions, études et actions, en vue d'améliorer son fonctionnement, la qualité de ses eaux ou de mieux se protéger de ses crues.

Après les trois crues majeures de 2002 et 2003, la nécessité d'agir vite s'est réellement imposée. Dès janvier 2004, à la demande du Premier Ministre et en parallèle des travaux de réparation d'urgence qui sont lancés pour près d'un milliard d'euros, l'État a mis en place à l'échelle du bassin une large concertation pour élaborer une politique globale de prévention des inondations du Rhône et de ses affluents.

Dans le même temps, les trois conseils régionaux Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Languedoc-Roussillon affirment en mars 2004 leur souhait de considérer la gestion du Rhône comme un projet interrégional d'envergure européenne.

Cette mobilisation générale a abouti à la signature, le 21 mars 2007, du contrat de projets interrégional plan Rhône 2007-2013 par l'État et ses établissements publics, le Comité de bassin, les cinq conseils régionaux riverains du Rhône et de la Saône, et la Compagnie Nationale du Rhône.

Parmi les trois plans «grands fleuves» français, le Contrat de Projets Plan Rhône est le mieux doté budgétairement par l'État. Il comporte six volets thématiques, dont chacun est important tout en s'intégrant dans un plan d'ensemble :

- se réapproprier aux plans culturel et social le patrimoine commun que constitue le fleuve ;
- mettre en œuvre la stratégie globale de prévention du risque



d'inondation (prévention réglementaire, réduction de l'aléa, prévision des crues); l'importance de ce volet relatif aux inondations a été reconnue fin décembre 2007 lors de l'approbation par la Commission Européenne du programme européen présenté par la France ;

- restaurer la qualité des eaux et protéger la ressource et les milieux, axe au sein duquel j'attache une grande importance au traitement du dossier de la pollution du Rhône aux Polychlorobiphényles ;
- concilier le développement de la production d'énergie et le respect de l'environnement ;
- accroître le transport fluvial dans les vallées du Rhône et de la Saône, enjeu économique et environnemental essentiel ;
- améliorer le cadre de vie des riverains et valoriser les territoires par un tourisme de qualité.

Je souhaite que le plan Rhône, projet ambitieux d'aménagement et de développement durables, soit mis en œuvre dans l'esprit du Grenelle de l'Environnement : un cadre d'action global, des actions concrètes et rapidement opérationnelles, une mise en œuvre transparente et concertée.

La réussite de la concertation suppose tout d'abord un niveau d'information et de connaissance suffisant et objectif. Dans cette perspective, je considère comme particulièrement précieuse l'initiative de l'ouvrage collégial *Le Rhône en 100 questions*. Il couvre l'ensemble des thèmes liés au Rhône, allant de son patrimoine naturel (espèces, paysages...) à ses aménagements et sa gestion, en passant par la qualité de son eau mais aussi par les usages récréatifs et touristiques dont il est le vecteur, sans oublier les enjeux du transport fluvial ou encore ceux des nappes d'eau souterraine. Il apporte sur tous ces domaines une information scientifique ou technique de très bon niveau, rédigée de manière accessible.

J'espère que sa lecture vous sera à la fois utile et agréable.



Avant-propos

Henri TORRE

Président du Comité de Bassin Rhône Méditerranée

À l'heure où le Comité de bassin Rhône Méditerranée prépare un nouveau schéma directeur d'aménagement et de gestion (SDAGE), je suis particulièrement satisfait que les citoyens de notre bassin puissent bénéficier d'un ouvrage qui aborde tant de questions légitimes autour de la vie de ce fleuve.

Artère principale du territoire de compétence du comité de bassin, le Rhône requiert de sa part une attention toute particulière notamment depuis 1988, année au cours de laquelle un vaste programme d'études a été lancé pour aboutir au premier plan d'action de 1992. Retrouver un fleuve vif et courant sur certains secteurs, restaurer une qualité écologique de haut niveau, telles étaient déjà les ambitions de cette démarche.

Ces objectifs se confirment aujourd'hui avec le SDAGE élaboré en application de la directive européenne cadre sur l'eau. La voie est clairement tracée : tout comme les autres milieux aquatiques, le Rhône doit retrouver un bon état, de l'amont à l'aval, tout au long de ses différents tronçons façonnés par le milieu naturel et les aménagements. C'est une ambition qui doit nous motiver tout particulièrement. De premières réalisations très concrètes de restauration ont d'ores et déjà démontré notre capacité collective à retrouver et valoriser un fleuve aux fortes potentialités écologiques, y compris en présence d'usages économiques ayant fortement façonné le fleuve.

Les enjeux de cette reconquête sont multiples. Le Rhône constitue bien évidemment une ressource en eau stratégique, mais aussi un corridor biologique structurant pour l'ensemble du bassin. Les activités urbaines



et industrielles qui s’y sont développées doivent tout à la fois maîtriser au mieux leurs impacts sur ce milieu et bénéficier à tous les niveaux de l’atout majeur qu’il représente en terme d’aménagement du territoire et de cadre de vie. Grâce au contrat de projet interrégional plan Rhône 2007-2013 aujourd’hui piloté par l’Etat en partenariat avec les conseils régionaux de Rhône Alpes, Bourgogne, Franche Comté, Languedoc Roussillon et Provence Alpes Côte d’Azur, le comité de bassin Rhône Méditerranée et la CNR, cette démarche de restauration est gérée en harmonie avec la prévention contre les inondations et le développement des usages directement liés au fleuve. Le comité de bassin, acteur déterminé de ce projet, avec notamment l’appui technique et financier de l’agence de l’eau, ne peut que se féliciter de cette nouvelle dynamique.

Puisse donc cet ouvrage très riche aider tous les acteurs de la reconquête et de la bonne gestion de ce patrimoine rhodanien à mieux le comprendre, sans oublier que notre action sur le Rhône est aussi déterminante pour la protection de la mer Méditerranée pour laquelle nous sommes également totalement partie prenante.



Avant-propos

Georges FRÊCHE,
Président
de la Région
Languedoc-Roussillon

Jean-Jack QUEYRANNE,
Président
de la Région
Rhône-Alpes

Michel VAUZELLE,
Président
de la Région Provence-
Alpes-Côte d'azur

Chercheurs, scientifiques de tous horizons, techniciens de l'État et des collectivités territoriales, gestionnaires... Ce sont plusieurs dizaines de rédacteurs qui ont travaillé à cet ouvrage.

Le Rhône, fleuve emblématique de nos trois Régions, mérite cette mobilisation importante qui permet aujourd'hui à chacun d'entre nous, à chacun d'entre vous, de disposer d'une information scientifique et technique compréhensible sur les principaux enjeux liés à ce cours d'eau.

Un fleuve qui rassure, producteur d'énergie hydraulique, voie de communication privilégiée, source évidente pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation des cultures : l'importance économique du Rhône est abordée dans le chapitre 4.

Mais également un fleuve sous surveillance, lorsqu'il se révèle le vecteur de substances dangereuses comme les PCB ou qu'il inonde les terrains alentours. Vous trouverez des éléments de réponse à vos interrogations, légitimes, dans les chapitres 5 et 6.

Pour que ces différents usages puissent continuer à co-exister, les principaux acteurs institutionnels se mobilisent, depuis 2006, dans le cadre du Plan Rhône. Cette démarche s'intéresse également au rôle du fleuve et de ses milieux associés comme réservoirs de biodiversité et corridor biologique naturel pour la circulation de nombreuses espèces. Le chapitre 9, entre autres, est consacré à ces questions.



Le lancement d'études sur la compréhension des phénomènes, l'élaboration de stratégies globales, la mise en œuvre de projets concrets et opérationnels... accompagnés d'actions de communication dont cet ouvrage fait partie, sont dès aujourd'hui la preuve du dynamisme régional revendiqué depuis un an et demi.

Mais le devenir du fleuve n'est pas qu'une affaire de professionnels. C'est pourquoi, nous souhaitons que *Le Rhône en 100 questions*, largement diffusé auprès des acteurs sensibles aux problématiques fluviales, remplisse pleinement sa vocation en participant également à la ré-appropriation de ce milieu exceptionnel par ses riverains.

Nous vous invitons à vous plonger dès maintenant dans sa lecture, confiants dans le plaisir que vous prendrez à re-découvrir le Rhône aux multiples visages.



Avant-propos

Michel MARGNES

Président du Directoire de la Compagnie Nationale du Rhône

La gestion d'un fleuve est dans toutes ses dimensions liée à l'homme et à son environnement. Production d'énergie, transport de marchandises, développement local, biodiversité, maîtrise des risques, sont autant de problématiques que notre société doit intégrer au quotidien.

Conçue dès l'origine sur un modèle de péréquation financière autour de l'énergie, la Compagnie Nationale du Rhône a toujours été le fruit d'un équilibre entre différentes activités d'intérêt collectif. L'activité cœur de métier de notre entreprise place de fait la CNR au centre de gravité des problématiques de développement durable. La CNR a ainsi longtemps mis en œuvre les composantes du développement durable sans les identifier en tant que telles.

Dans le contexte de l'ouverture du marché de l'électricité, cette vocation a été confirmée dans la redéfinition de ses droits et obligations de concessionnaire en juin 2003. Le nouveau cahier des charges de la concession confirme les trois missions historiques et solidaires de la Compagnie. Il définit un schéma directeur de missions d'intérêt général confortant l'engagement de la CNR en faveur de la production d'énergie renouvelable, du transport fluvial, de l'environnement et du développement durable. Dès 2004 en réponse aux attentes des populations riveraines, des usagers du fleuve et des collectivités locales la Compagnie a élaboré son premier plan quinquennal de missions d'intérêt général qui vise à répondre par des moyens concrets importants à l'attente sociale : une vallée du Rhône diversifiée, équilibrée où cohabitent une nature riche et des activités riveraines prospères. Trois autres plans suivront jusqu'au terme de la concession en 2023.



La CNR est désormais en mesure de devenir une entreprise leader dans le domaine du développement durable, en inscrivant ses actions dans une vision claire et partagée par l'ensemble des parties prenantes.

C'est pourquoi j'ai souhaité inscrire l'action de la CNR aux côtés de l'État, des Régions riveraines du fleuve et du Comité de Bassin, et plus généralement de l'ensemble des acteurs du Rhône dans le «Plan Rhône» qui constitue un projet de long terme pour le fleuve et ses territoires.

Le Rhône en 100 questions est l'un des premiers projets ayant reçu le label «Plan Rhône». C'est un témoignage de la conviction de tous que cet ouvrage contribuera à l'établissement d'une base de connaissances partagée par la communauté rhodanienne de son fonctionnement et de ses richesses.



Remerciements

Le Rhône en 100 questions a été l'occasion de fédérer plus de 80 professionnels de l'eau qui ont accepté de mettre en commun leurs connaissances sur le Rhône, en fonction de leur discipline et de leur rôle dans sa gestion, et de partager leur savoir avec les habitants du bassin intéressés par la vie du fleuve et ses multiples fonctions.

Nous remercions chaleureusement le comité de rédaction* et les responsables** de chapitres pour leur engagement soutenu sans lequel ce travail n'aurait pu aboutir :

* Luisa Alzate Région Rhône-Alpes – Pierre Bezina, Région Rhône-Alpes – Jacques Bethemont, Université Jean-Monnet (Saint-Étienne) – Jean-Paul Bravard, Université Lumière-Lyon II – Institut Universitaire de France – Yvan Caillot, DIREN Rhône-Alpes – Patrick Castaing, EDF – Anne Clemens, ZABR – Éric Doutriaux, CNR – Hélène Froget-Guilloy, Région Rhône-Alpes – Jean-Pierre Gauthier, Région Provence-Alpes-Côte d'Azur – Daniel Gras, Région Languedoc-Roussillon – Agnès Hollande, Région Rhône-Alpes – Claude Lascombe – Jean-Michel Olivier, Université Lyon I-CNRS – Sophie Szymkowiak, Région Rhône-Alpes – André Vincent, Maison du fleuve Rhône.

** Jacques Bethemont, Université Jean-Monnet (Saint-Étienne) – Jean-Paul Bravard, Université Lumière Lyon II – Institut Universitaire de France – Yvan Caillot, DIREN Rhône-Alpes – Éric Doutriaux, CNR – Janine Gibert, Université Lyon I-CNRS – Claude Lascombe – Jean-Michel Olivier, Université Lyon I-CNRS, Yves Picoche, DIREN Rhône-Alpes – André Vincent, Maison du fleuve Rhône.

Ils ont identifié et sollicité les rédacteurs, apporté leur appui au quotidien pour la relecture des textes et le choix des illustrations. Ils se sont également appuyés sur des co-responsables de chapitres :

Paul Allard, Dynamique Écologique et Sociale en Milieu Deltaïque (DESMID, Arles) – Laurent Cadilhac, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse – Thomas Changeux, IRD – Bernard Chastan, Cemagref Lyon – Hélène Froget-Guilloy, Région Rhône-Alpes – Didier Graillot, École des Mines de Saint-Étienne – Stéphane Marche, Parc naturel régional de Camargue – Yves Perrodin, ENTPE (Vaulx-en-Verdin) – Bernard Picon, DESMID (Arles) – Claude Putavy, DIREN Rhône-Alpes – Olivier Radakovitch, Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE, Aix-en-Provence) – Nicolas Roset, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (Lyon).

Nous adressons nos remerciements à tous les rédacteurs, cités dans la table des matières des questions de l'ouvrage, qui ont accepté de se prêter au jeu des 100 questions sur le Rhône et de consacrer une part de leur temps à leur écriture. Leur patience au fur et à mesure des versions a permis de réaliser cet ouvrage présentant les multiples facettes du fleuve.

De même, l'illustration a pu s'accomplir grâce à la mobilisation de nombreuses bibliothèques professionnelles et privées. Sollicitées parfois à maintes reprises, nous les remercions pour leur aide.

Enfin, la réalisation de ce livre a été possible grâce au soutien de l'État (DIREN Rhône-Alpes – Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée), de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, du CNRS, de la CNR, d'EDF, de la Région Languedoc-Roussillon, de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Région Rhône-Alpes.

Le réseau hydrographique du bassin du Rhône



Surface du bassin versant : 96 500 km²

Longueur totale : 765 km

Débit à Genève : 250 m³/s

Débit à l'embouchure : 1700 m³/s

Le 48^e fleuve du monde par son débit

Crue centennale à Beaucaire : 11300 m³/s

Étiage : 580 m³/s

Puissance hydroélectrique installée sur le Rhône :
3100 MW

Productivité hydroélectrique annuelle moyenne
sur le Rhône : 16400 GWh/an

Puissance nucléaire thermique installée :
14800 MW

Énergie nucléaire et thermique moyenne :
89200 GWh

Trafic fluvial : 5,4 M tonnes





Préambule

Jean-Paul BRAVARD
Président de la ZABR

Voici un nouvel ouvrage sur le Rhône. Il est né du besoin d'une meilleure information sur le grand fleuve, ressenti à l'occasion des Comités Territoriaux de Concertation et des États Généraux du Rhône réunis en 2005 et 2006 dans la phase préparatoire du Plan Rhône.

Lors de ces rassemblements, entre interrogations légitimes et affirmations parfois mal fondées, les riverains du Rhône se sont montrés avides de connaissances à partager, ont souvent exprimé ce déficit de savoir qui handicape dans l'échange collectif et subordonne la prise de parole à la compétence du technicien et du spécialiste.

Cet ouvrage, soutenu par les instances qui ont la charge de la gestion du fleuve, vise donc à combler une lacune. Ce n'est pas un nouveau livre d'images sur le Rhône, ni a fortiori une évocation poétique du «fleuve-dieu», mais un livre technique de bonne vulgarisation, qui s'adresse au citoyen, aux élus, aux maîtres ainsi qu'à la jeune génération qui veut comprendre le fleuve dont elle a hérité.

Volontairement organisé en questions, ce livre s'efforce de répondre dans une langue claire, et au besoin de manière technique, aux interrogations des riverains ; les questions de cet ouvrage ont en effet été conjointement formulées par les scientifiques, les techniciens et les riverains, dans l'espoir de ne rien oublier d'important et dans le souci de la plus grande objectivité. Il ne s'agit pas d'une encyclopédie du Rhône, les questions ayant été volontairement limitées aux aspects actuels de la vie et de la gestion du fleuve ; les seules concessions faites au passé sont la recherche d'explications à la situation actuelle.

Les questions sont organisées en chapitres homogènes qui traitent du fonctionnement naturel du fleuve, de ses aménagements, de sa gestion, de l'économie qu'il sous-tend, du risque d'inondation, comme des aspects variés de son écologie et de son patrimoine.



Tout ouvrage est daté et celui-ci ne fera pas exception à la règle. Il a été écrit dans une période de transition qui suit de 20 ans celle de la fin de l'aménagement hydroélectrique par la compagnie nationale du Rhône, d'une quinzaine d'années celle du « retour » des crues et des inondations « dommageables » ; d'une quinzaine d'années également celle de la prise en compte de la dimension environnementale dans la gestion des eaux en général et du Rhône en particulier.

La première décennie du XXI^e siècle est aussi celle des interrogations, souvent inquiètes, au sujet des possibles effets du réchauffement climatique (lui-même encore hypothétique) ; celle d'une forte instabilité de la gestion énergétique dans un contexte qui fait craindre la pénurie et influence déjà la place de l'énergie hydroélectrique dans la satisfaction des besoins, enfin celle de la découverte de nouveaux types de pollution.

C'est dire que ce livre n'est qu'un état des lieux, un simple jalon dans la connaissance du Rhône, un fleuve qui n'est pas figé et qui continuera d'évoluer entre crues, choix de gestion économique et décisions politiques. Nous souhaitons que ce « Rhône » permette aux riverains du fleuve de mieux comprendre pour mieux participer, pour mieux contribuer à façonner le Rhône du futur. Il devrait donner des aliments à la réflexion et permettre de poser en retour de nouvelles questions par exemple :

- La forte demande énergétique, si elle se confirmait jusqu'à atteindre le stade de la crise, ne conduirait-elle pas à considérer avec plus de faveur encore une énergie réputée renouvelable ? N'influencerait-elle pas la conception environnementale de la réhabilitation qui est très récente à l'échelle de l'histoire du Rhône ?
- La protection contre les inondations se fera-t-elle à périmètre fluvial constant dans le futur ? Ne faudra-t-il pas élargir le fleuve, au moins les « Vieux Rhône » trop rétrécis pour évacuer les crues, quitte à affecter les paysages et l'écologie ?
- Quelle protection choisira-t-on ? Celle des espèces, protégées dans d'étroits sanctuaires ou celle de la dynamique du milieu régénéré par les crues ?

Les gestionnaires du fleuve



À qui appartient le Rhône ?

Le Rhône prend sa source en Suisse dans le massif du Saint-Gothard au glacier de la Furka, et se jette en Mer Méditerranée après un parcours de 810 kilomètres. La limite franco-suisse pour le Rhône se trouve au niveau des communes de Chancy (Suisse) et Pougny (France).

En Suisse ?

En amont du lac Léman, le Rhône est la propriété de l'Office Fédéral de l'Environnement.

En aval du lac Léman, il est propriété du Canton de Genève, et géré par les Services Industriels de Genève.

En France ?

En droit français en matière de propriété du Rhône, il convient de distinguer l'eau du Rhône (le contenu) du lit et des berges (le contenant). La question du statut juridique de l'eau est complexe. Les préoccupations environnementales de préservation des milieux et la prise de conscience de la raréfaction de la ressource de qualité en eau ont en outre conduit à une évolution juridique. La réglementation a ainsi été amenée à utiliser la qualification juridique traditionnelle de « *res nullius* » (« bien sans maître ») et de « *res communis* » (chose commune) avant de consacrer la notion moderne de « patrimoine commun de la nation ».

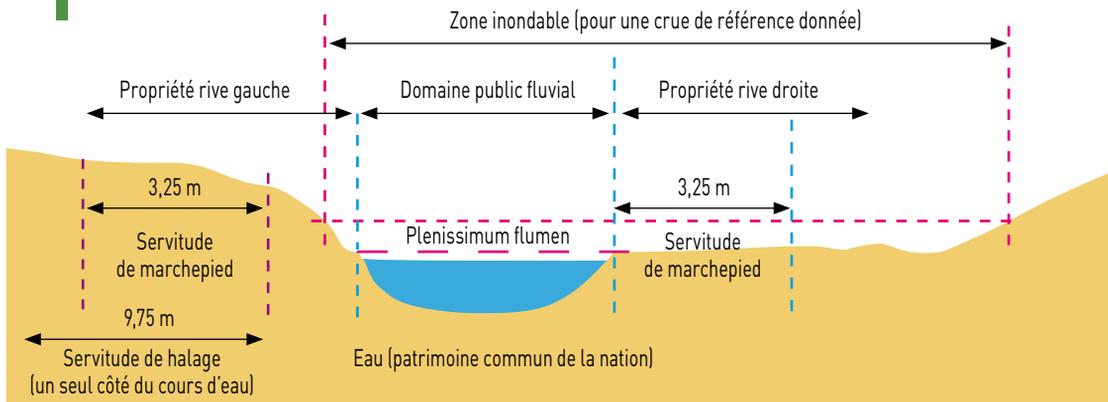


Vue depuis le Grand Colombier, du Rhône et du lac du Bourget (© G. Poussard)

La *res nullius* n'appartient à personne et peut faire l'objet d'une appropriation privative par chacun. Cette notion est utilisée pour qualifier un contenu, par exemple les espèces se trouvant dans un cours d'eau. La *res communis* appartient à tous et peut être utilisée par chacun sans pouvoir faire l'objet d'une appropriation. Cette notion qualifie un volume qui existe dans une quantité telle qu'il n'y a pas d'utilité d'en acquérir un droit privatif. Ces notions juridiques traditionnelles ont trouvé leurs limites face à la complexité de l'écosystème et à la fragilité du milieu.

Dès lors que le prélèvement excessif des *res nullius* empêche le renouvellement des espèces, que la *res communis* devient une ressource épuisable ne permettant plus l'usage illimité de tous, et que l'interdépendance entre le milieu et les espèces qui y vivent est reconnue comme structurante, il est nécessaire d'assurer une protection particulière de l'eau. C'est le sens de l'article premier de la Loi sur l'eau du 12 janvier 1992, repris dans la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006, qui dispose que « l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général. L'usage de l'eau appartient à tous dans le cadre des lois et règlements ainsi que des droits antérieurement établis. »

Délimitation du domaine public fluvial en secteur naturel



L'eau est ainsi une ressource utilisable par tous (*res communis*), mais sa protection est d'intérêt général car constituant le patrimoine commun de la nation. L'utilisation commune de la ressource doit donc respecter les équilibres écologiques assurant sa pérennité.

Le lit du Rhône et ses berges appartiennent à l'État français et font partie de son Domaine Public Fluvial (DPF). Compte tenu des enjeux que représente le Rhône au plan national pour le transport fluvial, la production d'hydro-électricité et la sûreté nucléaire, il est exclu de la liste des cours d'eau «décentralisables» (i.e. pouvant être confiés aux collectivités territoriales ou leurs groupements).

En dehors du lit du Rhône, le DPF comprend une partie «naturelle», et des secteurs aménagés.

Dans les secteurs naturels, la délimitation entre le DPF propriété de l'État et celle des propriétaires riverains correspond à la limite des plus hautes eaux avant débordement : elle n'est donc pas matérialisée par des bornes, mais définie par ce principe dit du *plenissimum flumen* (i.e. «fleuve coulant à plein bord avant de déborder»), et peut évoluer en fonction de l'érosion ou de l'engraissement des berges, dont l'entretien est à la charge des propriétaires riverains. Il faut donc bien distinguer le DPF des zones inondables, qui sont par nature plus vastes que le DPF.

Dans les autres secteurs, cette délimitation, définie par des titres de propriété de l'État et des propriétaires riverains est en général matérialisée par des bornages sur le terrain. Il s'agit par exemple des ouvrages industriels et de navigation, des zones industrielles et portuaires, des ports publics...

Ajoutons enfin l'existence de servitudes de halage (9,75 mètres par rapport à la crête de berge) et/ou de marche-pied (de 3,25 mètres par rapport à la crête de berge), qui interdisent par exemple aux propriétaires riverains de clôturer leur terrain au bord du cours d'eau puisque le passage doit y être libre.



Le Rhône à Avignon (© Photothèque CNR).

Ce qu'il faut retenir

Pour expliciter les notions de propriété du Rhône français, il faut distinguer :

- l'eau, qui selon le Code de l'Environnement, «fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général» ;
- le lit du Rhône et ses berges, qui appartiennent au Domaine Public Fluvial de l'État.

Qui gère le Rhône et ses aménagements sur le terrain ?

Si l'État est bien le propriétaire du Domaine Public Fluvial du Rhône, il faut préciser qui, concrètement, en assure la gestion quotidienne et permanente.

En quoi consiste la gestion quotidienne du Rhône ?

Elle consiste à :

- assurer l'entretien du domaine lorsque et là où cela est nécessaire ;
- assurer la surveillance, la maintenance et l'exploitation des ouvrages hydroélectriques et de navigation là où ils existent, dans le respect des cahiers des charges approuvés par décret en Conseil d'État ;
- être l'interlocuteur de terrain vis-à-vis de tous les porteurs de projet touchant au domaine concerné (personnes sollicitant des occupations temporaires du domaine, porteurs de projets d'infrastructures ou d'aménagement publics ou privés, porteurs d'activités nautiques temporaires ou permanentes...).

La gestion doit être très clairement distinguée des notions de « police » (voir question 01-03 « Quels sont les principaux usages et qui fait la police ? ») : de manière simplifiée la gestion est effectuée dans le cadre des mesures réglementaires et de police définies par l'État.



Entretien du barrage de Génissiat (© Photothèque CNR).

Quels sont les gestionnaires du fleuve ?

De manière générale en France, l'État a confié par décret du 20 août 1991 son domaine public fluvial navigable à Voies navigables de France (VNF). VNF est un établissement public national à caractère industriel et commercial, sous tutelle du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du territoire : il assure la gestion, l'exploitation et le développement de ce réseau de voies navigables pour le compte de l'État.

Pour le Rhône cependant, les compétences de VNF sont exercées sous réserve des missions données par ailleurs par l'État à Électricité de France (EDF), et surtout à la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), et qui font de cette dernière le principal gestionnaire et l'acteur majeur du Rhône. En effet, en application de la loi du 27 mai 1921 portant aménagement du Rhône de la frontière suisse à la mer et par la convention de concession générale du 20 décembre 1933, l'État a concédé l'aménagement du Rhône à la Compagnie Nationale du Rhône du triple point de vue de l'utilisation de la puissance hydraulique, de la navigation, de l'irrigation et des autres emplois agricoles. Le terme de la



Port de l'Épervière à Valence.



(© Territoire Rhône)

concession est le 31 décembre 2023. Après la création de la CNR en 1933, le programme d'aménagement du Rhône a débuté en 1934 par le port de Lyon Édouard-Herriot, s'est poursuivi par la construction de 19 centrales hydroélectriques, 19 barrages, 14 écluses à grand gabarit, et l'équipement d'une trentaine de sites industriels et portuaires, de ports de plaisance, haltes nautiques et zones de loisirs.

L'historique et les modalités de réalisation du programme d'aménagement sont abordés dans la question 03-03 «À quoi servent les aménagements construits par la CNR?».

La CNR est une Société Anonyme d'intérêt général à capitaux majoritairement publics, et est aujourd'hui le 2^e producteur français d'électricité avec une production annuelle d'environ 15 TWh représentant environ un quart de la production hydro-électrique nationale. Les trois missions historiques de la CNR (électricité, navigation, irrigation) ont été constamment réaffirmées depuis sa création.



le barrage de Vaugris (© Photothèque CNR)

Le contrôle de la concession est exercé conjointement par le Service Navigation Rhône-Saône et les Directions Régionales de l'Industrie, la Recherche et l'Environnement (Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon).

Quels tronçons les gestionnaires ont-ils en charge ?

De l'amont vers l'aval depuis l'entrée en France du Rhône, les gestionnaires sont :

- De la frontière suisse jusqu'à l'aval de la restitution de la dérivation de Sault-Brenaz : la CNR au titre de sa concession globale.
- De l'aval de la restitution de la dérivation de Sault-Brenaz jusqu'à la confluence avec l'Ain : VNF
- De la confluence avec l'Ain jusqu'à la confluence entre le canal de Jonage et le canal de Miribel : EDF au titre de la concession de Cusset (terme fixé au 31 décembre 2041), et à ce jour VNF pour le canal de Miribel (qui devrait être intégré à la concession EDF de Cusset).
- De la traversée de Lyon à la confluence entre le Rhône et la Saône : la CNR pour le lit du Rhône, VNF pour les berges.
- De la confluence entre le Rhône et la Saône jusqu'à la diffluence du Petit Rhône et du Grand Rhône à Arles/ Fourques : la CNR au titre de sa concession globale.



Berge de la retenue de Péage-de-Roussillon à Saint-Pierre de Bœuf (© Territoire Rhône).

- Pour le Grand Rhône entre Arles et Port-Saint-Louis du Rhône : la CNR n'y a pas d'aménagement hydroélectrique, et sa gestion se limite dans ce secteur à l'exploitation, l'entretien et l'amélioration éventuelle de la voie navigable, y compris l'écluse de Barcarin.
- Pour le Petit Rhône entre Fourques et la mer : VNF.

Ces gestionnaires, au premier rang desquels la CNR, ont en charge le seul domaine public fluvial (voir question 01-01. « À qui appartient le Rhône ? »). Dans les secteurs « naturels » ou non aménagés, ce domaine public fluvial ne comprend pas les digues qui appartiennent à des collectivités, et sont gérées par des syndicats mixtes ou associations syndicales. À titre d'exemple les digues du Petit et du Grand Rhône sont gérées par le SYMADREM (Syndicat Mixte interrégional d'Aménagement des Dignes du delta du Rhône Et de la Mer, qui regroupe les Conseils Régionaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur et de Languedoc-Roussillon, et les Conseils Généraux des Bouches-du-Rhône et du Gard).

On le voit, chaque tronçon de fleuve a bien un gestionnaire unique, même si la complexité de l'histoire et la diversité des contextes des territoires rhodaniens traversés par le fleuve ont conduit à la co-existence de plusieurs gestionnaires le long du fleuve selon les différents tronçons.

Quels partenariats pour la gestion ?

La gestion de ce domaine public fluvial et notamment de la concession CNR est assurée en partenariat étroit avec certains acteurs du territoire qui y exercent des activités. À titre d'exemple on peut citer :

- Les ports de commerce (Vienne, Valence, Arles...) et de plaisance (Valence l'Épervière, Roches-de-Condrieu) sont gérés par les Chambres de Commerce et d'Industrie à qui la CNR a sous-concédé cette gestion avec l'accord des services de l'Etat chargés du contrôle de la concession.
- Les zones de loisirs ou haltes nautiques (Condrieu, base de loisirs de la Vallée Bleue, Massignieu-de-Rive) sont principalement gérées par les communes, communautés de communes ou syndicats à qui la CNR a délivré des titres d'occupation autorisant la réalisation et la gestion de ces équipements.
- Les véloroutes, qui viennent « superposer » un usage cycliste au domaine public fluvial, font l'objet d'une « convention de superposition de gestion » au bénéfice des collectivités qui ont souhaité aménager et entretenir ces véloroutes (conseils généraux, communautés de communes).

En outre, les 29 sites industriels et portuaires gérés par la CNR depuis Lyon jusqu'à Beaucaire, dont la surface cumulée représente environ 1000 hectares, sont loués à des entreprises ou activités qui sont alors gestionnaires des terrains qu'ils occupent, au même titre qu'un « locataire » classique.

Ce qu'il faut retenir

Au titre de la concession générale et des missions que l'État lui a confiées, la CNR est le principal gestionnaire du Rhône en France, quelques secteurs limités étant confiés à VNF (de l'aval de la restitution de la dérivation de Sault-Brenaz à l'aval du pont de Jons, canal de Miribel, Petit Rhône de Fourques à la mer) et EDF (concession de Cusset).

Certaines parties du domaine concédé à la CNR font en outre l'objet d'une gestion pratique au plus près du terrain, confiée aux Chambres de Commerce et d'Industrie pour les ports de commerce et de plaisance, ou aux communes et communautés de communes pour les bases de loisirs.

Quels sont les principaux usages et qui fait la police ?

Les usages liés au fleuve Rhône sont extrêmement riches et variés. Ils sont une forme d'appropriation du Rhône par ses usagers réguliers ou non.

Par exemple et sans ordre particulier, on peut citer :

- la promenade à pied, la promenade à vélo là où elle est autorisée (véloroute) ;
- la pêche « amateur », ainsi que la chasse au gibier d'eau ;
- la pêche professionnelle ;
- la navigation pour le transport fluvial, fortement liée aux ports de commerce ;
- la navigation de plaisance (en paquebot de croisière, en bateau de plaisance individuel), naturellement liée aux ports de plaisance ainsi qu'aux principales villes visitées par les croisiéristes ;
- les autres usages récréatifs : baignade, joutes, sports nautiques motorisés... ;
- la production d'électricité ;
- les rejets (assainissement urbain, agricole et industriel) et prises d'eau (en nappe ou en surface), notamment pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation agricole, le refroidissement des centrales nucléaires ou thermiques... ;
- les occupations du domaine public fluvial (bateau logement, bateau activité, location de terrains aux entreprises...).

Il faut également souligner que la qualité écologique de l'eau et des milieux aquatiques est un enjeu « transversal » et fondamental pour tous ces usages.

Les services de l'État, les élus et le gestionnaire majeur qu'est la CNR doivent s'efforcer d'avoir la vision et la connaissance de l'ensemble de ces usages afin d'en vérifier la compatibilité (tout particulièrement en matière de sécurité) et assurer la meilleure co-existence possible.



Une péniche auto-motrice sur le Rhône (©MDFR)



La rivière artificielle de Saint-Pierre de Bœuf (© GRAIE)

Pour assurer la sécurité, la préservation de l'eau et des milieux aquatiques, et l'intégrité du domaine public fluvial, la majorité de ces usages est soumise à des réglementations et polices particulières, sous l'autorité des préfets de département. Au-delà de ces réglementations «sectorielles», le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), (voir question 01-04 «Quelle coordination sur le Rhône français ?») constitue la clé de voûte assurant la cohérence d'ensemble.

Comment s'exerce la police de la conservation du domaine ?

Il s'agit de maintenir l'intégrité du domaine public fluvial, c'est-à-dire éviter ses dégradations, et en pratique le plus souvent mettre fin aux occupations non autorisées : des bateaux stationnés sans autorisation, des épaves, le non-respect des servitudes de halage ou de marchepied, ou encore des prises ou rejets d'eau sauvages.

Le gestionnaire, en général la CNR, intervient formellement auprès du propriétaire ou responsable de l'occupation illicite. S'il n'obtient pas la libération des lieux, il demande à VNF (qui assure la police de la conservation du domaine) de lancer une procédure contentieuse afin d'obtenir une décision de justice condamnant le responsable à libérer les lieux (avec amende et astreinte éventuelle) et si nécessaire l'intervention de la force publique pour cela.

Comment s'exerce la police de la navigation ?

La police de la navigation vise à maintenir la sécurité de la navigation sur le Rhône conformément au Règlement Général de Police, au Règlement Particulier de Police du Rhône, et aux arrêtés préfectoraux spécifiques.

Il s'agit de contrôler par exemple que les bateaux ont bien leur «permis de navigation» (carte grise), que les pilotes ont bien leur «certificat de capacité» (permis de conduire), que les consignes réglementaires sont bien appliquées, notamment dans le cas du transport de matières dangereuses, que la signalisation fluviale est bien respectée (navigation dans le chenal balisé, passage dans le bon sens sous les ponts).

Il s'agit également de veiller à la mise en cohérence de la navigation avec d'autres usages permanents et ponctuels à réglementer. Par exemple : restrictions de navigation lors de feux d'artifice organisés par des municipalités, conditions particulières de navigation à définir lors de travaux sur un pont, identification des zones et conditions de pratique du «jet-ski» ou du ski nautique.



Activités nautiques dans le parc de Miribel Jonage (©MDFR)

Il s'agit enfin de veiller au bon usage des chemins de halage : seul l'accès à pied est autorisé sur ces chemins (sauf pour les besoins de la navigation, des forces de l'ordre, des secours). Les circulations motorisées, cyclistes et équestres sont interdites, sauf dans les secteurs qui font l'objet d'une ouverture au public par une collectivité locale qui en assume alors la gestion : c'est souvent le cas des véloroutes ou voies sur berges dans les traversées d'agglomérations.

Sous l'autorité du préfet de département, ces missions de police de la navigation sont assurées par le Service Navigation Rhône-Saône ainsi que de manière générale par les forces de l'ordre. Parmi celles-ci on peut citer la Brigade Fluviale de Lyon (police nationale), la brigade fluviale et côtière de Martigues/Fos, et les brigades fluviales de gendarmerie de Villefranche-sur-Saône et Valence.

Comment s'exerce la police de l'eau ?

La police de l'eau consiste à surveiller la qualité des eaux et réglementer les Installations, Ouvrages, Travaux et Activités ayant un impact sur le fleuve et son lit majeur (pour simplifier l'ensemble des zones inondables autour du fleuve). Elle est basée sur un régime d'autorisations et de déclarations en fonction de l'importance des impacts éventuels du projet considéré. Elle va donc naturellement bien au-delà du domaine public fluvial.

En matière de quantité et de qualité de l'eau, tous les prélèvements d'eau sont soumis à cette réglementation, ainsi que les rejets (d'origine industrielle, stations d'épuration...). Autre exemple, les travaux ou remblais en zone inondable (carrières, digues...) sont soumis à la police de l'eau, avec pour principe de ne pas aggraver les conséquences des crues en amont ni en aval du projet. Les projets éventuels doivent donc faire l'objet, selon les cas, d'études d'incidence ou d'études d'impact détaillées.

Les enjeux de préservation des milieux aquatiques et des populations piscicoles sont également intégrés dans la police de l'eau, des contrôles étant spécifiquement menés sur ce thème par les gardes de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques.

La police de l'eau est assurée sur l'axe du Rhône par le Service Navigation Rhône-Saône (SNRS) sous l'autorité des préfets de département.

Comment s'exerce la gestion de la pêche et de la chasse au gibier d'eau sur le domaine public fluvial ?

La gestion de la pêche sur le Rhône consiste à réaliser l'allotissement (découpage du cours d'eau en tronçons pour la gestion des droits de pêche), à définir l'attribution de la location de ces lots, et à gérer les réserves de pêche. Cette mission est assurée par le Service Navigation Rhône Saône (SNRS) ou les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) selon les départements.

Les DDAF sont en outre chargées de proposer aux préfets de départements les arrêtés réglementaires relatifs à l'exercice de la pêche en eau douce. Ces arrêtés départementaux peuvent préciser les temps et mesures d'interdiction, les tailles minimum des poissons, le nombre de captures, les procédés et modes de pêche autorisés ainsi que les dates d'ouverture et de fermeture de la pêche. La gestion de la chasse au gibier d'eau obéit aux mêmes principes que la pêche, et est assurée par les DDAF.

Quel est le rôle des maires ?

L'ensemble des polices spéciales présentées ci-dessus ne font pas obstacle à l'exercice du pouvoir de police général du maire en matière de tranquillité, sécurité et salubrité publique. Le maire reste en effet compétent pour exercer la police générale, concurremment avec les autorités de police spéciale (domaine, navigation, eau, pêche...) lorsque sont commises des infractions sur l'ensemble du territoire communal, dont fait partie le lit du Rhône.

... et celui du Préfet et des forces de l'ordre ?

Le préfet peut également intervenir dans le cadre de son pouvoir de police général et particulièrement lorsque le champ d'application des mesures à prendre dépasse le territoire d'une commune, ou lors de la mise en oeuvre des secours dans des cas particuliers (pollutions par produits toxiques, déclenchement des plans ORSEC...).

Les forces de l'ordre (police, gendarmerie) ont quant à elles une compétence générale de constatation et de répression des infractions pénales.



La véloroute (© Othenin-Girard-Godinat).

Ce qu'il faut retenir

Les usages liés au Rhône sont extrêmement riches et variés, allant de la promenade dominicale à la pêche amateur ou professionnelle, de la production d'hydroélectricité au refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires, de la navigation de commerce aux joutes et baignades.

Au-delà des pouvoirs de police généraux du maire et du Préfet, la plupart de ces usages sont réglementés à un ou plusieurs titres.

Les principales polices exercées sur le Rhône sont les suivantes : police de la conservation du domaine (VNF), police de la navigation (SNRS), police de l'eau (SNRS), gestion de la pêche et de la chasse au gibier d'eau (SNRS ou DDAF).

Quelle coordination sur le Rhône français ?

En France, le Rhône traverse trois régions et onze départements dont il est bien souvent l'une des limites administratives ; propriété de l'État, il fait intervenir plusieurs gestionnaires, dont principalement la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) ; il est le support d'usages multiples de l'eau et de l'espace. Au-delà des actions de réglementation et de police, il est nécessaire d'assurer une cohérence et une coordination de ces différents enjeux à une échelle appropriée.

Cette cohérence est assurée au niveau du bassin hydrographique Rhône-Méditerranée à travers le document de planification qu'est le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

Le Contrat de projets interrégional Plan Rhône 2007-2013 a été signé le 21 mars 2007 par l'État et ses établissements publics, le Comité de Bassin, les cinq conseils régionaux riverains du Rhône et de la Saône, et la CNR, confirmant l'engagement de tous à la construction de ce projet de long terme pour le fleuve et ses territoires.

Le Préfet coordonnateur de bassin

Le Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée est le préfet de la Région Rhône-Alpes, région siège du Comité de Bassin Rhône-Méditerranée.

Le Préfet coordonnateur de bassin :

- anime et coordonne l'action des préfets des départements et des régions du bassin ;
- assure la programmation des crédits qui lui sont délégués pour le bassin ;
- négocie et conclut au nom de l'État les conventions avec les établissements publics et les collectivités territoriales ;
- assure le rôle de chef de délégation dans les commissions internationales de fleuves transfrontaliers.

Le Préfet coordonnateur de bassin est l'autorité administrative compétente pour le bassin au sens de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Loi sur les milieux aquatiques du 30 décembre 2006.



Le canal à Péage-de-Roussillon (© G. Poussard).

Le Comité de Bassin

Le Comité de Bassin est le lieu de débat et de définition des grands axes de la politique de gestion de la ressource en eau et de protection des milieux aquatiques à l'échelle du bassin, dans le cadre de la politique nationale. Véritable « parlement de l'eau », il regroupe des représentants des élus, de l'État et des usagers.

Qu'est-ce que le SDAGE ?

Le SDAGE définit les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et les dispositions nécessaires pour y parvenir. Il est établi par le Comité de bassin et approuvé par le préfet coordonnateur de bassin. Le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée, approuvé fin 1996, est actuellement en cours de révision pour intégrer les éléments de la « Directive Cadre sur l'Eau » du 23 octobre 2000. Cette révision vise à atteindre l'objectif de bon état écologique des eaux à l'horizon 2015, et s'élabore dans une démarche collective de co-construction entre les différents acteurs de l'eau du bassin.

Le SDAGE révisé définira les orientations fondamentales pour répondre aux enjeux principaux du bassin dans le domaine et les politiques de l'eau : les principaux piliers en sont :

- la lutte contre les pollutions par les toxiques et par les pesticides,
- la préservation de la qualité des eaux potables,
- la lutte contre les inondations en prenant en compte le fonctionnement naturel des cours d'eau,
- la préservation et le développement des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques (connexions hydrauliques entre le fleuve et ses annexes, migration des poissons...).



Le Rhône à Léaz, dans la retenue de Génissiat
(© G. Poussard).

Qu'est-ce que le Plan Rhône ?

Compte tenu des enjeux particulièrement importants liés au fleuve, le Premier Ministre a confié au préfet coordonnateur de bassin l'élaboration, en partenariat avec les collectivités, d'un plan Rhône conçu comme un projet global de développement durable, plan qui a été approuvé par le Comité interministériel à l'Aménagement du Territoire en mars 2006.

Les crues majeures survenues en 2002 et 2003 ont catalysé les volontés des acteurs de ce territoire pour construire un projet global de gestion afin d'aller plus loin que les programmes d'action spécifiques antérieurs (restauration écologique, confortement de digues...) : si la définition d'une stratégie de prévention des inondations a été l'objectif initial, l'extension à d'autres thématiques s'est rapidement justifiée.

Le plan Rhône comporte une triple ambition :

- concilier la prévention des inondations et les pressions du développement en zone inondable ;
- respecter et améliorer le cadre de vie des habitants ;
- assurer le développement économique à long terme de ce territoire stratégique.

Il est organisé autour de six volets thématiques : patrimoine et culture ; prévention des risques liés aux inondations ; qualité des eaux, ressource et biodiversité ; énergie ; transport fluvial et tourisme.

Ce qu'il faut retenir

Le Rhône est doté de deux outils stratégiques :

- un SDAGE qui organise la cohérence de la gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques à l'échelle du bassin hydrographique Rhône-Méditerranée ;
- un plan spécifique, dénommé « Plan Rhône », conçu comme un projet global de développement durable avec l'ensemble des partenaires.

Quelle coordination avec la Suisse pour la gestion du Rhône ?

La gestion du Léman et des aménagements hydroélectriques a donné lieu à des accords internationaux qui portent sur la gestion quantitative des eaux, sur la gestion des sédiments et de la pollution.

Comment sont gérés les volumes d'eau ?

À l'amont de Genève, le Rhône traverse le lac Léman, dont les rives sont partagées entre la Suisse et la France. Le lac reçoit l'eau du Rhône valaisan et d'autres cours d'eau suisses et français. Le débit sortant du lac Léman par le Rhône est réglé par le déversoir-usine du Seujet situé à Genève.

Les débits et volumes sortant du lac Léman, lac international, sont gérés par les services et autorités suisses en application de deux conventions :

- une convention suisse inter-cantonale, dont la France n'est pas signataire, qui définit le réglage de la cote du plan d'eau du Léman, et qui fixe le débit minimum sortant du lac (100 m³/s du 1^{er} mai au 30 septembre, 50 m³/s du 1^{er} octobre au 30 avril), avec une forte modulation journalière et hebdomadaire ;
- la convention internationale dite « d'Emosson » du 23 août 1963, qui prévoit que le débit provenant du bassin versant français de l'Arve et qui a été détourné lors de l'aménagement suisse d'Emosson vers le lac Léman doit être restitué par la Suisse à la France à concurrence d'un volume annuel de 87 millions de m³.

Stockées dans le lac Léman, ces « eaux d'Emosson » disponi-

bles pour la France sont fournies par le Seujet pour maintenir la navigation et surtout le refroidissement normal des centrales nucléaires françaises lors des étiages sévères.

En aval du Seujet, le Haut Rhône est alimenté par des affluents dont l'Arve, cours d'eau majoritairement français, qui rejoint le Rhône à Genève 10 km en aval du lac Léman. À 20 km en aval du Seujet se trouve le barrage suisse de Verbois, puis, dans la zone où le Rhône sert de frontière, le barrage de Chancy-Pougny.



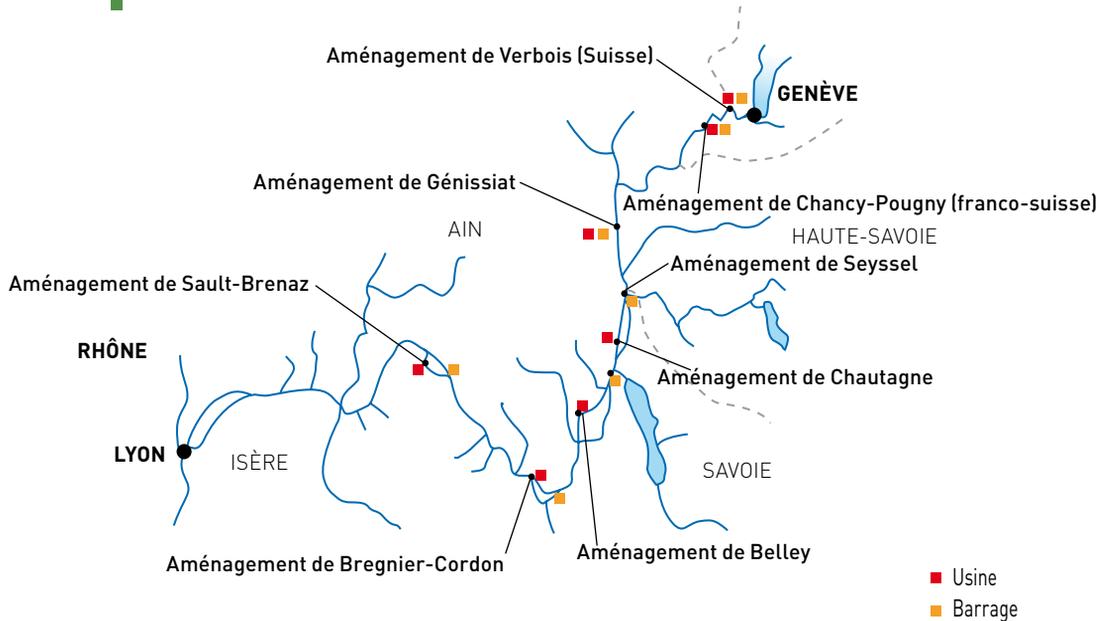
Le barrage usine du Seujet (© SIG, R. Multari).

Comment est coordonnée la gestion des sédiments qui transitent par les barrages suisses et français ?

L'Arve rencontre le Rhône entre le déversoir du Seujet et le barrage de Verbois. Ce torrent est chargé de matières en suspension (MES) qui se déposent dans les retenues de Verbois et de Chancy-Pougny à raison de 500 000 tonnes par an environ. Pour éviter l'envasement des retenues et une remontée dangereuse des lignes d'eau de crue dans la retenue de Verbois qui pourraient menacer les bas-quartiers de Genève, les Suisses réalisent tous les trois ans, une « chasse » des deux retenues.

Celle-ci consiste à abaisser pendant trente-six heures les deux retenues pour entraîner le maximum des matières en suspension vers l'aval, dans un premier temps vers la retenue du barrage de Génissiat.

Chutes franco-suissees du Haut Rhône



Chutes franco-suissees du Haut Rhône (© Photothèque CNR).

Pour limiter les dépôts tout en maintenant les taux de MES à des valeurs acceptables pour l'environnement, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) réalise pendant la chasse suisse des mesures d'accompagnement, qui consistent à vider partiellement, pendant sept jours, les retenues du Haut Rhône, afin de faire transiter les MES le plus loin possible en aval. Les dernières chasses franco-suissees ont eu lieu aux printemps 2000 et 2003.

Toutefois, à titre expérimental, les autorités suissees ont choisi depuis 2006 de ne pas réaliser de chasses, et de laisser s'établir un profil d'équilibre des vases dans les retenues de Verbois et de Chancy-Pougny, tout en prévoyant :

- une gestion différente de ces barrages en améliorant le passage des vases dans les vannes lors des crues de l'Arve ;
- une réduction des matières en suspension issues de l'Arve par un détournement local de son cours.

Si ce mode de gestion conduit à un envasement progressif de Génissiat, il y aura lieu d'envisager éventuellement des opérations de chasses spécifiques.

Comment est assurée la surveillance de la qualité des eaux du Léman ?

Créée en 1962 par convention entre la France et la Suisse, la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) assure la surveillance de la qualité des eaux du Léman et de son bassin d'alimentation. Sur la base des résultats obtenus, la CIPEL émet chaque année des recommandations afin d'inciter les gouvernements français et suisse à prendre des mesures pour remédier aux sources de dégradation éventuelle de l'état des eaux.

Bien que la Suisse ne soit pas dans l'Union Européenne, la CIPEL sert de plate-forme d'examen technique permettant une mise en commun des objectifs et mesures que la France va se fixer sur le territoire français de la CIPEL pour atteindre le bon état des eaux à l'horizon 2015 en application de la Directive Cadre sur l'Eau.

Ce qu'il faut retenir

Il n'existe pas d'accord international global pour la gestion quantitative des eaux du Léman. Le volume d'eau transitant par le lac fait l'objet de la convention internationale d'Emosson.

La gestion des sédiments est coordonnée entre les deux pays pour éviter des envasements des retenues et réduire les risques d'inondation des quartiers bas de Genève.

La surveillance de la qualité des eaux du lac Léman, lac international, est assurée par la CIPEL.

Le fonctionnement du fleuve



D'où vient l'eau du Rhône ?

Le Rhône fait partie des grands fleuves européens avec une longueur de 810 km et un bassin versant d'une superficie de 96 500 km². Il prend sa source en Suisse, traverse le sud-est de la France avant de se jeter dans la Mer Méditerranée par le delta de la Camargue.

Son bassin versant est remarquable par sa diversité climatique et géologique. Les principales villes arrosées par le fleuve sont, de l'amont vers l'aval, Genève, Lyon, Valence, Avignon et Arles.

La source du Rhône

Le Rhône prend sa source en Suisse, à 1753 m d'altitude, au Glacier de la Furka, dans le massif alpin du Saint-Gothard. Ce glacier valaisan, qui culmine à plus de 3600 m, s'étend sur près de neuf kilomètres de long, a une superficie de 17 km² et un volume de 2,6 milliards de m³. Comme la plupart de ses congénères alpins, le glacier du Rhône a fortement régressé depuis cent cinquante ans, essentiellement en raison de la fonte estivale non compensée par les apports neigeux hivernaux. Son recul est estimé à plus de deux kilomètres depuis 1850.



Source du Rhône, glacier de la Furka (© Photothèque CNR).

les différentes entités du fleuve

Le Rhône peut être divisé en cinq entités hydrographiques aux reliefs et aux climats distincts :

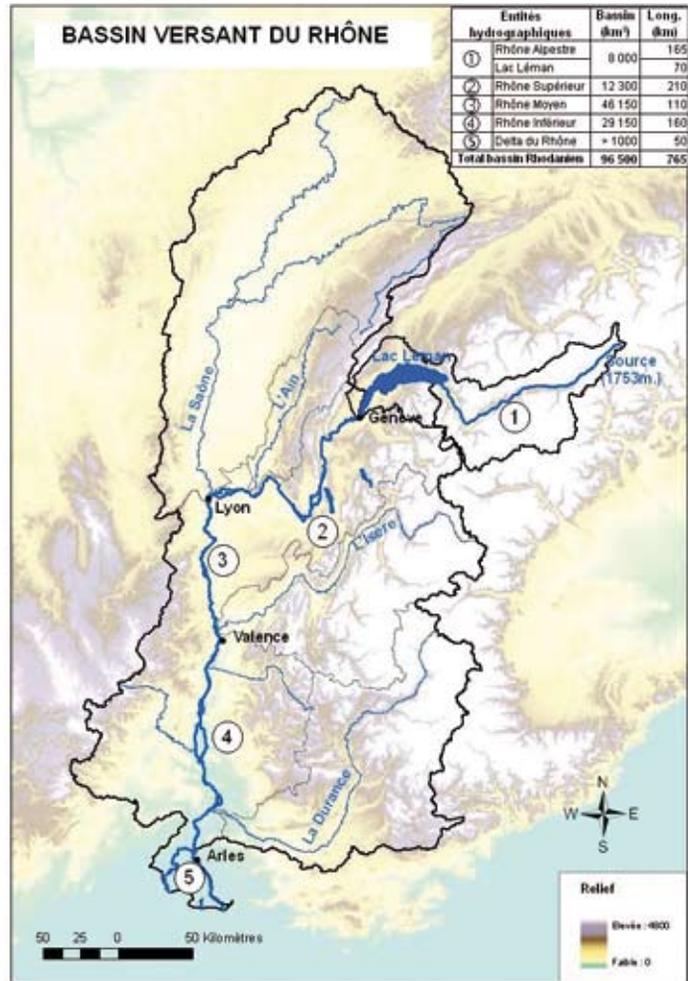
■ **Le Rhône alpestre**, de sa source au Léman, est un torrent qui parcourt 165 km dans une vallée encaissée entre les Alpes Bernoises au Nord et les Alpes Pennines du Valais. Son bassin versant, de 5220 km² à l'entrée du Léman, est remarquable par son relief élevé et accidenté. Plus de la moitié de la surface drainée se situe au-dessus de 2100 m d'altitude. La pente moyenne est forte (0,9% ou 9 m/km). À la sortie du Léman, l'altitude du Rhône est de 370 m et la surface drainée de 8000 km².

■ **Le Haut Rhône français**, du Léman à la Saône, dans un parcours sinueux de 210 km, traverse les massifs du Jura et des Préalpes avant de rejoindre la plaine de l'Ain. Son bassin est de 12300 km² et sa pente moyenne de 0,1% (1 m/km). Sur ce tronçon, le fleuve rencontre une succession de gorges étroites (défilés de Bellegarde et de Yenne), et de plaines aux champs d'inondation étendus (marais de Chautagne et Lavours, plaine de Yenne). Le Lac du Bourget, plus grand lac naturel français, draine un bassin de 560 km² et se déverse dans le Rhône par le canal de Savières. Le cours de cet émissaire s'inverse lors des crues du fleuve de sorte que le lac participe ainsi à leur atténuation.

■ **Le Rhône Moyen**, de la Saône à l'Isère, parcourt 110 km et draine un bassin de 46 150 km². À Lyon, le fleuve se heurte à la barrière rocheuse du Massif Central qui l'oblige à modifier la direction de son cours suivant un axe Nord-Sud qu'il ne va plus quitter jusqu'à la mer. Il longe alors le Massif Central et les Préalpes. Dans ce tronçon, la pente moyenne s'abaisse à 0,05% (0,5 m/km).

■ **Le Rhône Inférieur**, de l'Isère à l'amont du delta, draine un bassin de 29 150 km² soumis au climat méditerranéen. Son cours, long de 160 km, est une suite de défilés et de plaines alluviales qui respecte l'axe d'écoulement rectiligne Nord-Sud imposé par les massifs qui l'encadrent. La pente moyenne est de 0,06% (0,6 m/km).

■ **Le delta** à hauteur d'Arles où le fleuve se sépare en deux bras qui enserrant la plaine de la Camargue. Le petit Rhône, de direction Sud-Ouest, rejoint la Méditerranée 40 km plus loin dans le golfe de Beaucaud. Le Grand Rhône s'oriente au Sud-Est pour déboucher dans la mer près de Fos. Ces deux bras présentent des pentes très faibles de l'ordre de 0,004% (4 cm/km). En Méditerranée, le delta du Rhône est par sa superficie (500 km²) en deuxième position derrière le delta du Nil, 15 fois plus vaste (24 000 km²).



Bassin versant du Rhône (© IGN - Paris 2008. Reproduction interdite - Autorisation n°50-8610, © Photothèque CNR).

Le lac Léman

Le Lac Léman est la plus grande masse d'eau douce d'Europe avec un volume de 89 km³. Il s'étend sur 70 km pour une surface de 582 km². Douze années sont nécessaires pour que les eaux du lac se renouvellent complètement.

Le Léman a deux influences majeures sur le Rhône :

- la décantation des eaux alpestres chargées en sédiments ;
- la modulation des débits par l'amortissement des crues estivales et le soutien des étiages hivernaux.

Quatre affluents majeurs

Quatre affluents français drainent 60% du bassin rhodanien :

■ **L'Ain**, affluent jurassien, est le principal tributaire du Haut Rhône. Il prend sa source à 700 m d'altitude en Franche-Comté, et draine sur 195 km la partie occidentale du Jura méridional. Son bassin montagneux (3 750 km²) est soumis aux pluies océaniques. La pente moyenne du lit est de 0,2%.



Embouchure du Grand Rhône (© Photothèque CNR).

- **La Saône**, longue de 480 km, est la première rivière de France par la superficie de son bassin versant, de près de 30 000 km². Elle draine le revers sud-ouest des Vosges et les plateaux jurassiens, à l'ouest le rebord oriental du Massif Central, enfin la plaine bressane dans sa partie centrale. La pente moyenne du lit est faible (0,02%).
- **L'Isère**, affluent alpestre de la rive gauche, prend sa source à 2 990 m d'altitude et draine sur 11 800 km² les hauts reliefs des Alpes, des Préalpes et du sillon alpin. Elle rejoint le Rhône au Nord de Valence après avoir parcouru 290 km.
- **La Durance** longue de 305 km, affluent préalpin, draine un bassin montagneux de 14 300 km² soumis au climat méditerranéen. La pente moyenne du lit est forte (0,6%).

Les affluents secondaires

Les affluents secondaires du Rhône sont regroupés en quatre familles aux caractéristiques hydrographiques variées :

■ Affluents suisses

Ce sont de petits torrents alpestres alimentés en été par les glaciers et la fonte nivale.

■ Affluents du Haut Rhône

- L'Arve, seul affluent alpestre en aval du Léman, draine les eaux du Mont Blanc et de terrains de nature variée.
- Les affluents jurassiens de la rive droite (Valserine, Usses et Séran) ont des bassins de petite taille par rapport à celui de l'Ain.
- Les affluents préalpins de la rive gauche (Fier et Guiers) ont des bassins montagneux essentiellement perméables mais dont les fortes pentes favorisent le ruissellement.

■ Affluents du Rhône moyen

Ces cours d'eau ont des réseaux hydrographiques peu étendus du fait de la proximité des contreforts montagneux du Massif Central et des Préalpes. Leur apport en eaux est négligeable, excepté en crue.

QUELQUES CHIFFRES

Fleuve	Surface du bassin (km ²)	Longueur (km)	Débit moyen (m ³ /s)	Débit spécifique (l/s/km ²)
Rhône	96 500	810	1 700	17,6
Amazone	6 150 000	6 570	200 000	32,5
Nil	3 400 000	6 690	2 800	0,82
Mississippi	3 238 000	3 780	20 000	6,17
Danube	801 500	2 870	6 500	8,11
Rhin	185 000	1 320	2 200	11,9

Sur le territoire français, le Rhône est par ses dimensions le deuxième fleuve du pays derrière la Loire (117 000 km², 1 000 km, 900 m³/s) et il dépasse de peu la Seine (78 650 km², 775 km, 400 m³/s), mais nettement la Garonne (55 000 km², 645 km, 650 m³/s).

■ Affluents méridionaux

- Les affluents cévenols (**Eyrieux, Ardèche, Cèze et Gard**) drainent les bassins accidentés du rebord oriental du Massif Central, aux roches dures et imperméables. Par leur orientation et leur hauteur, les Cévennes font écran aux pluies méditerranéennes à l'origine des crues cévenoles violentes.
- Les affluents préalpins méridionaux (**Drôme, Aigues et Ouvèze**) descendent des Préalpes du Sud et sont soumis aux pluies méditerranéennes. Ils drainent des terrains moins imperméables et aux reliefs plus modérés que ceux des Cévennes.

Ce qu'il faut retenir

La composante alpestre suisse représente 10 % de la superficie du bassin rhodanien. La Saône draine le seul bassin de plaine. Son bassin représente 30 % de la superficie totale.

Le Rhône est remarquable par sa composante montagnarde au relief élevé et accidenté. Elle conditionne les facteurs climatiques et hydrologiques du bassin.

Ses principaux affluents sont soumis à des influences climatiques variées : océaniques et méditerranéennes dont les effets sur les crues sont différents.

Les pentes élevées du lit du Rhône et de ses affluents sont fortes.

Quel est le régime hydrologique actuel du Rhône ?

Par son module interannuel (débit moyen), le Rhône est le fleuve français le plus puissant. Il est encore plus remarquable par son abondance relative (débit rapporté à la surface du bassin versant) inégalée en Europe. Son régime hydrologique évolue au long de son cours en fonction des trois alimentations présentes sur son domaine : la fonte des glaciers alpestres, la fonte nivale et les précipitations liquides.

À son embouchure, le Rhône présente un régime saisonnier régulier marqué par de hautes eaux automnales et de basses eaux estivales et hivernales.

L'abondance

Le Rhône est un fleuve abondant (l'abondance relative ou débit spécifique exprimée en l/s./km² est égale au débit rapporté à la superficie du bassin récepteur) avec un module interannuel à l'embouchure de 1700 m³/s. Quatre affluents majeurs (Ain, Saône, Isère et Durance) contribuent à cette abondance à hauteur de 55%. L'apport de la composante suisse est de 15% avec un module interannuel de 250 m³/s à Genève.

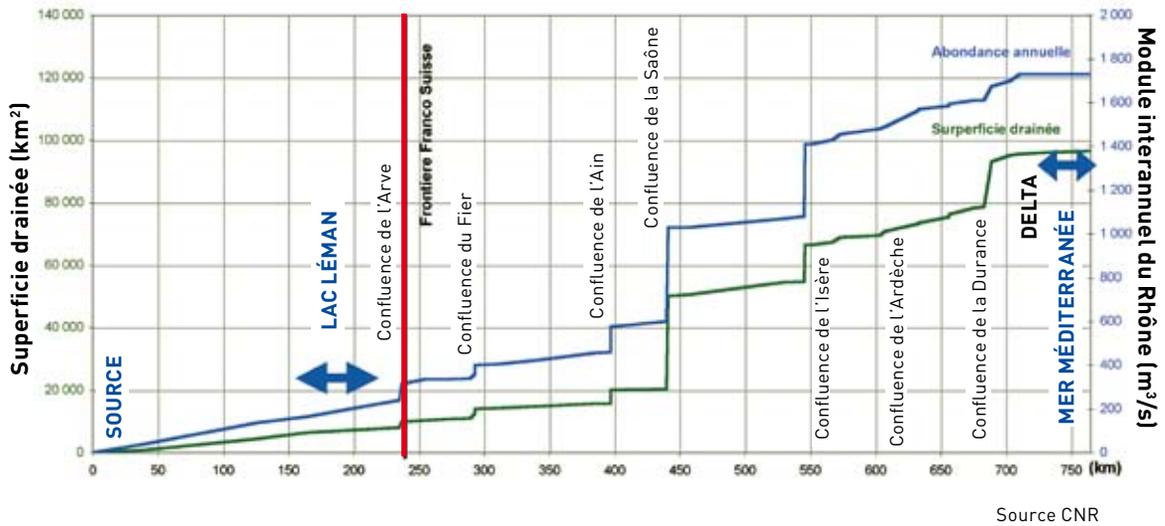
Le débit semi-permanent (débit moyen journalier dépassé six mois dans l'année) du Rhône aval est de 1450 m³/s. Cette valeur proche du module annuel démontre la régularité du régime hydrologique.

Le débit spécifique met en évidence la variabilité spatiale et l'inégalité des apports entre les bassins amont et aval. Ce critère baisse de la frontière suisse (30 l/s/km²) à la mer (17 l/s/km²) du fait de la faiblesse des débits de la Saône et des affluents méditerranéens.

		SECTEUR DU RHÔNE					
		Aval confluence de l'Arve	Amont confluence de l'Ain	Amont confluence de la Saône	Aval confluence de la Saône	Aval confluence de l'Isère	Amont Delta
Débit caractéristiques du Rhône (m ³ /s)	Bassin versant (km ²)	10 320	15 380	20 300	50 560	66 400	95 500
	Module annuel relatif (l/s/km ²) ⁽¹⁾	32	30	30	20	21	18
	Module annuel ⁽¹⁾	335	455	600	1030	1400	1700
	Débit semi permanent ⁽¹⁾	300	415	525	830	1210	1450
	Étiage ⁽¹⁾ conventionnel	120	180	215	315	480	580
	VCN30 ⁽¹⁾	90	120	175	235	330	395
	Crue annuelle ⁽¹⁾	700	990	1460	2765	3415	4280
	Crue décennale ⁽²⁾	1200	1800	3100	4450	5600	8400
	Crue centennale ⁽²⁾	1450	2400	4250	5900	7500	11300
	Crue millénale ⁽²⁾	1800	2950	5300	7300	9350	14150
Étiage conventionnel : débit non dépassé en moyenne 10 jours/an Crue annuelle : débit dépassé en moyenne 10 jours/an VCN30 : Débit moyen minimal de 30 jours consécutifs				Source des données : ⁽¹⁾ Compagnie Nationale du Rhône ⁽²⁾ Établissement Public Territorial de Bassin – Territoire Rhône			

L'abondance annuelle du fleuve est soumise à une forte variabilité temporelle. Le siècle dernier a connu une succession de cycles pluriannuels de périodes sèches et humides. Sur la période 1920-2006, le coefficient d'irrégularité (rapport du module annuel le plus abondant au plus faible sur une série d'années significative) est de trois pour le Rhône aval et de deux à l'aval de la frontière suisse.

Évolution des superficies drainées et de l'abondance annuelle du Rhône



Le régime hydrologique

La variété des climats et régions drainées confère au Rhône un régime complexe qui regroupe trois composantes : glaciaire, nivale et pluviale. Par cette triple alimentation, les apports du Rhône sont diversifiés et abondants toute l'année, ce qui lui donne un régime saisonnier assez régulier qui présente des nuances tout au long de son cours :

Le Rhône alpestre, le Haut Rhône français ainsi que l'Isère ont un régime nivo-glaciaire aux hautes eaux d'été, le Rhône alpestre ayant aussi un régime glaciaire.

La Saône et l'Ain ont un régime océanique avec de hautes eaux hivernales dues aux pluies et de basses eaux estivales. L'influence nivale de l'Ain gonfle les débits printaniers du fleuve.

Les affluents méditerranéens du Rhône aval connaissent de sévères étiages estivaux et des crues rapides en automne.



Traversée de Lyon : la confluence du Rhône et de la Saône (© Photothèque CNR).

Le Rhône aval présente un régime hydrologique inverse de celui de son cours supérieur avec de hautes eaux de printemps et d'automne et de basses eaux en été et en hiver.

La plus faible variabilité mensuelle du régime du Rhône français est constatée à Lyon avec une amplitude variant de 80 à 115 % par rapport au module annuel. La plus forte est mesurée à la sortie du Léman avec une amplitude comprise entre 75 et 150 %. Elle est de 65 à 120 % à l'embouchure.

Les étiages

Les étiages du Haut Rhône, qui étaient hivernaux en Suisse, ont été atténués par la gestion des réservoirs d'altitude. Dans le bassin français les étiages ne sont jamais extrêmes grâce à la modulation artificielle du Léman qui soutient les débits pendant la saison froide.

Les étiages du Rhône aval sont rarement extrêmes puisque la faiblesse des apports d'une partie du bassin est compensée par l'abondance relative due à une autre partie du territoire rhodanien. L'apparition d'une situation d'étiage sur le Rhône est progressive. Elle est observée de la fin de l'été au début de l'automne et fait suite à une sécheresse estivale. Le tribut des glaciers alpestres empêche les étiages extrêmes d'apparaître avant la mi-septembre. Un étiage hivernal secondaire, moins marqué, peut se produire de janvier à février, suite aux effets d'un automne sec et à l'arrivée du froid et de la neige. À l'inverse, les fins d'étiage sont brutales sur le Rhône et font suite au retour des pluies.

L'année 1921 reste l'étiage le plus remarquable sur le Rhône. Il a fait suite à une grande sécheresse qui a persisté plus d'un an. Sa durée a été exceptionnellement longue. Les débits ont été bas sur la totalité du bassin sans toutefois atteindre des valeurs exceptionnelles, grâce au soutien de la composante glaciaire.

Les crues

Le Rhône est soumis à deux grandes influences climatiques : le climat océanique qui concerne la partie septentrionale, et le climat méditerranéen qui affecte le Rhône en aval de Lyon. La variabilité temporelle et spatiale de ces deux climats induit quatre types de crues :

■ **Les crues océaniques.** Elles se produisent en saison froide, avec une fréquence maximale d'apparition d'octobre à mars et elles font suite aux pluies océaniques apportées par les vents d'Ouest. L'étendue de leur domaine est remarquable. Il englobe le Rhône Alpestre et le Haut Rhône, la Saône et de façon moindre l'Isère. Les pluies à l'origine des crues océaniques sont exceptionnelles par leur régularité et leur persistance dans le temps.

Les crues du Haut Rhône et de l'Ain précèdent le flot de la Saône de cinq jours à Lyon. En aval, les crues océaniques ne sont pas renforcées, mais sont prolongées dans le temps par l'arrivée de la Saône. Elles n'affectent pas le Bas Rhône et parviennent atténuées à la Méditerranée.

■ **Les crues cévenoles.** Les pluies cévenoles sont amenées par des vents automnaux de Sud à Sud-Est avec un risque maximal de mi-septembre à fin octobre. Elles se concentrent sur le rebord oriental du Massif Central et sont dues à la remontée de masses d'air chaud méditerranéen qui entrent en collision avec des fronts d'air froid océanique sur les hauts reliefs.

Les crues cévenoles sont exceptionnelles par leur puissance et par la rapidité de montée des eaux. Elles sont dévastatrices en raison de l'intensité et de la violence des pluies reçues, mais encore plus du fait des caractéristiques des surfaces réceptrices.

Les bassins cévenols présentent de fortes pentes de talweg et des terrains imperméables propices au ruissellement torrentiel. La variabilité spatiale des averses cévenoles, la rapidité de la décrue et la faible durée de l'étalement rendent peu probable la concomitance des crues des affluents et de celles du fleuve.

■ **Les crues méditerranéennes extensives.** Les pluies méditerranéennes extensives ont des caractéristiques proches des pluies cévenoles. Elles sont plus tardives dans la saison et se produisent généralement de fin octobre à mi-novembre.

Elles se différencient des cévenoles par l'extension du domaine d'action qui peut englober la totalité des bassins en aval de Valence et remonter dans le couloir rhodanien jusqu'à Lyon voire au-delà, affectant l'extrémité aval des bassins de la Saône et de l'Ain.



Plaine de Donzère inondée lors de la crue de 2003 (© Photothèque CNR).

■ **Les crues générales.** Certains phénomènes météorologiques peuvent entraîner des crues générales qui affectent la totalité du bassin rhodanien.

Ces crues extrêmes correspondent à la succession, dans un intervalle plus ou moins rapproché, de plusieurs pluies dont l'une au moins est méditerranéenne extensive. Leurs mécanismes varient pour chaque cas et comportent des combinaisons hydrométéorologiques sans cesse renouvelées.

L'examen des crues passées ne permet pas d'identifier une période plus propice à l'observation de ce type de crues.

Ce qu'il faut retenir

Par son module interannuel le Rhône se positionne au 48^e rang mondial. Toutefois son abondance relative le classe à égalité avec de grands fleuves tels que l'Amazone.

Les situations d'étiage extrêmes sont rares grâce à la diversité des apports et en particulier grâce au tribut estival des glaciers alpestres.

Le bassin du Rhône est soumis à deux influences climatiques : le climat océanique aux pluies abondantes de la saison froide, le climat méditerranéen aux violentes pluies d'automne.

Quels sédiments transporte le Rhône ?

Le transport des sédiments du fleuve a été modifié par les évolutions climatiques, par les extractions massives, par les aménagements successifs du fleuve (chenalisation au XIX^e siècle pour la navigation, hydroélectricité au XX^e siècle), par l'évolution propre de ses affluents (barrages réservoirs, etc.), et par l'occupation des sols de son bassin versant.

Il convient de distinguer d'une part la charge de fond (sédiments grossiers), dont la mobilité s'est considérablement réduite, et d'autre part les sédiments fins qui circulent encore avec une relative abondance.

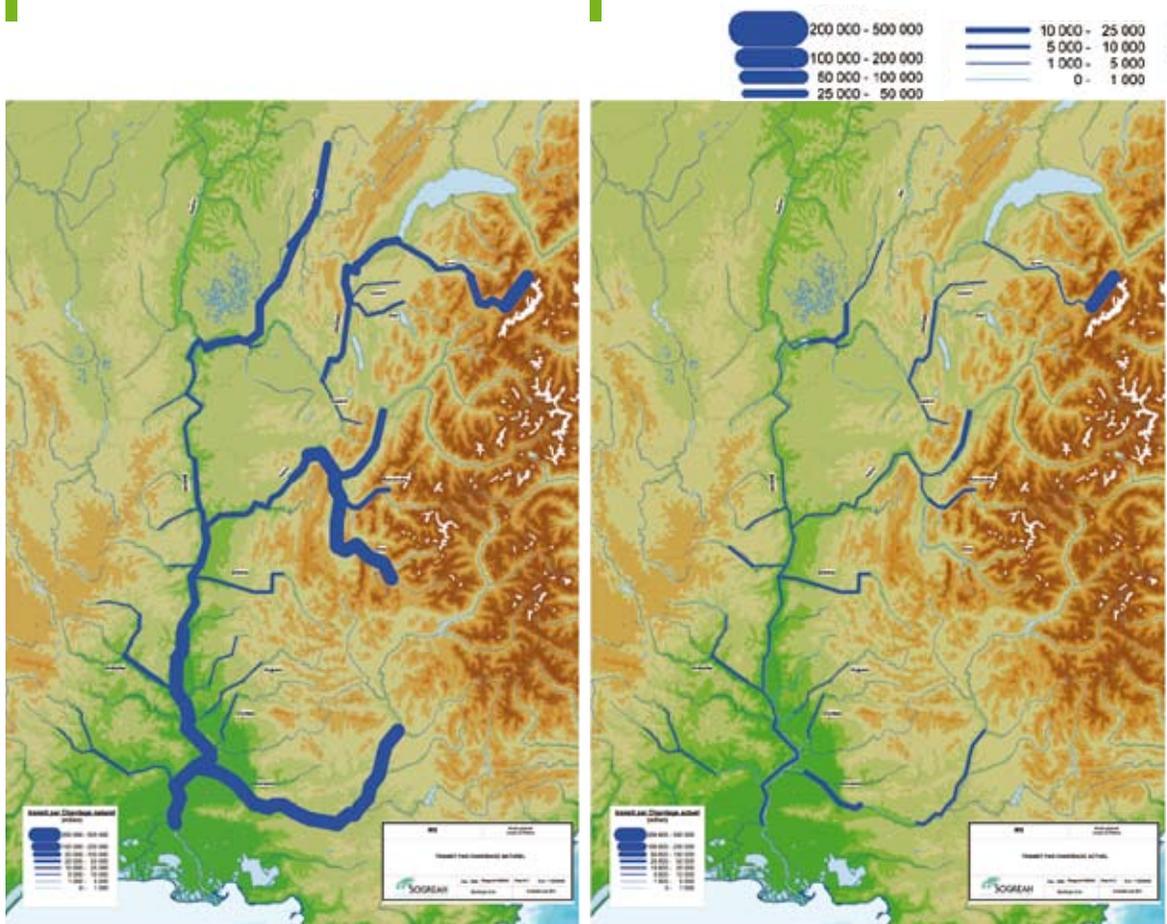
Le Rhône transporte différemment les sédiments selon leur taille

Les sédiments fins (sables fins, limons, argiles) sont transportés en suspension dans la masse du flot : ils se déplacent à la vitesse de l'eau, et ne mettent que quelques jours pour rejoindre la mer depuis leurs montagnes d'origine.

Les sédiments grossiers (galets, graviers et sables grossiers) se déplacent par roulement sur le fond. C'est un transport lent en moyenne (de l'ordre de 1 km/an), facilement interrompu dès que la pente diminue. Les graviers du Mont-Blanc n'ont pas encore atteint la mer depuis les dernières glaciations, car le Rhône n'a pas fini de réalluvionner les espaces dégagés par les glaciers qui atteignaient Lyon.

Transit par charriage naturel (m³/an)

Transit perturbé actuel (m³/an)



Étude globale du Rhône – EGR © Territoire Rhône (© IGN - Paris 2008. Reproduction interdite – Autorisation n°50-8610)

Le transport de graviers par charriage s'est presque arrêté

Les apports de graviers par les affluents se sont réduits, dans la seconde moitié du xx^e siècle, à la suite des évolutions climatiques (effets différés de la fin de la période froide du petit âge glaciaire – qui a culminé au xviii^e siècle), du reboisement des hauts bassins, mais surtout de la multiplication des prises d'eau et barrages réservoirs sur les affluents et des extractions massives de granulats, utilisés pour la construction (remblais ou béton).

Ces prélèvements ont représenté souvent plusieurs siècles d'apport. Le lit des affluents s'est abaissé et le transit des graviers a été souvent totalement interrompu (Durance aval, Isère, Arve, etc.). Par ailleurs, la fixation des berges par les digues et enrochements limite les possibilités d'érosion latérale des lits des cours d'eau.

Sur le Rhône, l'aménagement hydroélectrique a réduit la capacité du fleuve à transporter les graviers :

- dans les Vieux-Rhône (tronçons court-circuités), les débits capables de déplacer les graviers ont été réduits par les dérivations. Les volumes annuels transportés ont été divisés par un facteur 15 à 100 selon les sites.
- dans les retenues, la pente motrice est en temps normal trop faible pour permettre le déplacement des graviers. Seules les périodes de crue permettent le transit, mais le volume annuel moyen est là encore réduit dans de fortes proportions.

Le transit par charriage atteignait naturellement près de 400 000 m³/an à l'entrée du Bas Rhône. Aujourd'hui il ne dépasse guère 40 000 m³/an dans le meilleur des cas.

Le constat global est ainsi celui de la stabilité. La réduction de la capacité de transit sur le Rhône a été accompagnée de la réduction des apports.

Le transport de sédiments fins s'est réduit depuis un siècle, mais reste important

Le transport des sédiments fins n'est vraiment perturbé que par les grands barrages réservoirs (Serre-Ponçon, Vouglans...). Les barrages de basse chute (la plupart des aménagements du Rhône, les retenues de la moyenne Durance, etc.) ne perturbent guère le passage des sédiments fins.

La politique de restauration des terrains en montagne conduite depuis 1880 a aussi réduit à la source la production de sédiments fins. Les estimations donnent un transit à Arles de l'ordre de 10 millions de tonnes/an de sédiments fins aujourd'hui, contre 20 millions de tonnes/an dans les années 1950 et peut-être 30 millions de tonnes/an à la fin du xix^e siècle.

Ce qu'il faut retenir

Aujourd'hui, en l'absence d'apports de graviers, ce sont les limons qui façonnent la plaine alluviale du Rhône.

Avant les aménagements du xix^e siècle, le Rhône disposait d'un lit très mobile façonné par les graviers. Les éventuels dépôts de sédiments fins sur les berges étaient repris au gré des crues par érosion latérale.

Avec la raréfaction des apports de graviers et sa chenalisation, le lit du fleuve est aujourd'hui figé. Les dépôts de sédiments fins sur les berges se produisent comme avant, mais ne sont plus repris (sauf crue exceptionnelle). Ils tendent donc à s'accumuler.

Les sédiments s'accumulent-ils dans les aménagements hydroélectriques du Rhône ?

Face au constat du recul de la côte de la Camargue, et à celui qu'en certains points de la vallée les niveaux d'inondation semblent supérieurs à ce qu'ils étaient il y a un siècle, il est légitime de se demander si une accumulation de sédiments dans les aménagements hydroélectriques ne pourrait pas être à l'origine de ces évolutions. Il faut pour répondre à cette question analyser les données disponibles.

Bilan après les grandes crues récentes

Si l'on constate une certaine stabilité sur le moyen terme, il ne faut pas pour autant oublier la variabilité temporelle des phénomènes. L'hydrologie a un effet considérable sur les bilans, qu'il a été possible d'estimer sur la base des levés disponibles depuis les crues de 2002 et 2003.

Le volume cumulé remobilisé et exporté par ces crues depuis la retenue de Bourg-lès-Valence jusqu'à celle de Vallabrègues est de l'ordre de 7 millions de m³. On peut au passage noter que les retenues se sont vidées de 5,6 mm³ et les Vieux-Rhône de 1,3 millions de m³.

Sur les vingt dernières années, le volume moyen dragué par la CNR (pour maintenir la navigabilité ou pour l'écoulement des crues) sur le même secteur est de l'ordre de 800 000 m³ par an, dont environ 30 % seulement sont exportés. Ainsi, le Rhône à l'occasion de ces deux crues a évacué un volume correspondant à ce que la CNR aurait sorti du Rhône en près de trente ans de dragage.

La surveillance des fonds du Rhône

Sur le domaine qui lui est concédé, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) doit s'assurer en permanence du maintien des caractéristiques du chenal de navigation (pour le Rhône navigable), et du respect du principe de non aggravation des niveaux en crue. Ces missions supposent une surveillance de l'évolution des fonds du Rhône. Celle-ci est assurée par un bateau hydrographique (le Frédéric Mistral) et quatre vedettes.

Les fonds du Rhône sont levés au moins tous les 5 ans en l'absence de crue et après chaque crue décennale.

Bilan sédimentaire de l'aménagement CNR à l'échelle de la durée de vie des aménagements

Il est possible, à partir du suivi bathymétrique (hauteur des fonds), d'établir un bilan sédimentaire à l'échelle de la durée de vie des aménagements CNR, qui ont aujourd'hui entre 20 et 60 ans. A cette fin, pour chaque chute, il a été procédé à la comparaison du lever bathymétrique le plus récent au lever disponible le plus proche de la mise en service. Le bilan global est donné ci-après. Il faut remarquer que l'on additionne des bilans par chute qui ne portent pas sur la même durée.

Les bilans sédimentaires réalisés à partir des données bathymétriques ne distinguent pas la nature des sédiments (graviers, sables, limons). En outre ils sont entachés d'une incertitude importante (équivalente à une épaisseur de 3 cm sur la surface considérée).

Les éléments clés qui ressortent de cette approche sont :

- à l'échelle de l'ensemble du Rhône aménagé, un bilan sédimentaire du lit mineur du Rhône équilibré (le bilan indique une diminution de 2,4 millions de m³ qui est comparable à l'incertitude cumulée des mesures) ;
- le cas particulier de la retenue de Génissiat (seul barrage de haute chute du Rhône) dans laquelle se sont déposés environ 12 millions de m³, sédiments fins en majeure partie ;
- hors Génissiat, un déficit de l'ordre de 14 millions de m³ dans l'ensemble des aménagements de basses chutes, dans lequel on peut distinguer le Haut Rhône avec un excédent de 3 à 4 millions de m³ et le Bas Rhône avec un déficit de 17 millions de m³ ;
- le déficit global (hors Génissiat) résulte d'un déficit de 2 à 3 millions de m³ dans les retenues et canaux d'amenée (a priori zones préférentielles de décantation) et d'un déficit de 11 millions de m³ dans les tronçons court-circuités et le tronçon à courant libre du palier d'Arles ;

– si l'on constate clairement des bilans différents entre l'aval des barrages (tronçons court-circuités) et l'amont (retenues), il n'en demeure pas moins qu'il n'existe pas dans les retenues de basses chutes une « réserve » de sédiments.

BILAN BATHYMÉTRIQUE DE CHAQUE CHUTE CNR DU RHÔNE (source CNR)

Chute	Année de mise en service	Tronçon	Date du lever complet le plus ancien	Date du lever complet le plus récent	Excédent (+) ou déficit (-) en m ³ à la date du dernier lever		
					Retenue	Vieux-Rhône	Ensemble de la chute
Génissiat	1948	retenue	nov-54	jan-03	11 700 000		11 700 000
Seyssel	1951	retenue	jan-65	oct-03	17 000		17 000
Chautagne	1980	retenue	avr-87	jan-04	698 000		-952 000
		Vieux-Rhône	juil-79	jan-03		-1 650 000	
Belley	1982	retenue	avr-84	fév-03	1 134 000		3 052 000
		canal d'aménée	avr-84	oct-03	2 187 000		
		Vieux-Rhône	avr-94	fév-04		-269 000	
Brégnier-Cordon	1984	retenue	août-87	nov-03	466 000		824 000
		canal d'aménée	août-87	nov-03	388 000		
		Vieux-Rhône	mai-92	fév-99		-30 000	
Sault-Brénaz	1986	retenue	avr-90	déc-03	725 000		641 000
		Vieux-Rhône	jan-90	mars-02		-84 000	
Total Haut Rhône hors Génissiat							3 582 000
Pierre-Bénite	1966	retenue	mai-68	déc.2004	-1 840 000		-3 840 000
		Vieux-Rhône	nov-68	déc-01		-2 000 000	
Vaugris	1980	retenue	nov-81	fév-02	-2 600 000		-2 600 000
Péage-de-Roussillon	1977	retenue	juil-80	nov.2004	-405 000		-368 000
		Vieux-Rhône	jan-69	juil-98		37 000	
Saint-Vallier	1971	retenue	avr-74	juil. à oct. 03	-790 000		-671 000
		Vieux-Rhône	jan-76	juin-01		119 000	
Bourg-lès-Valence	1968	retenue	mars-69	mars à mai 2004	188 000		-952 000
		Vieux-Rhône	avr-69	sep-05		-1 140 000	
Beauchastel	1963	retenue	avr-69	oct-03	465 000		881 000
		Vieux-Rhône	nov-63	juin-04		416 000	
Baix-le-Logis-Neuf	1960	retenue	jan-57	avr-04	-650 000		-870 000
		Vieux-Rhône	jan-62	oct. à déc.04		-220 000	
Montélimar	1957	retenue	jan-57	déc-04	-303 000		-720 000
		Vieux-Rhône	oct-62	janv. à juil.03		-417 000	
Donzère-Mondragon	1952	retenue	juil-57	avr-04	-770 000		-4 790 000
		Vieux-Rhône	jan-53	juil.2003 à avril 2006		-4 020 000	
Caderousse	1975	retenue	mars-77	mai-04	1 699 000		1 389 000
		Vieux-Rhône	jan-85	mai-04		-310 000	
Avignon	1973	retenue	mars-77	mai-04	-1 150 000		-1 187 000
		Bras d'Avignon	76 et 88	juil-04		-135 000	
		Bras de Villeneuve	77 et 88	sep-04		98 000	
Vallabrègues	1970	retenue	jan-70	sep-04	-1 900 000		-3 100 000
		Vieux-Rhône	jan-70	mars-03		-1 200 000	
Arles	1973	courant libre	jan-74	mars-99		-385 000	-385 000
Total Bas Rhône hors Génissiat							-17 213 000
Bilan hors Génissiat					-2 441 000	-11 190 000	-10 049 000
Bilan avec Génissiat					9 259 000	-11 190 000	1 651 000

Il serait intéressant de pouvoir distinguer les sédiments fins des sédiments grossiers. Mais la bathymétrie ne le permet pas. Le lit avant aménagement était en règle générale constitué de gravier. On peut ainsi considérer que le déficit des Vieux-Rhône est un déficit de gravier. Le bilan dans les retenues est équilibré mais on peut penser que, sur la même période que celle sur laquelle est observée l'évolution bathymétrique, les graviers extraits (de l'ordre de 10 millions de m³) ont probablement été remplacés par des sédiments fins.

Il ne faut pas considérer ce bilan comme la mesure de l'impact du seul aménagement hydroélectrique du Rhône. En effet, pendant cette même période, d'autres facteurs majeurs sont intervenus : extractions massives de granulats (ces exportations représentent sur la période d'observation environ 16 millions de m³), modifications de la dynamique des affluents, etc.

Bilan sédimentaire de l'aménagement « Girardon » dans les Vieux-Rhône

Si le bilan est déficitaire dans le lit du fleuve (la retenue de Génissiat mise à part), le constat est en revanche très différent pour les marges alluviales des Vieux-Rhône.

L'aménagement à courant libre du XIX^e siècle dit « Girardon » (voir question 03-01 « Quels sont les principaux aménagements sur le fleuve et dans sa vallée ? ») a eu comme objectif de concentrer les eaux d'étiage en un lit unique, et par conséquent de fixer le lit. Il a réduit ce que l'on appelle la bande active qui regroupe le chenal principal de la rivière, ses chenaux secondaires, les bancs de graviers et les îles. Le Rhône a vu sa largeur depuis cette date divisée par deux à trois.

Le suivi bathymétrique de la CNR s'exerce pour l'essentiel sur le lit mineur du Rhône. En règle générale, il n'inclut pas les marges fluviales et la zone inondable.

Sur le Vieux-Rhône de Montélimar, des profils en travers issus des cartes des Ponts et Chaussées (confirmés par l'analyse de sondages) ont été comparés aux levés réalisés par la CNR (topographie en 1991 et bathymétrie en 2001). Neuf profils ont pu ainsi être comparés, représentant plus de mille mètres de large sur dix kilomètres de longueur du Rhône.

Une première estimation du volume de sédiments déposés dans la bande active historique est réalisée. On constate un dépôt dont l'ordre de grandeur est de 100 000 à 1 000 000 m³ par kilomètre.

Dans le cadre d'une étude de réhabilitation du Vieux-Rhône du Péage-de-Roussillon, selon la même méthode, une étude CNR a estimé cet engraissement entre 150 000 et 500 000 m³ par kilomètre.



Le Vieux-Rhône de Montélimar. À l'intérieur de son double cordon de forêt alluviale qui délimite l'ancien chenal navigable, le chenal en eau actuel dessine la partie du chenal approfondie par les travaux « Girardon » entre les bancs de galets latéraux.

(© Photothèque CNR)



Le bateau hydrographique «Frédéric-Mistral» (© Photothèque CNR).

L'ensemble du Bas Rhône ayant été chenalisé entre Lyon et Arles, on peut estimer grossièrement entre 20 millions de m³ et 200 millions de m³ le volume stocké dans les marges fluviales du Rhône. Il s'agit principalement de sables et limons.

Si l'on souhaite redonner de la section d'écoulement au Rhône pour les crues ou augmenter les flux sédimentaires à la Méditerranée, il serait plus pertinent de tenter de réduire cet engraissement des marges alluviales que de vouloir creuser le lit mineur du Rhône ou généraliser sur les aménagements de basse chute des opérations de chasses. D'autant que l'on observe une tendance à l'incision du lit qui va de pair avec l'exhaussement des marges fluviales.

Dans cet esprit, à titre expérimental, est projeté le démontage partiel de quelques ouvrages Girardon notamment sur le Vieux-Rhône de Montélimar, assorti d'un suivi technique et scientifique. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'une part seulement de la bande active historique pourrait être reconquise car de nouveaux usages économiques s'y sont depuis implantés (agriculture, infrastructures, etc.) et qu'ils peuvent avoir un intérêt patrimonial remarquable. L'élaboration d'un schéma directeur serait un préalable indispensable avant d'envisager de généraliser de telles actions.

Ce qu'il faut retenir

Les aménagements de basses chutes du Rhône français ne stockent pas les apports sédimentaires. Des dragages systématiques ou des chasses ne semblent donc pas nécessaires. On constate même une tendance au déficit dans les retenues.

Le constat n'est pas le même sur les aménagements de haute chute. 12 millions de m³ de sédiments sont stockés dans Génissiat. Les aménagements de haute chute sur l'ensemble des affluents du Rhône expliquent entre autres la réduction des flux à la Méditerranée. Les autres causes de ce phénomène qui sont les évolutions climatiques, la reforestation des hauts bassins versants, etc.) ont une influence certaine.

Il faut souligner l'importance des volumes de sédiments stockés dans les marges fluviales (20 à 200 millions de m³). La réduction drastique de la liberté de divagation du Rhône a enclenché un processus d'engraissement naturel. Sans intervention humaine, ce processus paraît irréversible.

Pourquoi la côte de la Camargue recule-t-elle ?

Avant les travaux d'enrochement des années quatre-vingt, les plages en état d'érosion de Camargue reculaient en moyenne de 4 m/an. Les tempêtes de la dernière décennie ont rompu à plusieurs reprises les dunes naturelles ou les digues, provoquant l'entrée de la mer en Camargue.

Le delta

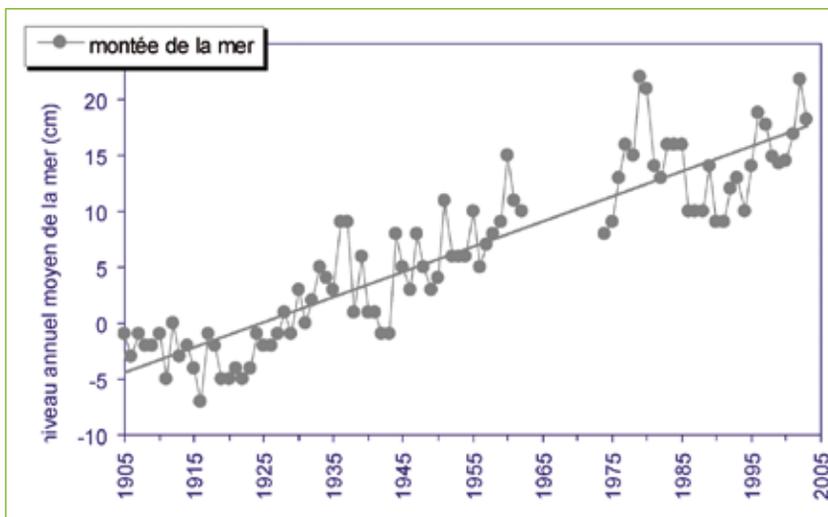
La Camargue est une construction naturelle qui a été édifée par les sédiments du Rhône au cours des derniers millénaires. L'avancée s'est effectuée à partir d'embouchures successives qui ont permis de « nourrir » les différents secteurs côtiers. Les progressions les plus importantes se sont réalisées lors de périodes de fortes crues. La dernière, du XVI^e au XIX^e siècle, coïncide avec un déboisement important des massifs alpins et une forte érosion. Depuis 150 ans, la réduction des apports du fleuve (de 50 à 8 millions de tonnes/an à Beaucaire), l'endiguement du Petit et du Grand Rhône et la fixation artificielle de l'embouchure ont modifié l'alimentation du delta et de son littoral.



Le panache à l'embouchure du Rhône en Novembre 2002. Lors des crues, la majeure partie des apports, expulsée dans le « panache », n'alimente pas les plages du delta (© Nasa Earth Science Photos Archives).

Quelles sont les relations actuelles entre le Rhône et le delta ?

L'endiguement du fleuve empêche, sauf brèches localisées, l'inondation de la plaine deltaïque, donc son dessalement et son exhaussement par l'apport de sédiments. Une partie importante de la basse Camargue est désormais située au-dessous du niveau marin.



Aggravation des dynamiques marines au cours du XX^e siècle (© F. Sabatier)

Le niveau de la mer est monté en moyenne de 2,2 mm/an entre 1905 et 2003. La fréquence et la hauteur des surcotes marines liées aux tempêtes est en augmentation.

À l'embouchure du Grand Rhône, lors des crues, le « panache » fluvial envoie au large les sédiments fins (limons). Les sables forment « une barre », en partie redistribuée par la dérive littorale sur les plages proches (flèche de la Gracieuse, plage de Piémanson). Depuis les années 1990, les apports du Grand Rhône ne permettent plus l'avancée de son embouchure.

À l'Ouest, l'embouchure du Petit Rhône est en recul au moins depuis 1830 car les plages ne sont plus nourries.



Aux Saintes-Maries de la Mer, le blockhaus allemand, construit à l'origine en haut de la plage et actuellement immergé, permet d'évaluer le recul (© M. Provansal).

Quel est le bilan sédimentaire des plages du delta ?

La majeure partie des plages du delta est alimentée par le remaniement par la houle des dépôts sous-marins abandonnés aux anciennes embouchures. Ces «stocks» fossiles s'épuisent et les fonds se creusent devant la côte. Le littoral est donc affecté de contrastes croissants entre des secteurs en recul (majoritaires) et quelques zones qui continuent d'avancer.

Les tempêtes attaquent et parfois détruisent le cordon dunaire, provoquant la submersion temporaire de l'arrière côte. Leur fréquence et leur intensité se sont accrues au cours du xx^e siècle et leurs effets seront amplifiés par la montée du niveau marin au cours du xxi^e siècle.

Quelles défenses envisager pour préserver l'équilibre sédimentaire des plages ?

Depuis les années 1980, différents ouvrages de défense ont été édifiés dans les zones à enjeu (Salins, Saintes-Maries-de-la-Mer, flèche de la Gracieuse). Les brises-vent (ganivelles) destinés à conforter les dunes sont efficaces sur les plages bien alimentées en sable. Les enrochements (digues, épis, brise-lames) sont impuissants à limiter durablement le recul de la côte ; à terme ils aggravent l'érosion.

Le maintien de l'équilibre repose sur le respect de la mobilité naturelle et des échanges sédimentaires, et passe par l'acceptation d'un recul raisonné accompagné ou non par des méthodes de protection douces (recharge artificielle en sables, ganivelles).



En Petite Camargue, les épis protégeant la plage sont «déconnectés» 8 à 10 ans après leur construction par le recul persistant de la côte (© Service Maritime et de Navigation du Languedoc Roussillon - SMNLR).

Ce qu'il faut retenir

L'endiguement du fleuve ne permet pas à la plaine deltaïque de se défendre contre la montée du niveau marin. La réduction des apports sédimentaires et la fixation de l'embouchure limitent l'alimentation sableuse des plages.

Le recul inégal, mais rapide, du trait de côte est dû à l'épuisement des stocks sableux et à des dynamiques marines de plus en plus agressives.

Les aménagements actuels aggravent souvent cette situation.

Le Rhône se réchauffe-t-il ?

Le Rhône, né dans la froideur des glaciers alpins, se jette dans la chaleur de la Méditerranée. Grâce à son débit et sa puissance, c'est un fleuve à transfert thermique amont-aval, ce qui le distingue des fleuves de plaine soumis aux conditions météorologiques locales : la température de l'eau à Arles dépend pour partie de la température de l'eau à Genève...

Les températures de l'eau sont principalement connues grâce aux suivis réalisés au droit des centrales thermiques et nucléaires depuis 1977, avec un but double de dimensionnement de la source froide de ces centrales et de suivi environnemental.

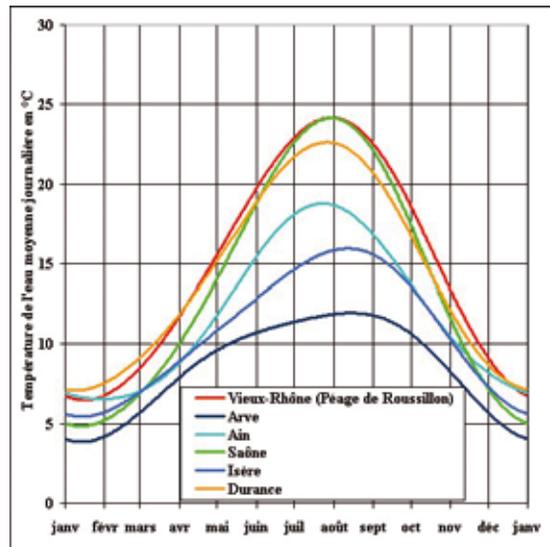
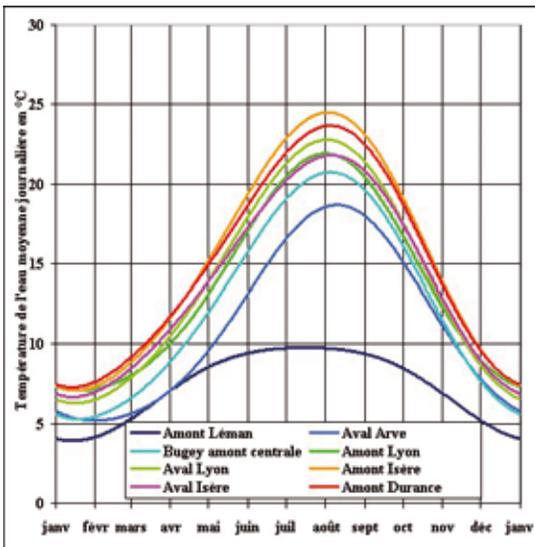
Comment varie la température du fleuve au cours de l'année ?

Le régime thermique naturel est complexe. Le régime thermique du Rhône est profondément marqué par son passage dans le Léman et par les affluents qu'il reçoit. Rivière glaciaire de haute montagne aux températures peu contrastées à l'entrée du lac Léman, le Rhône en ressort avec une saisonnalité marquée. Il reçoit ensuite un premier affluent froid, l'Arve; puis deux affluents, l'Ain plus froid et la Saône plus chaude, dont les débits sont faibles en été. La température de l'eau du Rhône est ensuite profondément marquée par l'Isère, le second grand affluent froid. Puis il reçoit la Durance au régime hydrologique fortement artificialisé, dont les apports estivaux sont considérablement réduits par l'usage agricole et l'alimentation en eaux domestiques.

Définition : Le régime thermique représente les températures de l'eau moyennées sur plusieurs années à une date donnée, ainsi que la dispersion autour de cette moyenne. Il permet de préciser la probabilité d'atteindre une température donnée à une date donnée. Le tableau et les graphiques donnent une idée du régime thermique du Rhône et de ses principaux affluents.

RÉGIME THERMIQUE DU RHÔNE ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS

Amont	Léman 4 - 10 °C	Durance 8 - 23 °C	Lyon 7 - 21 °C	Isère 7 - 24 °C
Aval	Léman 6 - 21 °C	Arve 5 - 19 °C	Lyon 6 - 22 °C	Isère 6 - 21 °C

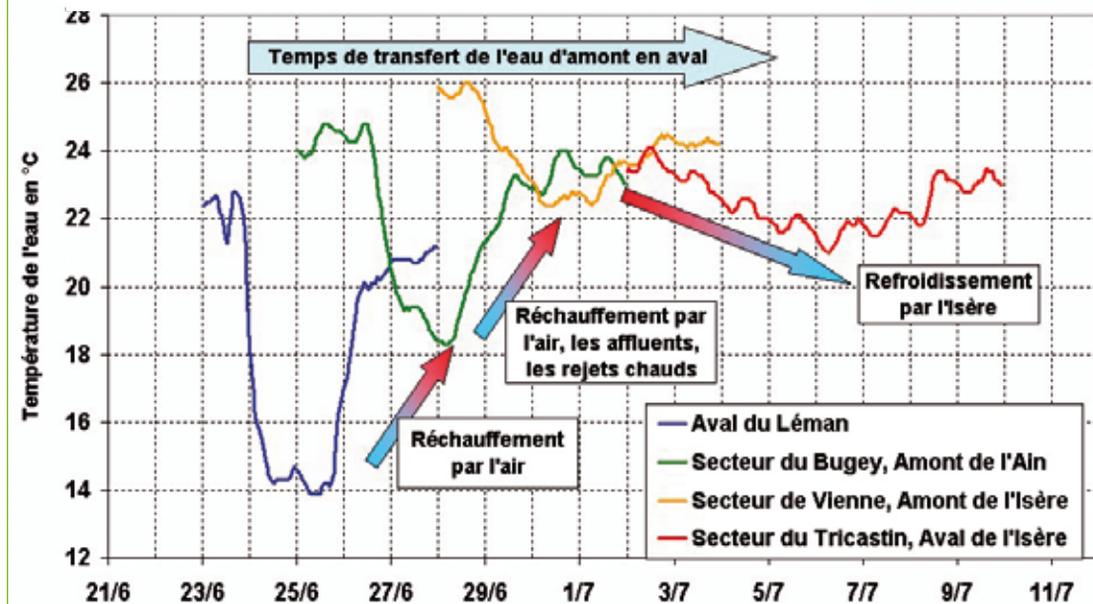


■ **Les «gouttes froides» du Léman : des accidents thermiques remarquables.** Le lac Léman, en été, modifie parfois la température du Rhône par des apports d'eaux très froides issues du fond du lac. Ces phénomènes brutaux sont appelés «gouttes froides».

Ils se traduisent par des chutes de températures qui atteignent plus de 10 °C en quelques heures et peuvent durer deux à trois jours pour des volumes d'eau de quelques dizaines de millions de m³.

Leurs effets, progressivement atténués, se propagent jusqu'à la Méditerranée.

■ **Exemple de transfert d'une «goutte froide» du Léman jusqu'à l'aval de l'Isère.**
Transfert de la "goutte froide" de la fin juin 2003



■ **Les différents usages modifient les températures du Rhône.** La vallée du Rhône a subi de profondes modifications au cours des derniers siècles : diminution de la largeur de la vallée inondable, construction de barrages, de canaux de dérivation... Elles ont eu comme conséquences de modifier l'écoulement des eaux et les échanges de température avec l'air ambiant.

Le Rhône est utilisé comme source froide indispensable à la production d'énergie électrique (par combustion ou nucléaire). La contribution des rejets thermiques à l'augmentation des températures du Rhône est de l'ordre de 0,5 à 1,5 °C en moyenne selon la distance au rejet amont. En période estivale, des limites de température réglementaires et contraignantes sont fixées pour autoriser le fonctionnement de chaque centrale nucléaire ou thermique. Celles-ci ne peuvent être dépassées que pour assurer la sécurité du réseau électrique, en application d'arrêtés dérogatoires.

À ces rejets bien connus s'ajoutent les rejets thermiques des stations d'épuration de même que, en été, l'échauffement lié aux tronçons court-circuités du fleuve (Vieux-Rhône).

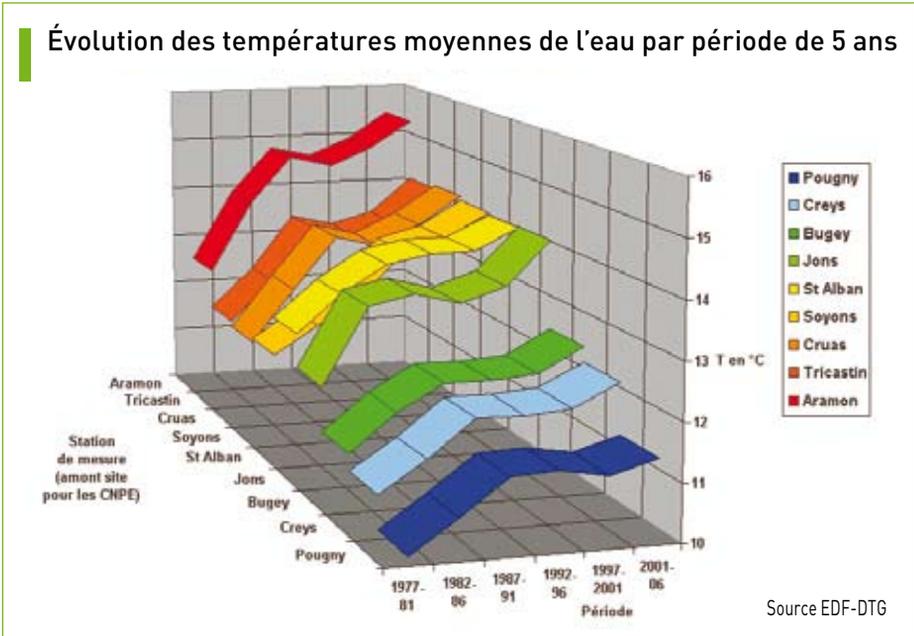
La température moyenne du Rhône et de ses affluents augmente

Le graphique illustre l'évolution des températures moyennes de l'eau par périodes de cinq années depuis 1977 dans dix stations de mesure réparties entre le Léman et la Méditerranée. L'augmentation des températures est très sensible.

Sur les affluents, notamment l'Ain, la Saône et l'Isère, les évolutions sont similaires et correspondent assez bien aux modifications des températures de l'air constatées depuis plus de 30 ans. Ces hausses sont beaucoup plus importantes au printemps et en été.

Par exemple, une augmentation dépassant 2 °C pour le mois le plus chaud a été observée sur l'Ain et le Rhône aval.

Évolution des températures moyennes de l'eau par période de 5 ans

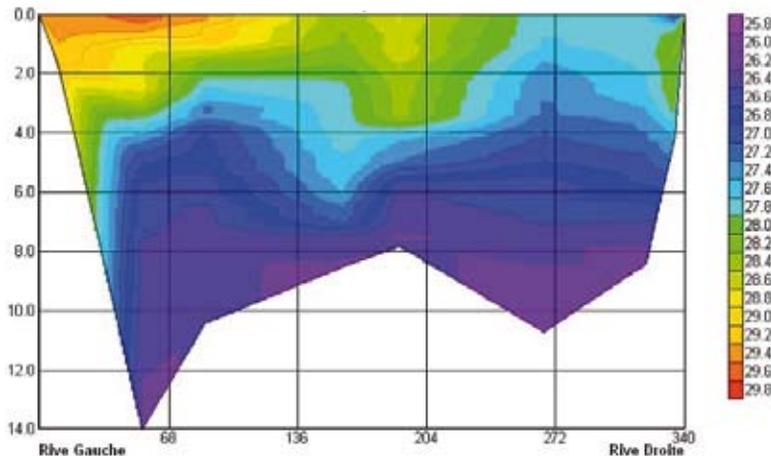


La température du fleuve n'est pas partout la même à un instant donné

L'écoulement plus lent dans les secteurs court-circuités et peu profonds du Rhône favorise les échanges avec l'air. Pendant les périodes chaudes, il en résulte un échauffement entre l'amont et l'aval qui peut atteindre 0,5 à 1,0 °C.

Hétérogénéités spatiales de la température de l'eau sur une section du fleuve

P.E. = 1322 MW – Débit du Rhône 649 m³/s
Le 11/08/2003 à 12h40 – Température en °C



EDF-DTG DS-ENV

Source EDF-DTG

Chaque tronçon joue donc un rôle d'apport chaud en été et froid en hiver. À l'intérieur même de ces tronçons, il existe des zones plus fraîches dans les bordures ombragées, et au niveau des apports des nappes alluviales. Au niveau des rejets, les températures ne sont pas identiques partout dans le fleuve.

Les eaux chaudes, moins denses, ont tendance à s'étaler à la surface du fleuve. Les zones plus profondes et la rive opposée au rejet chaud sont moins impactées.

Ces hétérogénéités sont très importantes pour les différentes espèces aquatiques : les plus sensibles à la température peuvent trouver des habitats ou des refuges dans des zones moins échauffées et les espèces plus thermophiles trouvent des veines d'eau qui correspondent plus à leurs préférences thermiques.

Ce qu'il faut retenir

Le Rhône est un fleuve à transfert thermique amont aval, c'est-à-dire que toute influence sur la température se propage loin vers l'aval en se diluant et en s'atténuant. Sa température varie donc d'amont en aval selon l'altitude, le gradient thermique Nord-Sud des températures de l'air, les apports des affluents, ceux-ci étant froids ou chauds selon les saisons. L'augmentation récente de la température moyenne du Rhône est due pour l'essentiel à l'augmentation des températures de l'air, celle-ci étant constatée également sur tous ses affluents. Elle est également modifiée, mais dans une moindre mesure, par la multiplication des usages du fleuve, que ce soit par des rejets directs (centrales thermiques, eaux usées) ou par le changement des conditions d'échanges thermiques (modification des vitesses d'écoulement, des surfaces d'échange entre l'air et l'eau et de la profondeur de l'eau).

Le fonctionnement écologique du Rhône naturel : quelles leçons pour aujourd'hui ?

Jusqu'à une époque récente, les fleuves ont été considérés comme de simples «gouttières» assurant passivement le transfert de l'eau et des sédiments de l'amont vers l'aval, et la plaine alluviale regardée comme le support physique des activités et des aménagements. C'était méconnaître ou oublier le rôle et les fonctions écologiques que remplissait le Rhône, du chenal principal aux forêts alluviales, en passant par tous les espaces aquatiques permanents, semi-aquatiques et terrestres. Ces milieux sont dynamiques ; ils évoluent dans l'espace et dans le temps.

Qu'est ce que la dimension longitudinale du fleuve ?

C'est la dimension amont-aval de l'écosystème du Rhône qui se caractérise par l'augmentation du débit vers l'aval, une réduction de la pente et de la vitesse du courant, une augmentation de la largeur et de la profondeur, aussi par un fort transport solide.

Elle met en évidence deux types de secteurs sur le fleuve :

- les secteurs de tressage constitués de chenaux multiples à faible sinuosité enserrant des îles caillouteuses ;
- les secteurs à lit unique et sinueux (parfois à méandres), plus rares dans les derniers siècles car le tressage s'est développé.

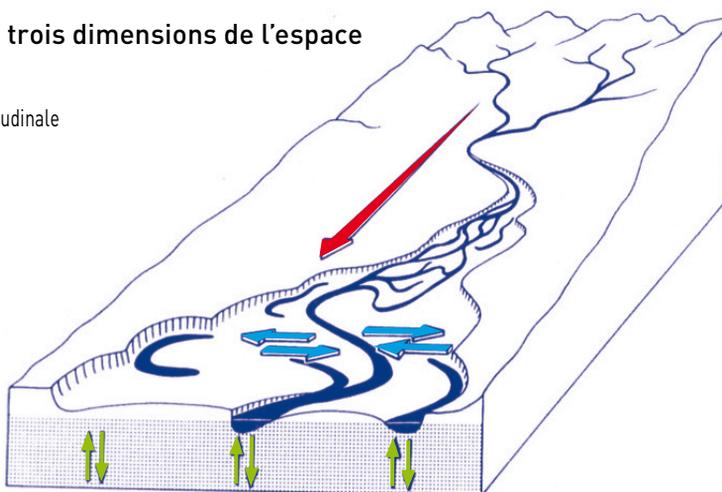
Qu'est ce que la dimension transversale du fleuve ?

C'est le réseau de milieux aquatiques et semi-aquatiques plus ou moins connectés aux eaux courantes du fleuve. On rencontre :

- des bras secondaires actifs ;
- d'autres bras secondaires, isolés du cours principal à leur extrémité amont, qui conservent une connexion permanente avec le chenal par leur extrémité aval ; ils sont soumis aux fluctuations de débit du fleuve ;
- des chenaux connectés au cours principal à l'occasion des crues ; le niveau de leurs eaux stagnantes dépend des remontées de nappe et (ou) des précipitations ;
- des chenaux situés hors de la zone d'inondation, à l'écart des flux.

Le fleuve dans les trois dimensions de l'espace

- Amont - aval ou longitudinale
- Transversale
- Verticale



© In Hydrosystèmes fluviaux, C. Amoros, G.E. Petts



Entrée d'une lône (© G. Poussard).

Ces milieux, soumis à des processus d'alluvionnement et de sédimentation, évoluent plus ou moins rapidement vers des systèmes semi-aquatiques puis « terrestres ».

- Les anciens chenaux de tressage, proches de l'axe fluvial, peu profonds, à substrat de granulométrie grossière et soumis à un alluvionnement minéral important, constituent des écosystèmes à évolution rapide.
- Le déroulement des successions écologiques est plus lent pour les anciens méandres, plus profonds, situés en marge de la plaine alluviale. Leur comblement dépend surtout de l'accumulation de matière organique liée aux peuplements végétaux qui les occupent. Les processus biologiques interviennent seuls dans le comblement des anciens méandres ; leur évolution jusqu'à l'état de marais peut durer plusieurs siècles.

Quelle est l'importance écologique des milieux annexes ?

Connectés de manière permanente ou épisodique au chenal actif, ils participent à la régulation des peuplements du fleuve.

- Les eaux calmes des bras morts (reliques d'un chenal qui a été abandonné par un cours d'eau, par exemple suite au recouplement d'un méandre) sont particulièrement propices à une production planctonique intense, dont une grande partie est entraînée dans le cours principal et contribue à la productivité biologique du fleuve.
- Les bras morts sont des zones de frayères et de nourrissage des poissons, et des zones de refuge lors des crues ou lors des pollutions accidentelles.
- La productivité piscicole du cours principal dépend des connexions entre celui-ci et les bras morts, celle des bras morts connectés au chenal principal étant bien plus élevée que celle de ce dernier.
- L'invasion des bras morts par les eaux de crue constitue un événement déterminant pour la reproduction de nombreuses espèces de poissons des grands cours d'eau. Une réduction des zones d'inondation, donc de la connectivité, par endiguement, chenalisation, barrages, etc. peut avoir des effets sévères sur les peuplements de poissons.

Les forêts alluviales constituent un filtre naturel très efficace, capable de réduire considérablement le taux des substances nutritives des eaux qui les traversent. Ainsi des teneurs élevées en nitrates d'eaux en provenance de zones cultivées peuvent être abaissées de façon spectaculaire par la simple traversée de ces boisements riverains avant de rejoindre le fleuve. Leur potentiel d'épuration naturelle doit être pris en compte dans la gestion des plaines alluviales.

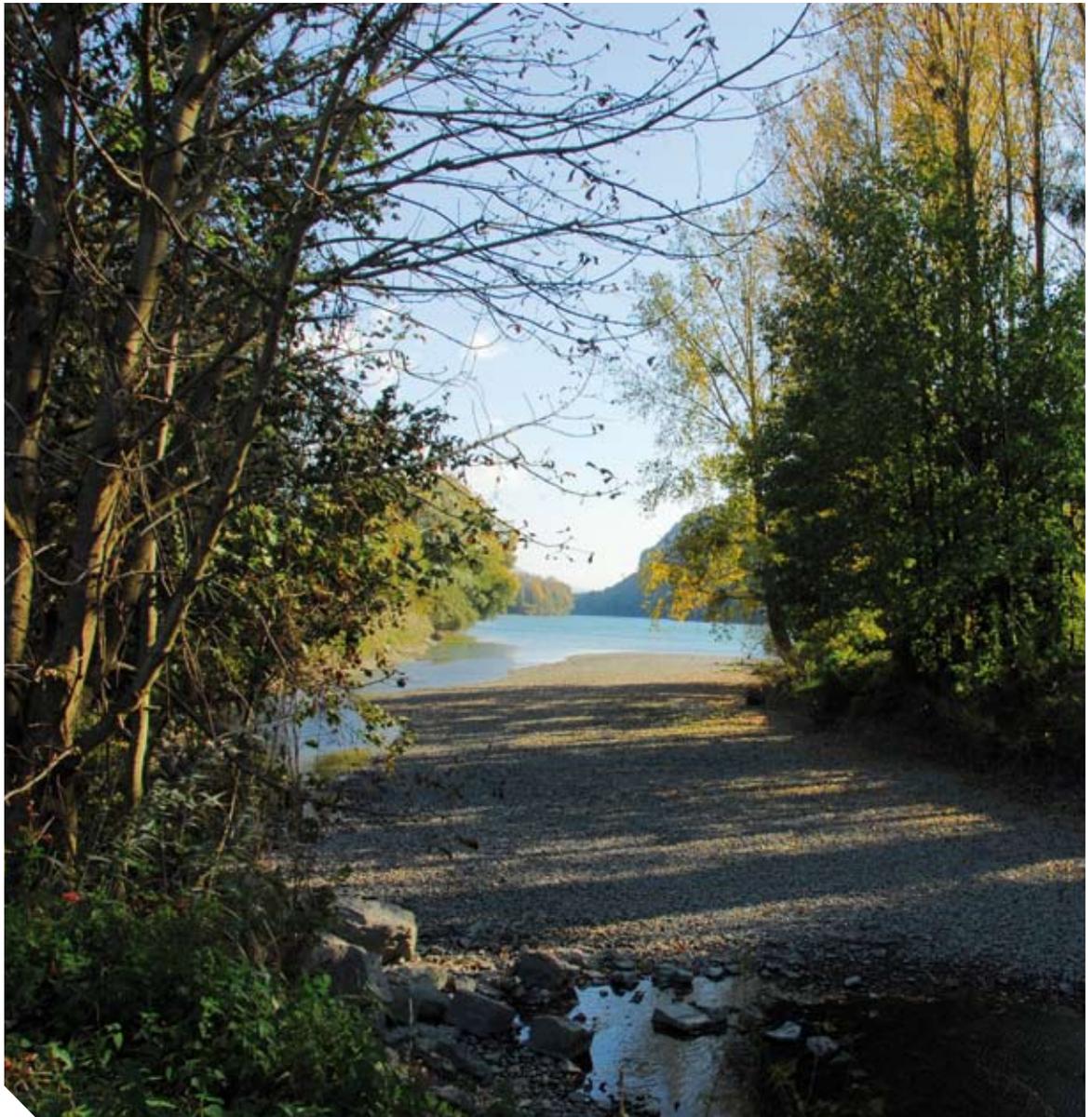
Qu'est ce que la dimension verticale du fleuve ?

Elle est constituée de l'ensemble des écosystèmes souterrains du fleuve. Ils se développent dans les eaux du sous-écoulement du fleuve et dans les nappes phréatiques présentes dans les alluvions.

Lorsque les vides entre les galets sont dépourvus de sédiments fins, l'eau courante du fleuve est connectée à l'eau souterraine ; il se développe alors dans les sédiments une « pellicule biologique » très productive qui résulte de l'association de la faune souterraine et d'organismes benthiques superficiels qui migrent verticalement.

Les eaux souterraines sont très fréquemment utilisées comme source d'eau potable ; leur qualité dépend largement de l'efficacité de cette pellicule biologique qui joue un rôle auto-épurateur important.

La pellicule biologique joue aussi un rôle notable dans la régulation et la résistance des peuplements d'invertébrés des milieux superficiels : ils sont protégés des effets des crues, des assèchements lors des étiages sévères, des pollutions, etc. Ils pourront ultérieurement recoloniser la zone superficielle du sédiment et participer ainsi à la reconstitution des peuplements benthiques après une perturbation d'origine naturelle (crues, étiages) ou humaine.



Une lône du Rhône (© G. Poussard).



Lône du Pillet (© P. Gaydou).

Qu'est ce que la dimension temporelle du fleuve ?

C'est l'effet du temps sur les écosystèmes. Chacun évolue plus ou moins rapidement. Par exemple, la coupure d'un méandre et son comblement complet peuvent s'étaler sur plusieurs siècles alors que le comblement intégral d'un chenal de tressage peut intervenir en quelques décennies seulement.

Qu'implique la gestion écologique des systèmes fluviaux ?

Le fonctionnement et l'évolution de l'ensemble des écosystèmes de la plaine du Rhône dépendent des eaux courantes du fleuve.

La plaine alluviale est un espace où se juxtaposent des écosystèmes différant les uns des autres par leur âge, leur structure, leur composition, et qui évoluent plus ou moins vite. Cette structure en mosaïque de la plaine alluviale était entretenue par le fleuve dont la dynamique naturelle créait des milieux neufs.

Une véritable gestion écologique des systèmes fluviaux ne peut donc être que globale. À la conception statique de conservation des milieux et des peuplements doit se substituer une conception dynamique qui tienne compte du fonctionnement des écosystèmes, des mécanismes, des processus de régénération.

C'est donc la gestion des états présents du système fluvial qu'il faut assurer et surtout celle de ses potentialités.

Ce qu'il faut retenir

La diversité et la complexité d'un hydrosystème fluvial résultent des interactions entre les écosystèmes qui le constituent et qui se développent dans quatre dimensions : longitudinale, transversale, verticale et temporelle.

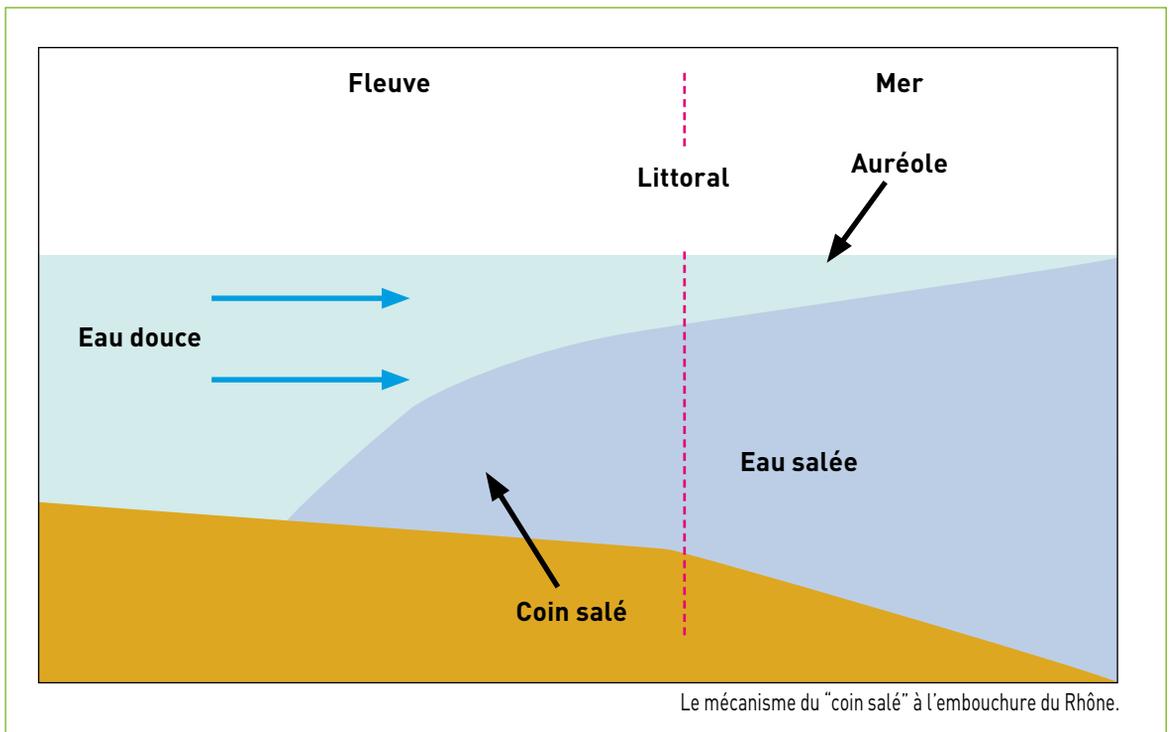
Une stratégie durable de gestion des hydrosystèmes est nécessaire pour en garantir l'intégrité et les potentialités.

L'eau salée de la mer remonte-t-elle dans le fleuve ?

On appelle « coin salé », « langue salée » ou encore « biseau salé » le phénomène d'intrusion d'eau marine dans le lit d'un fleuve, ce nom évoquant la forme de la masse d'eau salée.

L'eau salée a une densité supérieure à l'eau douce et s'insinue comme un coin sous celle-ci lorsqu'elle remonte en « rampant » dans le lit du fleuve. Elle remplit les fosses appelées aussi mouilles puis continue sa remontée en franchissant le seuil suivant.

Le phénomène inverse au biseau salé est l'auréole : c'est l'eau douce qui flotte sur l'eau salée au large de l'embouchure du fleuve.



On parle de l'intrusion de l'eau salée, mais physiquement c'est l'eau du fleuve qui repousse l'eau salée. En effet, si le débit du fleuve était nul, l'eau de mer occuperait toute la partie du lit du Rhône jusqu'à la hauteur du niveau de la mer et elle remonterait jusqu'à Beaucaire.

Quels sont les facteurs qui façonnent le coin salé ?

Le facteur principal est le débit du fleuve : sa faiblesse favorise la remontée du coin salé.

Ont ensuite une influence significative :

- la durée des bas débits du fleuve : si la baisse du débit est trop courte, le phénomène n'a pas le temps d'atteindre son extension maximale ;
- la direction et l'intensité du vent : le vent du nord favorise la remontée du coin salé car il augmente la vitesse de l'eau en surface et, à débit égal, la réduit en profondeur ;
- le niveau de la mer, qui évolue avec la pression atmosphérique ;
- l'amplitude des marées.

Jusqu'où remonte le coin salé et pour quels débits ?

La Compagnie Nationale du Rhône (CNR) s'est intéressée depuis la fin des années 1960 à ce phénomène sur le Grand Rhône. On dispose donc d'un bon nombre d'observations.

Compte tenu de l'influence d'autres paramètres, il faut considérer les informations qui suivent avec prudence, mais on peut retenir les ordres de grandeur.

– Il faut que le débit du Rhône mesuré à Beaucaire descende au-dessous de $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ pour voir le coin salé amorcer sa remontée.

– Il remonte jusqu'au Sambuc (PK 303 environ) pour des débits entre 600 et $800 \text{ m}^3/\text{s}$.

– Il remonte jusqu'au seuil de Thibert (PK 299 environ) pour des débits entre 400 et $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

– Il remonte jusqu'au seuil de Terrin (PK 294 environ) pour des débits entre 300 et $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

La mer étant au PK 330, on voit ainsi que l'eau salée peut remonter sur 35 km dans le lit du Rhône.

Pour situer la fréquence des débits qui ont été cités, il faut rappeler que l'étiage à Beaucaire (débit dépassé 355 jours/an) est de $580 \text{ m}^3/\text{s}$ et le débit moyen de $1700 \text{ m}^3/\text{s}$.



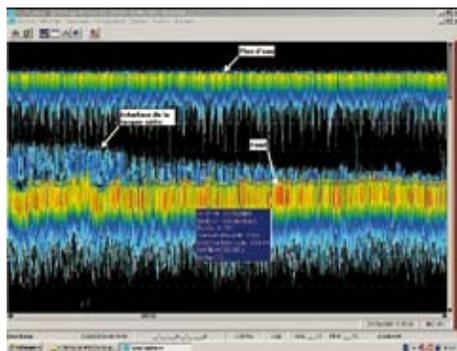
Le Grand Rhône et la station de mesure de salinité au PK 294.5 au seuil de Terrin (© Photothèque CNR).

Où était le coin salé lors des étiages de 2005 et 2007 ?

Dans le cadre de l'approfondissement du chenal de navigation à travers le seuil de Terrin, un affleurement rocheux qui prolonge la Crau d'Arles, la CNR a installé à l'extrémité aval et à mi-longueur du seuil deux stations de mesure de la salinité. Pour la première fois depuis leur mise en service en 1992, ces stations ont mesuré l'arrivée de l'eau salée au mois d'août 2005. Le seuil de Terrin a été franchi pour un débit moyen journalier minimal de $406 \text{ m}^3/\text{s}$ le 15 août (période de retour supérieure à dix ans). Entre octobre et novembre 2007, le coin salé est resté 3 semaines sur le seuil sans le franchir (débit moyen journalier minimal de $370 \text{ m}^3/\text{s}$ le 11 novembre).

Comment mesure-t-on le coin salé ?

La mesure sur une verticale de la salinité de l'eau (on la mesure d'après la conductivité électrique) montre que l'interface eau douce-eau salée est nette. La salinité de l'eau marine est d'environ $33,5 \text{ g/l}$. On passe de 0 à $33,5 \text{ g/l}$ sur 2 m de hauteur et de 8 g/l à 32 g/l sur 50 cm . Il est plus rapide, depuis une embarcation équipée d'un échosondeur, d'émettre des ultrasons qui sont réfléchis par l'interface entre l'eau salée et l'eau douce. On peut ainsi remonter le fleuve et connaître la profondeur du coin salé sur tout son linéaire.



Détection du "coin salé" par exploitation de l'écho d'ultrasons.

Ce qu'il faut retenir

On appelle coin salé, la masse d'eau de mer plus dense qui se trouve au fond du lit du fleuve au voisinage de l'embouchure. Son avancée varie essentiellement en fonction du débit du fleuve : à l'étiage le coin remonte.

En août 2005, le coin salé est remonté de 35 km en amont de l'embouchure du Grand-Rhône.

Les apports du Rhône sont-ils importants pour la vie dans les eaux du golfe du Lion ?

Le Rhône est le premier fleuve de Méditerranée en terme de débit. Ses eaux s'écoulent en mer sous forme d'un panache de dilution qui, dévié par le courant nord-méditerranéen, se dirige vers le sud-ouest et le golfe du Lion. Le Rhône représente plus de 90 % des apports liquides et solides au golfe.

Qui bénéficie des apports dissous ?

Les apports dissous, en particulier les sels nutritifs (nitrates et phosphates) sont consommés dans la colonne d'eau par le phytoplancton**, notamment en bordure du panache et des lentilles qui s'en détachent. Ces dernières sont très productives et influencent une grande partie du golfe du Lion. Ainsi, 70 à 80 % de la production primaire pélagique* du golfe seraient dus aux apports du Rhône. La production primaire phytoplanctonique est utilisée par le zooplancton** qui sert lui-même de nourriture aux petits poissons pélagiques, comme la sardine et l'anchois. Elle est ainsi à la base des chaînes alimentaires conduisant aux prédateurs de ces poissons, comme le merlu ou le thon.



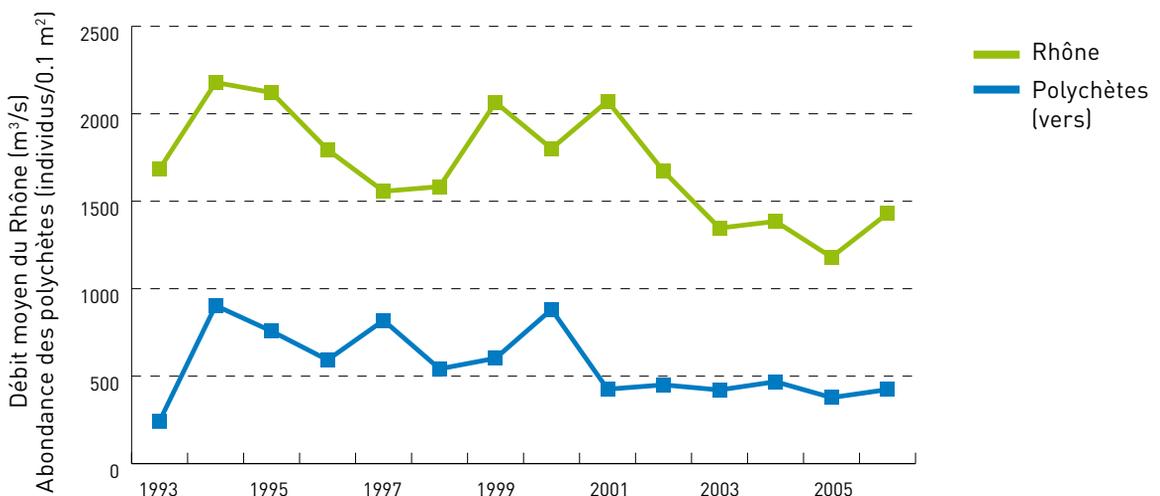
Exemple de crustacé appartenant au zooplancton : une daphnie (*Alona quadrangularis*) (© P. Marmonnier, CNRS).

Qui bénéficie des apports solides ?

Les apports solides du Rhône, à la fois minéraux et organiques, sont proportionnels au débit du fleuve. Face à l'embouchure, le taux de sédimentation est maximum ce qui entraîne la formation d'un prodelta (delta immergé). Dans les sédiments du prodelta, la contribution des apports terrestres au carbone organique est partout supérieure à 50 %.

Cette influence terrestre forte reste sensible vers l'ouest jusqu'à soixante kilomètres de l'embouchure. Ces apports solides, auxquels se surajoute la matière organique issue de la sédimentation de la production planctonique, contrôlent la distribution des peuplements d'invertébrés benthiques*** (coquillages, vers, crustacés...) : leur biomasse est multipliée par trois face à l'embouchure du Grand Rhône et leur densité moyenne annuelle évolue dans le temps suivant le débit moyen du fleuve.

Ces invertébrés benthiques servent de nourriture à de nombreux poissons de fond (rouget, lotte, sole, cithare...). Les apports solides du Rhône sont ainsi à la base des chaînes alimentaires conduisant à ces espèces exploitées.



L'abondance moyenne annuelle des annélides polychètes, proies principales de la sole commune, varie parallèlement au débit moyen annuel du Rhône à Beaucaire.

Importance du Rhône pour les poissons

Des corrélations positives ont été observées entre la distribution et l'abondance de nombreuses espèces de poissons (merlu, sole, cithare, cardine, lotte) et la proximité du delta du Rhône. Ces travaux montrent aussi que, pour une espèce donnée, la croissance, la reproduction et la survie, sont plus élevées dans l'est du golfe du Lion que dans l'ouest et ce, aussi bien pour des poissons vivant en pleine eau (sardine) que pour des poissons de fond (sole commune).

Ainsi, l'enrichissement des eaux du golfe du Lion par les apports dissous et celui des sédiments par les apports solides du Rhône régulent l'abondance des poissons tant au niveau du fond que de la colonne d'eau et contribuent fortement au maintien et au renouvellement de leurs stocks dans le golfe.

Dans le cas de la sole, ceci s'explique par l'augmentation, après les crues, des populations des proies principales des soles, le cycle de vie de ces proies et celui de la sole. Une technique analytique performante (isotopes stables) a permis de montrer que c'est bien le carbone organique apporté par le fleuve qui est à la base de la chaîne alimentaire qui conduit à cette espèce.

* **Pélagique** : organisme vivant en pleine eau (contraire de benthique).

** **Plancton** : végétaux (phyto) et animaux (zoo) de petite taille se développant dans les couches supérieures des eaux marines et douces.

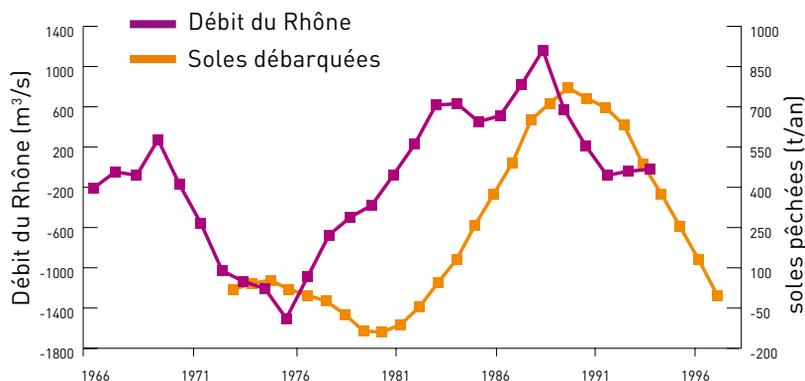
*** **Benthique** : vivant sur le fond (contraire de pélagique).



La sole commune (*Solea solea*) est abondante au large du delta du Rhône (© R. Graille).

La sole commune : une espèce étroitement liée aux apports du Rhône.

La plupart des soles pêchées dans le Golfe du Lion sont capturées au large du Rhône et débarquées dans les ports de Martigues et de Sète. Au cours de la période 1972-1997 ces débarquements ont varié parallèlement au débit du Rhône, mais avec un décalage de 5 ans.



Fluctuations du débit moyen annuel du Rhône à Beaucaire et des débarquements annuels de sole commune à Martigues. La corrélation maximale est observée avec un délai de 5 ans. Les données sont en sommes cumulées des écarts à la moyenne.

Ce qu'il faut retenir

Du point de vue biologique, la Méditerranée est un environnement très diversifié mais peu productif.

L'impact hautement bénéfique des apports liquides et solides du Rhône crée un contraste fort entre le golfe du Lion et le reste du bassin nord occidental méditerranéen.

Ainsi, le golfe du Lion fournit, tous produits confondus (poissons, crustacés et coquillages), plus de 90% des quantités débarquées sur les côtes françaises de Méditerranée.

Quel rôle joue le Rhône dans la migration des espèces ?

Contexte

Les cours d'eau, par leur structure longitudinale naturelle sont des axes de migration privilégiés pour tous les organismes non-fixés. La survie des espèces est généralement assurée par une phase de dispersion des individus dont le stade de développement concerné varie d'une espèce à l'autre. La complexité locale des plaines alluviales offre des mosaïques d'habitats allant des zones courantes à granulométrie grossière aux annexes calmes à substrats plus fins, souvent colonisées par la végétation aquatique.

Dans ce contexte, les espèces effectuent des déplacements latéraux, en particulier les poissons et les invertébrés. Les espèces qui ont colonisé progressivement le Rhône et ses affluents au cours des temps géologiques possèdent donc des caractéristiques biologiques et écologiques leur permettant d'optimiser au mieux leur utilisation des différents types d'habitats du système fluvial. Il existait donc, avant le cloisonnement du Rhône par les aménagements du XIX^e et du XX^e siècle, des patrons de migrations longitudinales et latérales des espèces, les plus connus étant ceux des poissons.

Aujourd'hui, de nombreuses actions sont mises en œuvre pour réhabiliter les voies de migration des poissons.

La colonisation du fleuve

Le Rhône constitue toujours un axe de dispersion pour des espèces non-natives qui utilisent le réseau fluvial pour agrandir leur aire de répartition (crustacés *Dikerogammarus* -, mollusques - *Corbicula fluminea*, poissons - carassin argenté, *pseudorasbora*, silure glane etc.).

Les poissons migrateurs

Les cas les plus démonstratifs et les mieux documentés concernent les grands migrateurs (poissons diadromes). L'alose, l'esturgeon et deux espèces de lamproies, la lamproie fluviatile et la lamproie marine sont des espèces anadromes du bassin rhodanien qui se reproduisent en eau douce. Pour ces espèces, le Rhône constituait une voie de migration permettant l'accès aux

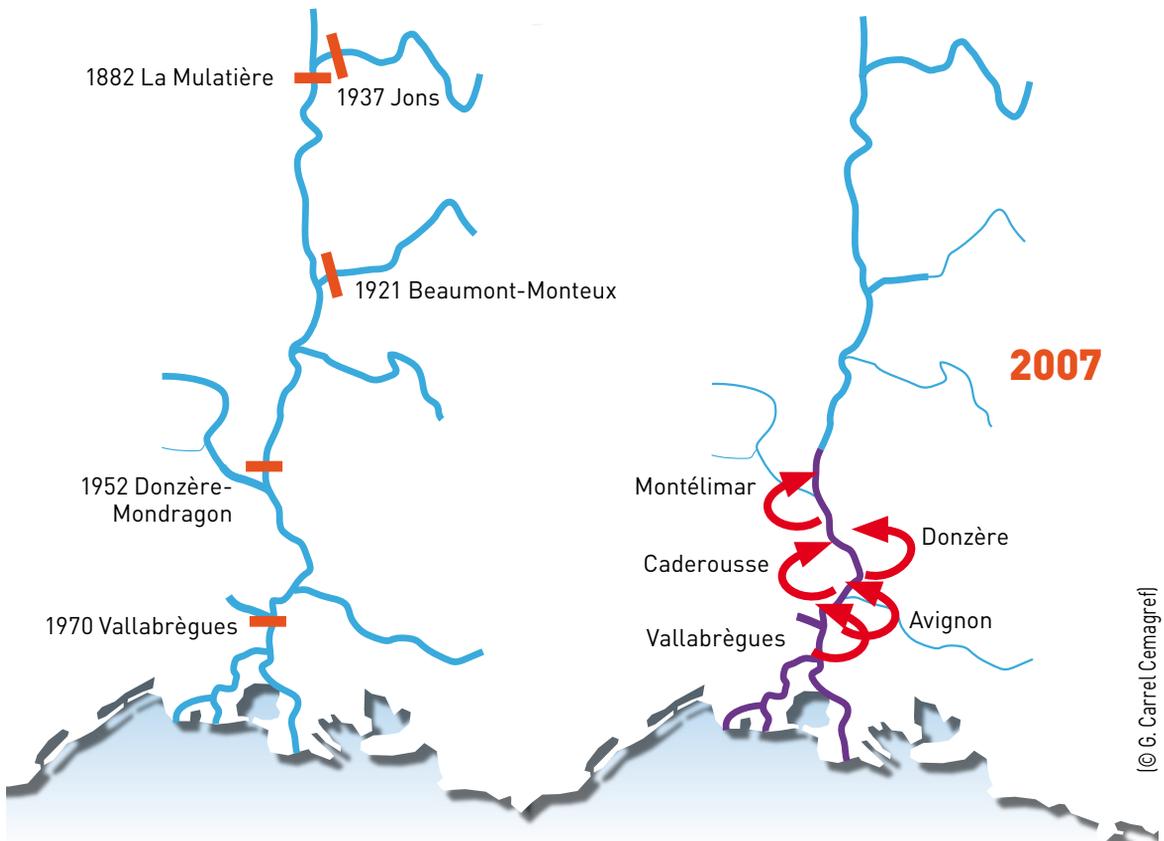
frayères situées soit dans le fleuve lui-même, soit dans les affluents (i.e. la Saône et ses affluents).

Dans le Rhône, les Pertes du Rhône constituaient un obstacle naturel à la progression des espèces vers l'amont, mais quelques cas de passage d'anguilles en amont des pertes sont signalés dans la littérature. La limite supérieure de la migration de la plupart des espèces (anguille comprise) se situait donc en aval de Bellegarde, avec

un accès possible au Lac du Bourget via le Canal de Savières. Le passage des grands migrateurs dans le Rhône valaisan au-delà du Léman n'est pas documenté. L'édification d'obstacles infranchissables le long du Rhône a fortement restreint la capacité d'accès aux frayères et de déplacement (dans les deux sens) des grands migrateurs. Pour l'anguille, dont le cycle est à l'inverse de celui des autres grands migrateurs, le fleuve constitue un milieu de croissance et de maturation des individus, la reproduction se déroulant en Mer des Sargasses. La remontée des anguillettes est bloquée massivement dès le barrage de Vallabrègues, bien



Alose (© MRM).



© G. Carrel (Cemagref)

Représentation schématique de l'amplitude de migration de l'aloise
(Alosa fallax rhodanensis) dans le bassin du Rhône.
 À gauche : aire de distribution hypothétique de l'espèce reconstituée à partir de documents historiques et principaux barrages à la migration.
 À droite : reconquête progressive des aires de reproduction par l'aloise suite aux mesures de réhabilitation des voies migratoires.

Ce qu'il faut retenir

Le réseau fluvial est utilisé par des espèces qui s'y déplacent naturellement, activement ou passivement (dérive), pour y accomplir des fonctions biologiques importantes (notamment la reproduction). Les aménagements du fleuve ont réduit l'amplitude des migrations et des efforts importants sont entrepris depuis 1992 pour faciliter les déplacements des poissons («débit d'appel» dans les écluses, constructions de passes à poissons...). Grâce à ces actions, l'aloise remonte aujourd'hui pour frayer dans le Gardon et l'Ardèche et certainement plus en amont dans le Rhône.

que les anguilles empruntent les écluses de navigation, les effectifs d'anguilles décroissent à l'amont pour atteindre à Lyon des effectifs très faibles. À maturité sexuelle (anguilles argentées), les barrages et les usines hydroélectriques constituent alors des obstacles à la dévalaison et les turbines sont susceptibles de causer des blessures importantes (pertes estimées entre 10 et 15% par usine selon des données extérieures).

Des données précises seraient nécessaires pour dresser un bilan détaillé de l'intensité et de l'amplitude des migrations d'anguilles remontant et dévalant le Rhône (effectifs, tailles...). D'une manière générale, les effectifs d'anguille européenne sont en déclin et les raisons sont multiples : surpêche, destruction des habitats, cloisonnement des cours d'eau, parasitisme (*Anguillicola crassus*).

Les espèces amphihalines (loup, mulot-porc, mulot à grosse tête) effectuaient des migrations jusqu'à Avignon (85 km en amont de la mer), leurs migrations se concentrent aujourd'hui aux derniers 65 km du fleuve, bien que certaines espèces (mulets) franchissent les écluses.

Beaucoup d'espèces rhéophiles (aimant le courant comme truite, ombre commun, hotu, barbeau fluviatile...) effectuent des migrations, en général vers l'amont et dans les affluents, au moment de la reproduction.

Les migrations latérales concernent de nombreuses espèces de poissons qui utilisent la végétation aquatique des annexes fluviales comme support de reproduction (brochet, perche fluviatile, tanche, rotengle, carpe...).

Quel est l'impact du changement climatique sur l'hydrologie dans le bassin du Rhône ?

Le contexte

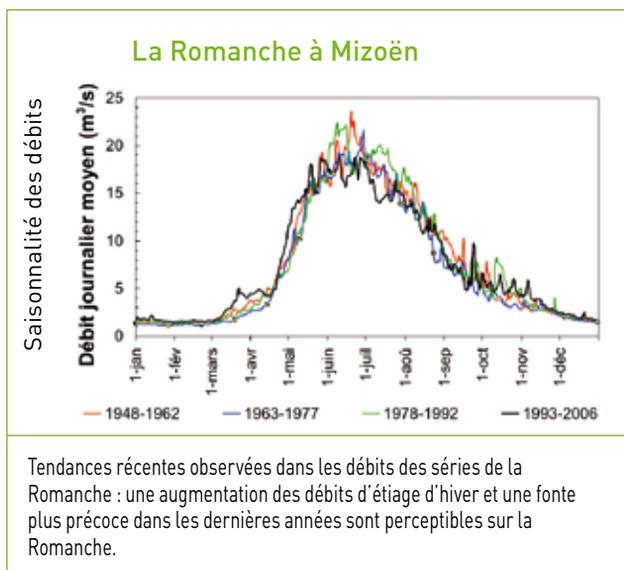
Le réchauffement climatique est considéré comme avéré par la communauté scientifique. Les changements les plus nets concernent la température de l'air, qui a augmenté sur les terres émergées de l'Hémisphère Nord d'environ 0,35 °C/décade sur la période 1979-2005. La France montre des évolutions plus prononcées encore. Si la pluviométrie annuelle a augmenté en France au cours du xx^e siècle, excepté sur le pourtour méditerranéen, l'évolution des pluies extrêmes n'est pas suffisamment marquée pour mettre en cause leur stationnarité. Les projections futures du climat annoncées par les modèles de circulation générales restent incertaines. L'augmentation des températures et les évolutions de la pluviométrie, récentes ou futures, auraient dû ou devraient se répercuter sur les régimes hydrologiques.

Un regard sur le passé

Une analyse des débits menée à l'échelle nationale conclut à l'absence d'évolution générale significative sur les quarante dernières années, les changements détectés n'étant pas en nombre suffisant pour rejeter l'hypothèse qu'ils soient dus au hasard.

Mais des changements locaux existent. En région alpine, les étiages d'hiver sont moins sévères du fait d'une fonte nivale plus précoce, et les écoulements d'origine glaciaires en hausse dans les Alpes du Nord.

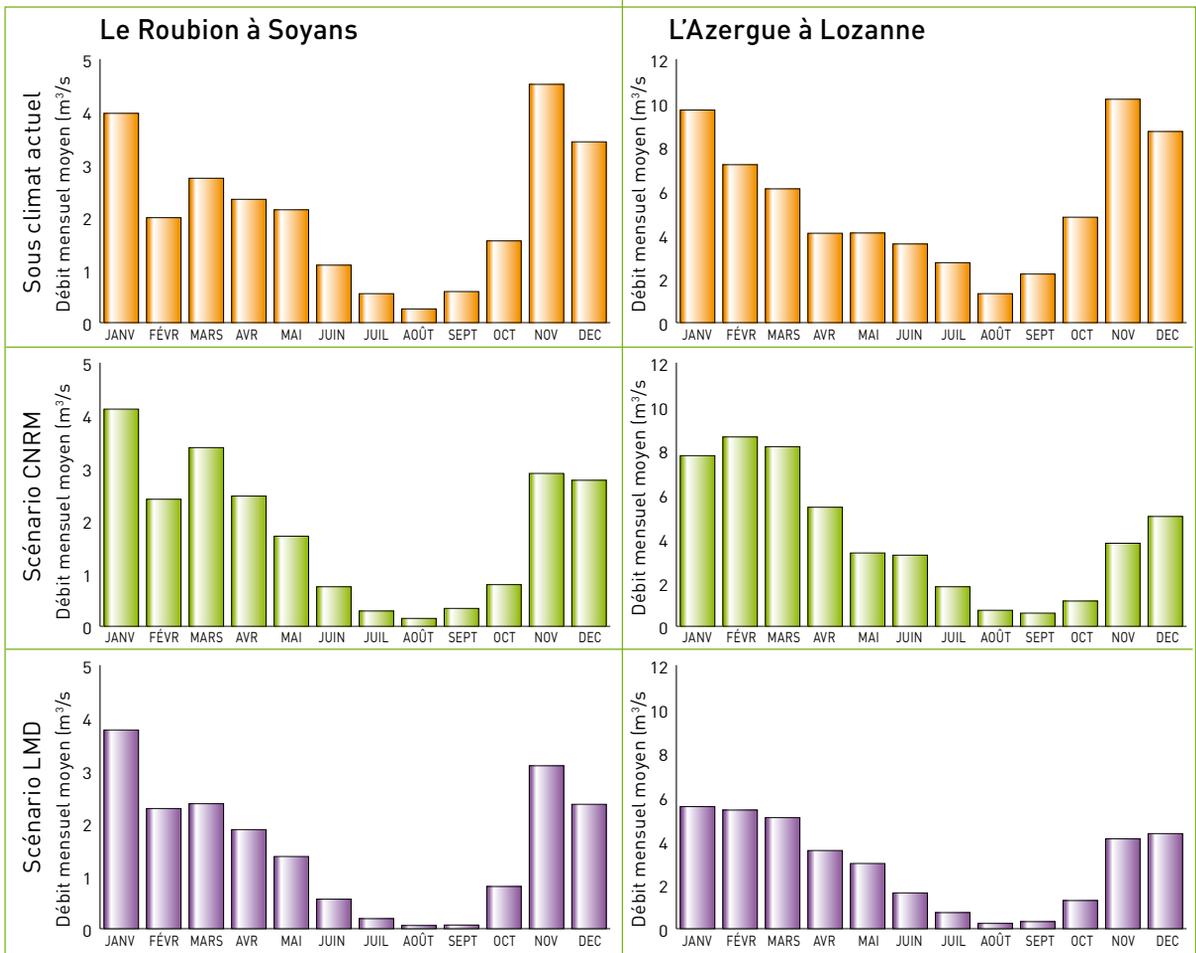
Sur le Rhône proprement dit, des ruptures dans le régime hydrologique peuvent être identifiées. Les plus anciennes semblent imputables aux actions humaines. Les autres, plus nombreuses, se concentrent autour de 1940 et de 1970. En matière de crues, la période 1940-1970 serait une phase de relative accalmie. Les années post 1970 seraient plus riches en épisodes de crue à l'image de la fin du xix^e siècle avant l'aménagement du fleuve. Sur un tel système, où le débit est naturellement complexe et perturbé par la gestion humaine, il est difficile d'isoler la part éventuellement due à l'évolution du climat.



Un regard sur le futur

Dans les années 1999-2004, climatologues, hydrologues et biologistes se sont réunis afin d'examiner le devenir du Rhône face au changement climatique annoncé (programme Gestion Impacts du Changement Climatique – GICC Rhône).

Deux représentations numériques du fonctionnement naturel du bassin ont été testées en reconstitution du passé. Des séries temporelles futures ont ensuite été élaborées sur la base de six scénarios de circulation générale désagrégées à l'échelle du Rhône selon la méthode dite « des perturbations », la seule réellement disponible alors. Les climats résultant présentent une hausse de la température de l'air entre 1 °C et 3 °C, une évolution incertaine des précipitations en hiver (entre +10 et -10 % selon le scénario) et une baisse de la pluviométrie en été (-5 %) par rapport au présent.



Évolution du régime hydrologique de deux cours du bassin du Rhône selon deux scénarios haute résolution du projet GICC Rhône (CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques ; LMD : Laboratoire de Météorologie Dynamique) : les étiages de ces deux cours d'eau sont fortement diminués quel que soit le scénario appliqué. Cependant les valeurs sont très différentes.

Ce qu'il faut retenir

Il est difficile d'apprécier en quoi l'évolution du climat a modifié le système rhodanien. Mais d'ores et déjà, des constats peuvent être faits pour le futur.

La réduction du manteau neigeux, la fonte des neiges plus précoce et les phénomènes d'évaporation accentués provoqueront une modification des rapports de chaque acteur économique avec le fleuve notamment pendant les étiages du Rhône, même si à ce jour, des chiffres fiables ne peuvent être établis.

Ces séries ont alimenté les deux modèles pluie-débit pour examen des conséquences sur le régime hydrologique.

En hiver, la neige ne perdurera qu'en haute montagne ; son stock plus faible et une fonte avancée provoqueront des écoulements des rivières alpines plus irréguliers. Une plus grande évaporation tout au long de l'année diminuera le débit annuel et plus notablement les étiages estivaux de nombreuses rivières, suscitant inévitablement des tensions sur la ressource en eau entre usagers. L'évolution des crues n'est par contre pas claire.

Plusieurs inconnues demeurent. Elles concernent l'évolution de l'occupation du sol, de la végétation, des activités humaines qui se modifieront, sans qu'on sache actuellement de quelle manière. Il ne semble pas que les incertitudes de modélisation hydrologique soient les plus importantes. L'incertitude qui pèse est celle de l'évolution climatique, puis celle liée aux stratégies d'adaptation.

Le changement climatique sera d'un ordre de grandeur suffisant pour provoquer des changements sensibles dans l'économie naturelle de l'eau. Ceci suggère de ne pas accroître notre dépendance vis-à-vis 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.



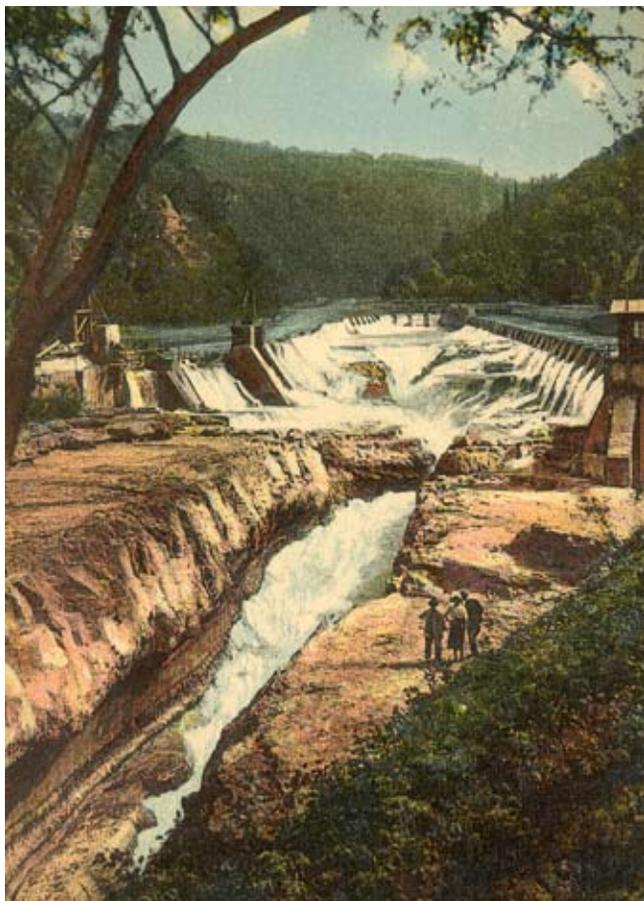
Le pont de Rochemaure. Le premier pont, construit en 1842, fut détruit par la crue de 1856. Le pont suspendu actuel remonte à 1858 ; ses piles construites en style château-fort s'harmonisent avec les ruines du château médiéval. Partiellement reconstruit après les bombardements aériens d'août 1944, ce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

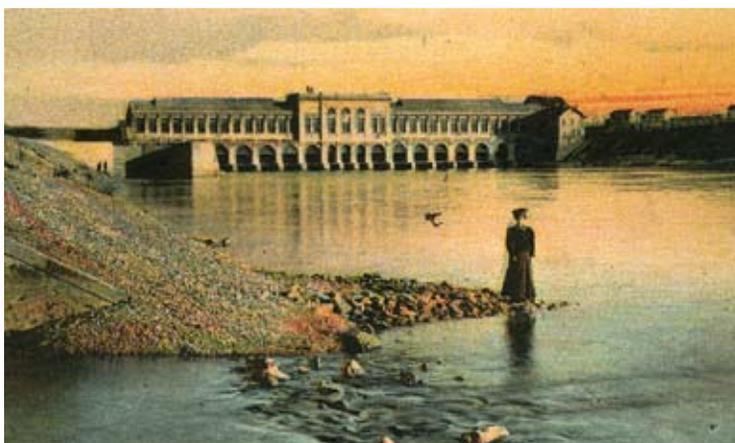
Les grands aménagements à but énergétique

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.

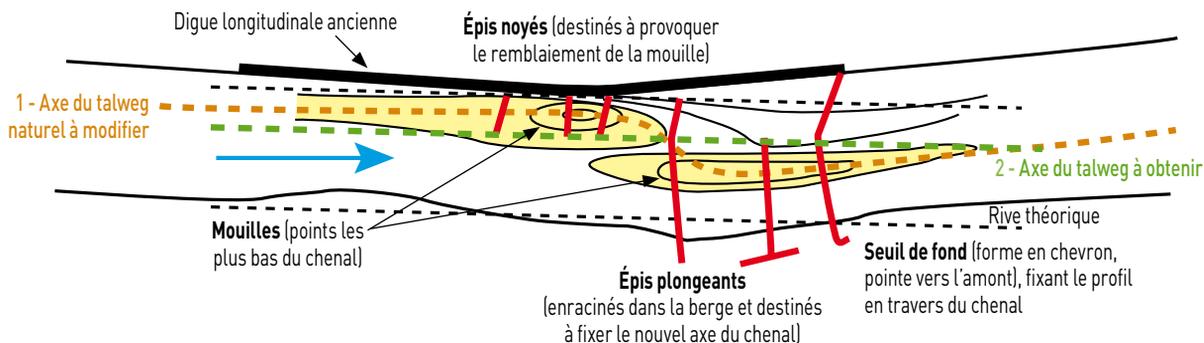
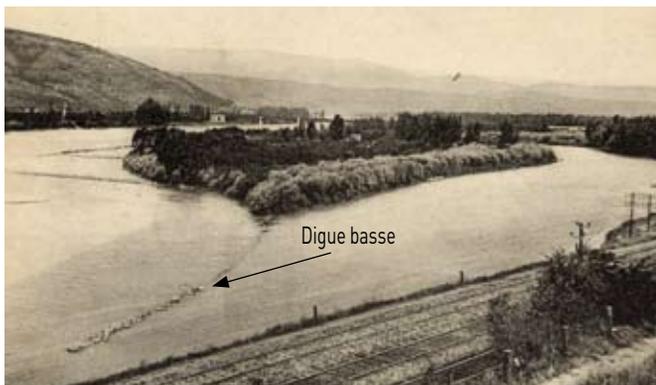
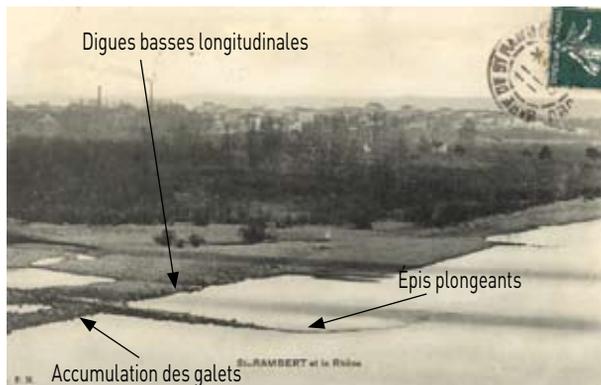


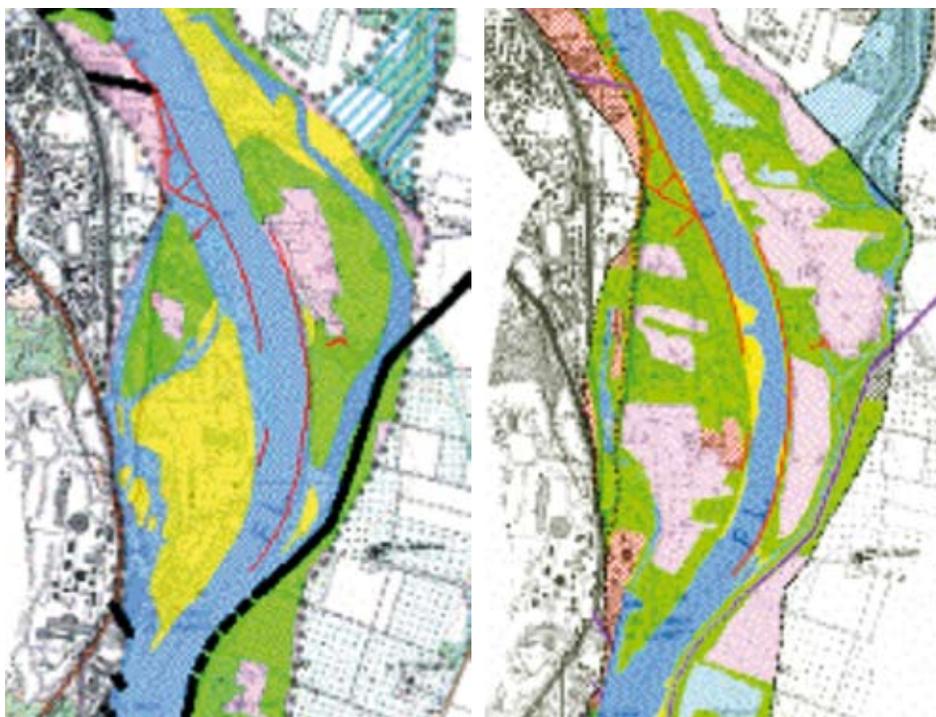
Fig. 1 : Le tracé en marron est celui du talweg (la ligne des points les plus bas) d'un « mauvais passage ». Les épis ont pour objectif de parvenir à un tracé plus favorable au passage des bateaux. En concentrant les écoulements sur un axe donné, ils favorisent le creusement du lit et son uniformisation,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

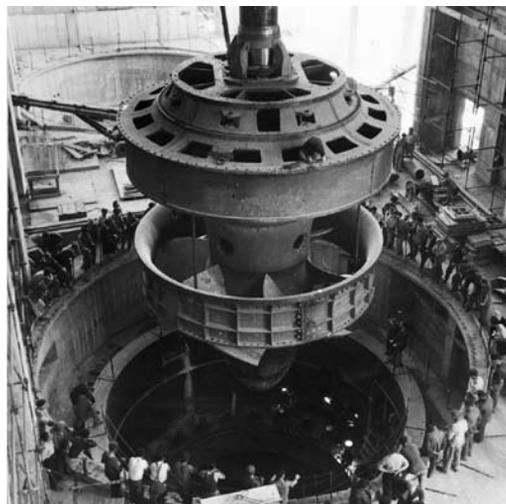
Sans entrer dans le détail de l'activité de la CNR entre 1933 et 1945, le principe est que les aménagements rentables financent ceux qui ne le sont pas. Ceci impose de réaliser en premier lieu un ouvrage hydroélectrique à forte rentabilité. La CNR est donc tributaire d'une logique électrique. Le choix 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-Seysssel	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.

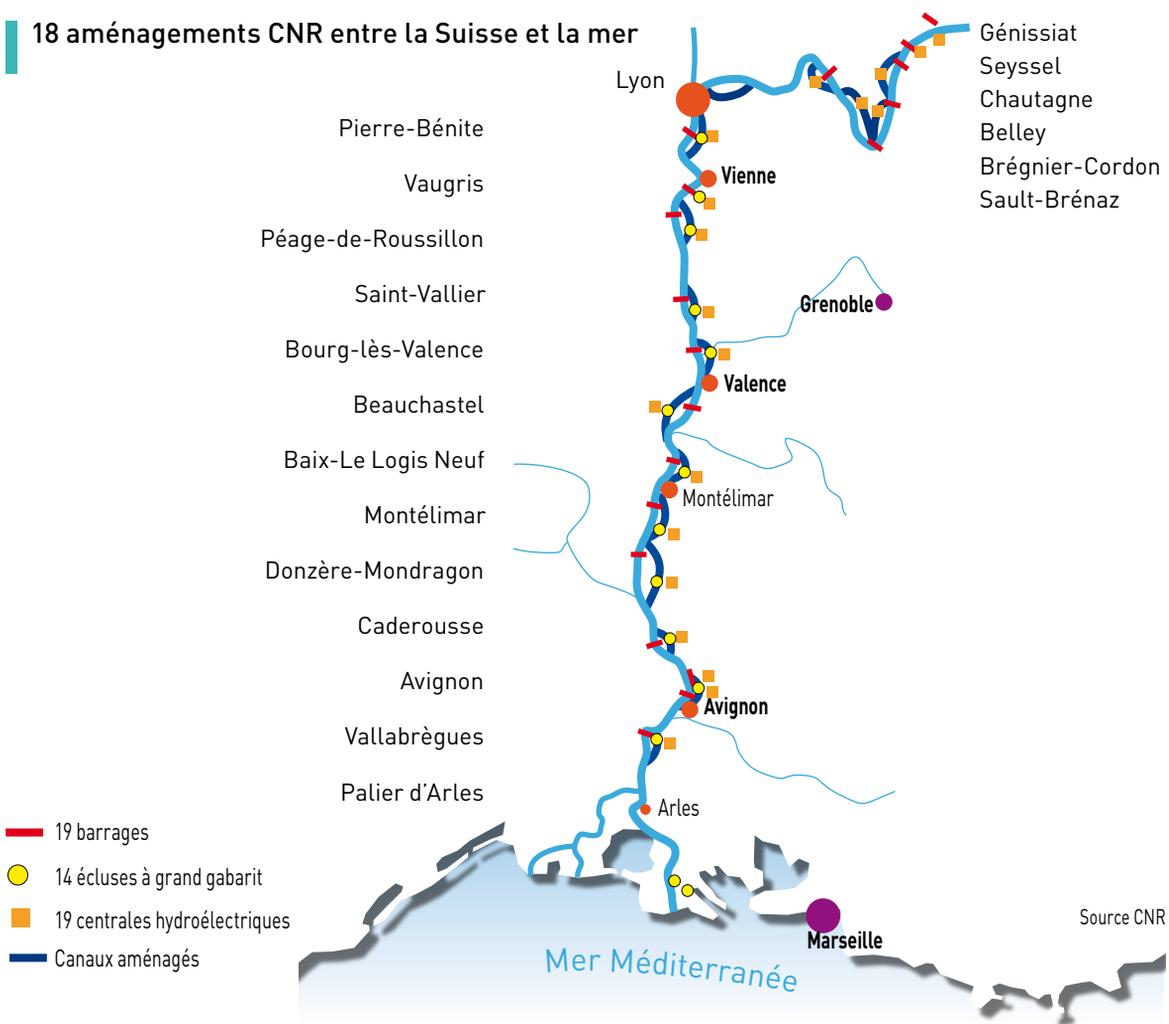
2004 : démarrage du premier plan à cinq ans pour les Missions d'Intérêt Général.

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



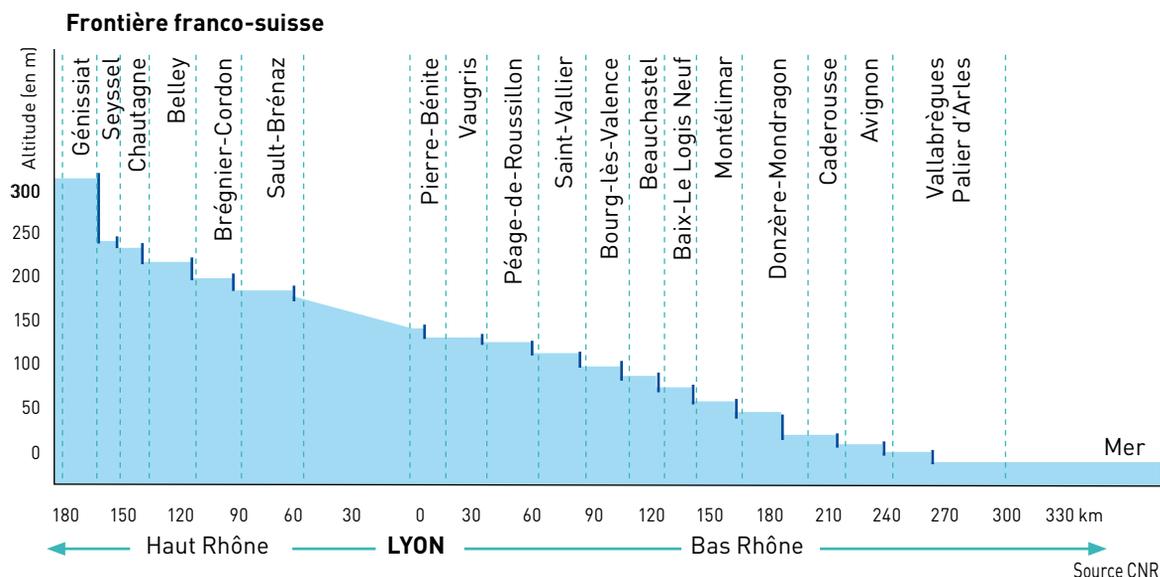
Les travaux d'aménagement ont débuté par le port Édouard-Herriot de Lyon dès 1934 et se sont poursuivis par la construction du barrage de Génissiat qui a été mis en service en 1948 après une longue période d'interruption pendant la guerre. Les grands travaux se sont terminés avec la mise en service de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



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

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.

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.

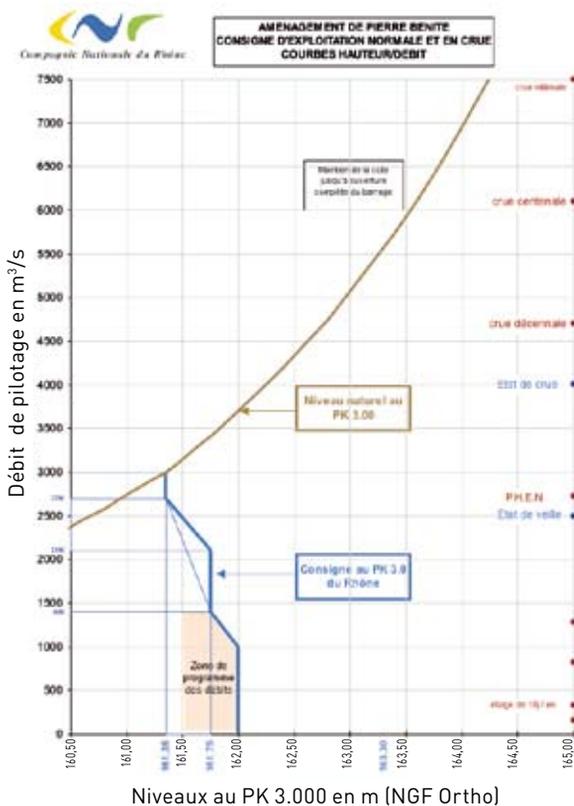
Chaque chute doit réagir aux perturbations des chutes amont, tout en se préoccupant de ses propres effets sur les chutes aval et en respectant les règles fixées par sa consigne d'exploitation. Ces règles sont définies de façon à satisfaire les objectifs et contraintes aussi bien en période normale qu'en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

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

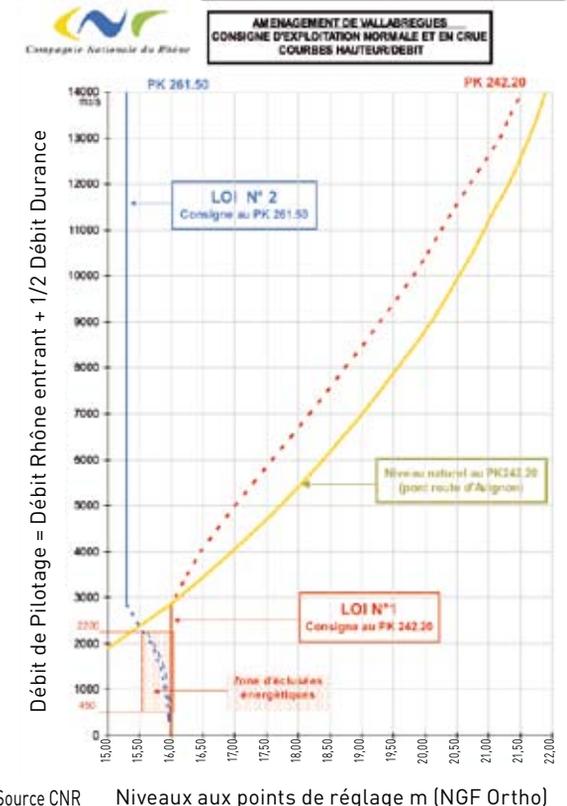
Le mode de gestion est basé principalement sur la régulation des niveaux des plans d'eau en fonction des débits entrants de chacun des aménagements.

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).

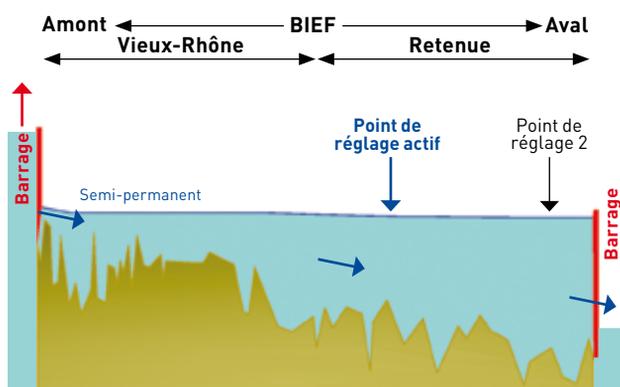
La consigne d'exploitation définit pour chaque aménagement des lois hauteur/débit $Q(H)$ à respecter en des points de contrôle précis de la retenue appelés «points de réglage». La détermination de ces points et des lois $Q(H)$ associées font l'objet d'études hydrauliques tenant compte des caractéristiques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

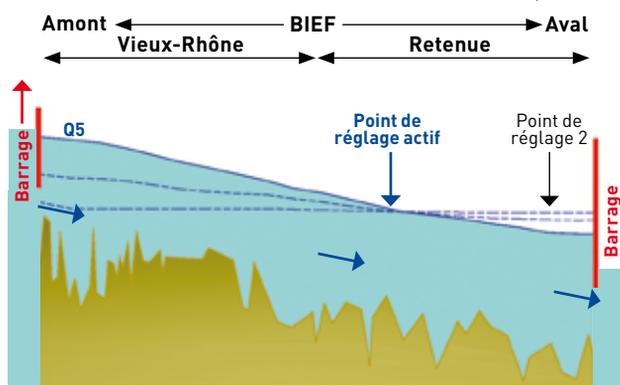
Chaque retenue possède un ou deux points de réglage. La régulation du plan d'eau est assurée par l'usine tant que le débit du Rhône est inférieur à son débit d'équipement. Au-delà, c'est le barrage qui s'ouvre progressivement et qui assure la continuité de la régulation. Pour les forts débits, il en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

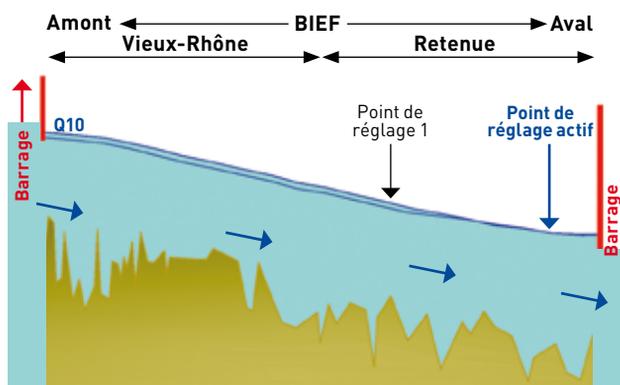
De même, le basculement du plan d'eau conduit à l'abaissement du niveau à l'amont de l'usine et à l'exhaussement de son niveau aval. La chute disparaît progressivement et la production électrique devient marginale. Cependant, sauf exception, l'usine reste en fonctionnement, non plus dans un objectif 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...).



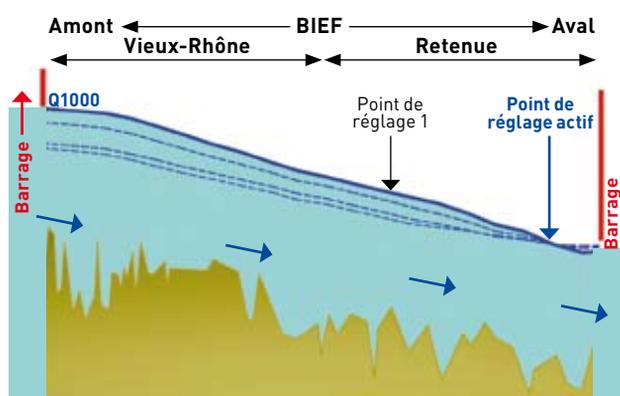
Débit semi-permanent



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.

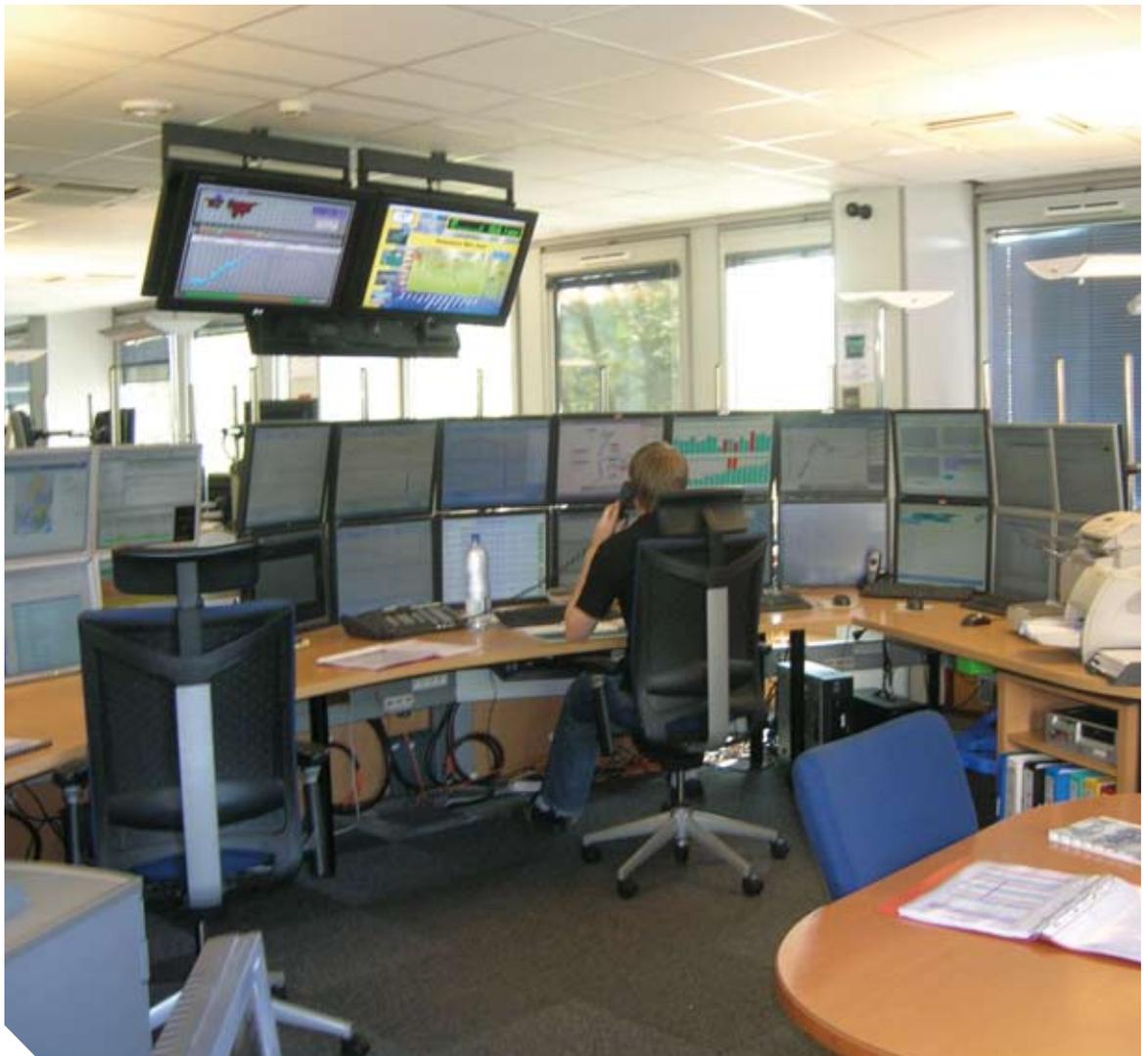
Quels sont les modes de gestion et de conduite des ouvrages ?

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.

4

L'importance économique du fleuve



Quelles ressources le Rhône offre-t-il ?

Le Rhône combine deux facteurs, débit et pente, qui constituent ses principales ressources et commandent de multiples usages.

Son débit, mesuré à Beaucaire, s'élève à 1700 m³/s, ce qui le place au troisième rang des fleuves européens, derrière le Danube et le Rhin mais bien avant les autres fleuves français.

Sa pente, qui augmente entre La Voulte et Pont-Saint-Esprit, jusqu'à atteindre 1,53 m/km au niveau de Donzère, reste encore forte avec 0,25 m/km au niveau de Beaucaire. Longtemps, cette pente fut réputée calamiteuse, car elle accentuait les étiages et les crues tout en rendant difficiles «décizes» (descentes) et «remontes». Depuis l'achèvement du programme d'aménagement du Rhône, l'inconvénient de la pente s'est mué en atout et le Rhône est devenu le plus polyvalent des fleuves français :

- **régulation et navigation** : les canaux de dérivation et les biefs de retenue garantissent les lignes d'eau nécessaires à la navigation ;
- **protection contre les crues** : les digues de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) assurent une protection relative hors crues extraordinaires sur de nombreux secteurs en amont de Beaucaire. Cette protection n'est pas un objectif mais une conséquence de l'aménagement et ne s'étend pas à toute la vallée. De nombreuses plaines restent partiellement inondables (voir question 05-05 «Les aménagements du fleuve ont-ils un effet sur les inondations?»). Certaines digues situées hors programme de la CNR ont montré leur fragilité tant dans le secteur d'Aramon que dans le Trébon et en Camargue ;
- **drainage et récupération des terres basses**: la mise en place de contre-canaux de drainage au droit des aménagements a permis une certaine régulation des nappes aquifères. Par ailleurs, les travaux d'aménagement ont rattaché aux plaines rhodaniennes un certain nombre d'îles (Printegarde, Tentébé, Saint-George) dont les potentialités agricoles ont été améliorées ;
- **irrigation** : l'offre et les facilités d'accès à l'eau ont été améliorées ;
- **alimentation en eau potable** : l'abondance d'eau est assurée tant par les nappes que par le fleuve ;
- **fourniture d'eau aux industries y compris le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires** ;



Le barrage de Seyssel, vue vers le sud (© Photothèque CNR).



Fluvio-maritime sur le Rhône à Arles (© SNRS).

- **production d'énergie hydro-électrique;**
- **réhabilitation du milieu naturel:** plusieurs programmes de restauration et de préservation des zones humides liées au fleuve ont été mis en place mais le potentiel et la diversité halieutique ont été affectés;
- **récréation:** suite aux aménagements, l'offre touristique a connu un accroissement inattendu, mais certaines activités comme la baignade sont en régression.

Les termes de ce bilan mettent en évidence la diversité des usages de l'eau, accrue et confortée par les aménagements, ainsi qu'un potentiel électrique considérable.

Si les éléments quantitatifs et qualitatifs de ce bilan demandent à être nuancés, il n'en reste pas moins que des eaux abondantes confèrent à la vallée de sérieux atouts. Même en période d'étiage, les débits dépassés 355 jours par an à l'aval de Lyon varient entre 200 m³/s à La Mulatière et 450 m³/s à Beaucaire. C'est plus qu'il n'en faut pour répondre aux besoins futurs dans une projection de l'ordre du demi-siècle.

Seul point faible, les étiages de la Saône peuvent tomber à 37 m³/s au niveau de Trévoux.



Port Saint-Louis (© P. Gaydou).

Quelle est l'importance de la production énergétique du Rhône ?

La vallée du Rhône a suivi le développement technique des différentes filières de production d'électricité avec dès la fin du XIX^e siècle l'hydroélectricité dont l'équipement se poursuit au XX^e siècle par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) et les centrales thermiques à flamme ou nucléaires d'EDF.

L'Union européenne exige qu'en 2010, 21 % de l'électricité consommée en France soit produite par des énergies renouvelables, une opportunité pour le développement de l'énergie hydroélectrique et de l'éolien.

Qu'est-ce que la «rente énergétique» du Rhône ?

La valorisation du potentiel énergétique, plus connue sous l'expression de «rente énergétique du Rhône» a subi les aléas d'une histoire tourmentée.

Dans la perspective tracée par les promoteurs du projet rhodanien, la vente de l'énergie produite par la première centrale (Génissiat) devait assurer le financement de la seconde centrale (Donzère), tout en dégagant des profits réinvestis dans la vallée et en apportant ainsi une contribution décisive à son aménagement.

Dans le contexte actuel, on peut assimiler la «rente du Rhône» aux redevances et impôts que la CNR verse à l'État, que ce soit à titre contractuel en application de son cahier des charges (environ 148 M€ en 2006) ou au titre de l'impôt sur les sociétés (environ 96 M€ en 2006), ainsi que les taxes professionnelles et foncières redistribuées aux collectivités territoriales (en 2006 environ 50 M€).

L'hydroélectricité

La pente et le débit élevé du Rhône justifient les aménagements hydroélectriques du fleuve et de ses affluents.

Le processus d'aménagement s'est fait lentement. Amorcé très tôt et de façon brillante avec la construction de l'ouvrage de Cusset (1899), ce processus a stagné longtemps entre la loi du Rhône (1921) et la mise en exploitation de Génissiat (1948). Cette lenteur de la phase d'équipement hydro-électrique, combinée avec la politique de péréquation tarifaire à l'échelle nationale définie en 1946, n'a pas favorisé l'implantation d'industries consommant de l'électricité à des tarifs préférentiels sur les sites de production, hors le complexe électronucléaire (Marcoule, Tricastin).

L'énergie hydroélectrique produite sur le fleuve dans son parcours français s'élève en moyenne annuelle à 16 400 GWh grâce à un ensemble de dix-neuf chutes aménagées. Compte tenu de la production des autres centrales notamment alpines, cette filière représente plus de 93% de l'énergie renouvelable électrique et place la France au premier rang européen dans ce secteur.

La production du fleuve varie selon les débits journaliers et saisonniers. L'énergie produite est faiblement modulable, grâce essentiellement à l'apport de la chute de Génissiat qui dispose d'une petite réserve de 50 millions de m³. Le stockage d'une partie des débits dans les biefs amont de chaque centrale permet de satisfaire chaque jour une demande de pointe horaire. Cette pratique altère le régime naturel du fleuve qui est également impacté par la gestion suisse des eaux du Léman par stockage en période de consommation creuse (par exemple le week-end) et lâchers en périodes de pointe.



Barrage de Rochemaure et centrale nucléaire de Cruas (© Photothèque CNR).



Centrale nucléaire du Bugey (© EDF)

Le nucléaire

L'eau du fleuve est également utilisée comme source froide pour le refroidissement de la centrale thermique d'Aramon et des centrales nucléaires de Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin totalisant 16 tranches. Deux technologies sont utilisées : le circuit ouvert qui sollicite de forts débits pour un échange direct avec le fleuve ; le circuit fermé qui utilise un faible volume pour compléter la quantité évaporée par les aéroréfrigérants. L'énergie produite annuellement par ce secteur s'élève à 90 000 GWh.

Dans l'avenir, le problème essentiel tiendra au renouvellement des centrales nucléaires dont la durée de vie est de l'ordre de 40 à 50 ans, de sorte que le système nucléaire rhodanien devra être remplacé entre 2020 et 2030. À ces dates, les centrales du type EPR devraient être opérationnelles mais leur implantation dans la vallée du Rhône relève de choix dans les politiques énergétiques et environnementales.

PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS LE BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE

Bassin RM	Hydroélectricité		Thermique et nucléaire		Total	
	Puissance MW	Productible GWh	Puissance MW	Productible GWh	Puissance MW	Productible GWh
Total EDF	10 600	24 200	14 800	89 200	25 400	113 400
Total CNR	3 000	16 000			3 000	16 000
Autres producteurs	400	1 500			400	1 500
TOTAL	14 000	41 700	14 800	89 200	28 800	130 900

TABLEAU COMPARATIF DES MODES DE PRODUCTION

	Puissance unitaire MW	Puissance totale MW	Énergie moyenne annuelle produite en GWh	Habitants alimentés par la source de production (Hypothèse : 5 000 kWh/Hab)
Parc de 10 éoliennes	2	20	50	10 000
Usine hydro-électrique de Bourg-lès-Valence	31	186	1 090	218 000
Centre de production nucléaire du Tricastin	900	3 600	24 000	4 800 000

Le watt (W) correspond à la puissance d'une machine qui produit 1 joule (J) par seconde.

Le kilowatt-heure correspond à l'énergie fournie en 1 heure par une machine ayant une puissance de 1KW.

Source Plan Rhône

L'éolien

La vallée du Rhône, couloir de vent, est propice à l'éolien. La région Languedoc-Rousillon avec une puissance de 162 MW installée en 2006 (sur un total français de 920 MW) est moteur dans ce domaine, mais pour l'essentiel hors vallée du Rhône, dans l'Aude.

La région Rhône-Alpes se lance aussi avec 100 MW installés et autant en projet. L'établissement d'un schéma de développement de l'éolien à l'échelle du couloir rhodanien pourrait mettre en cohérence les différentes zones de développement de l'éolien (ZDE).

Quels sont dans l'avenir les termes d'une politique énergétique rhodanienne ?

Actuellement, le noyau fort des productions hydrauliques et nucléaires correspond à la région Rhône-Alpes. Cette région, la seconde en France pour la consommation d'électricité est largement exportatrice puisqu'elle produit 120 TWh pour une consommation de l'ordre de 63 TWh. Ce bilan peut se lire de façon positive (une capacité d'exportation) ou négative (un potentiel insuffisamment valorisé sur place).

Il convient également de prendre en compte dans une réflexion sur l'avenir énergétique, le contexte socio-économique en termes d'emplois directs et indirects induits par ces filières de production et par les industries associées, ainsi que les ressources financières apportées par la fiscalité locale portant sur ces installations.

Un équilibre doit être enfin trouvé pour développer une production énergétique combinant les modes de production existant tout en respectant l'environnement et les différents usages liés au fleuve.



Parc d'éoliennes dans la Crau (© P. Gaydou).

Ce qu'il faut retenir

La vallée du Rhône est incontestablement la vallée énergétique de la France avec une production cumulée hydroélectrique et thermique étendue à l'échelle du bassin, de 131 TWh, soit 22,7% d'une production nationale de l'ordre de 576 TWh.

La forte position du bassin rhodanien est confortée par l'existence de lignes à haute tension qui suivent la vallée et assurent l'interconnexion entre les divers sites de production.

Le Rhône est-il un axe de transport d'avenir pour les marchandises ?

Axe majeur reliant l'Europe du Nord à la Méditerranée, le système Saône-Rhône a constitué de tout temps une formidable voie d'échanges. Quelques chiffres sur le fret fluvial et une présentation des réalités du transport fluvial apportent des éléments pour apprécier l'importance du Rhône comme axe de transport d'avenir pour le fret.

Le Rhône est-il un grand fleuve pour le transport fluvial ?

À l'époque gallo-romaine, le Rhône, prolongé par la Saône est l'un des fleuves les plus fréquentés de l'Empire romain après le Nil. Au Moyen Age, il transporte du sel, des métaux, du bois et des céréales.

Au XIX^e siècle, il connaît une phase de déclin face à la concurrence du rail. Si l'activité se maintient, il faut attendre les aménagements de la CNR qui ouvrent la navigation à grand gabarit sur plus de 300 km, pour relancer la navigation rhodanienne.

Le transport fluvial bénéficie depuis quelques années d'une incontestable relance

Jusqu'à l'ouverture de l'écluse de Donzère-Mondragon en 1950, le trafic se maintient difficilement autour de 500 000 tonnes. En 1970, il atteint 3,5 millions de tonnes. En 2007, le transport commercial sur l'axe Saône-Rhône s'élève à 6,4 millions de tonnes, soit une progression très sensible. Un bond en avant avec une évolution de 0,7 à 1,3 milliards de tonnes-kilomètres réalisé entre 1997 et 2007. Cette nouvelle dynamique est en grande partie le fruit d'actions coordonnées menées dans le cadre du Plan de Développement Transport (intitulé Plan Rhône en 1994). Ce plan de relance a permis :

- de mobiliser des moyens financiers (contrats de plan État-Régions) pour moderniser les plates-formes portuaires et renouveler la flotte marchande ;
- d'approfondir le chenal de navigation de la Saône, de Chalon à St-Jean-de-Losne, permettant la remontée des navires fluvio-maritimes jusqu'à Pagny ;

QUELQUES TRAFICS COMPARÉS

en millions de tonnes pour l'année 2007

Rhône	6,4
France	56
Rhin à Emmerich	206
Saint-Laurent à Montréal	75
Mississippi à Baton Rouge	350
Danube à Galatsi	20
Liaison Rhin-Main-Danube	2,6



Automoteur sur le Rhône (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS)

- d'organiser la profession des navigants autour de structures commerciales plus compétitives (création de deux coopératives);
- une meilleure prise en charge par le Port Autonome de Marseille, des escales fluviales à Fos, grâce à la création de nouveaux terminaux (silos céréaliers de Tellines), et à la réorganisation des opérations de manutention;
- d'inciter de nouveaux chargeurs à s'installer bord à voie d'eau pour y développer des logistiques fluviales.

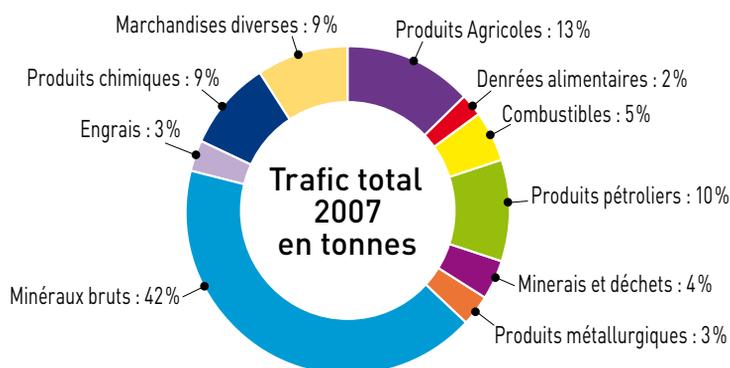
Ce nouveau contexte a bénéficié aux lignes régulières de conteneurs dont l'activité est passée en dix ans de 5000 à 60000 Equivalents Vingt Pieds (EVP) par an. Cependant, le trafic fluvial rhodanien reste modeste, quels que soient les termes de comparaison.

RÉPARTITION DU TRAFIC

PAR TYPE D'UNITÉ (2006 ENTRE ARLES ET LYON) (source CNR)

	Milliers t.	%	Millions t-km	%
Automoteurs du Rhône	2 412	47	606,6	48
Convois poussés	2 157	36	424,8	35
Fluvio-maritimes	722	14	190,4	14
Automoteurs type Freycinet	123	3	23	3
Total	5416	100	1245	100

TRAFIC PAR CATÉGORIES DE MARCHANDISES EN 2007 SUR L'AXE RHÔNE-SAÔNE



Trafic total Rhône-Saône	Milliers t.	%	Millions t-km	%
Produits agricoles	0,8	13	313	23
Denrées alimentaires	0,1	2	61	4
Combustibles	0,3	5	116	8
Produits pétroliers	0,6	10	128	9
Minerais et déchets	0,2	4	87	6
Produits métallurgiques	0,2	3	62	5
Minéraux bruts	2,7	42	174	13
Engrais	0,2	3	73	5
Produits chimiques	0,6	9	174	13
Diverses	0,5	9	186	14
Total	6,4	100	1633	100

La flotte rhodanienne s'est renouvelée et diversifiée suite à l'amélioration de la voie navigable

Jusqu'en 1950, la flotte était composée d'automoteurs de 850 à 1350 t de port en lourd, fortement motorisés pour remonter le fleuve. Cette flotte se compose aujourd'hui d'automoteurs pouvant transporter jusqu'à 2500 t de marchandises, de convois poussés formés de deux barges transportant jusqu'à 4400 t et de quelques navires fluviomaritimes dont la capacité est limitée en amont d'Arles, à 1500 t.

Faute de connexion avec l'ensemble du réseau navigable, cette flotte est captive et seuls quelques automoteurs au gabarit des canaux Freycinet (250 t) peuvent rompre cet enclavement vers le nord.

Les marchandises transportées sont constituées en majorité de vrac solide et pulvérulent (céréales, sel, charbon, bois, engrais, granulats, ciment, ferrailles) et liquide (hydrocarbures, produits chimiques), de produits industriels (colis lourds) et de conteneurs, avec un net déséquilibre en faveur des exportations (70,7% contre 29,3% aux importations).



Le Port Édouard-Herriot (© Le Grand Lyon/J. Léone)

Les déséquilibres des flux, s'agissant notamment des vracs solides, peuvent poser des problèmes de disponibilité de cale à certaines périodes de l'année. Le fleuve joue un rôle important dans les exportations de céréales vers les pays du sud de la Méditerranée.

Le trafic fluvial ne représente encore qu'une faible fraction du mouvement de marchandises entre Lyon et Fos-Marseille, soit 6% contre 78% pour la route et 16% pour le rail. Si le trafic est réparti entre de nombreux ports, voire de simples appontements, seuls Lyon-Édouard-Herriot et Fos-fluvial dépassent le million de tonnes manipulées. Dans le port de Marseille-Fos, pour un trafic de 92 millions de tonnes en 2006, la part du trafic fluvial reste marginale, soit 5,2% contre 7,3% au rail et 87,5% à la route.

Le trafic fluvial a de nombreux avantages

Un convoi poussé de deux barges transporte 4000 t, soit une charge équivalente à celle d'un convoi ferroviaire de cent dix wagons ou cent soixante-seize camions. Sa consommation énergétique est faible, soit en kiloéquivalent-pétrole par tonne transportée sur les 320 km du trajet Lyon-Marseille, contre 1,16 pour le fluvial, 2,46 pour le transport ferroviaire et 6,4 pour le transport par camion.

Le transport fluvial est peu impactant en termes de

EMISSIONS DE POLLUANTS

en grammes par t/km (Source VNF)

	Eau	Fer	Route
C₀₂	0,04	0,2	0,5
HC	0,01	0,1	0,2
NOX	0,3	0,5	1,0
SO₂	0,3	0,04	0,03
Particules	0,006	0,03	0,08



Fluvio-maritime dans l'écluse de Beaucaistel (© SNRS).

pollution : il est peu bruyant et permet d'accéder au cœur des agglomérations en réduisant le trajet routier terminal. C'est donc un vecteur de développement durable.

Il présente cependant des handicaps

La navigation peut être interrompue en cas de crue, notamment en raison du manque de tirant d'air sous les ponts. Mais en moyenne ces interruptions de la navigation commerciale représentent moins de huit jours par an. L'enclavement du bassin Saône-Rhône au nord pour les bateaux de grand gabarit, ne permet pas d'avoir une gestion souple de la cale. L'adaptation du matériel aux évolutions de trafic est difficile et nécessite des transferts de bateaux coûteux. Certaines infrastructures portuaires et sites de réparation navale sont saturés. Enclavé au nord, le système navigable rhodanien est orienté vers les ports de Marseille-Fos et de Sète. Il souffre du manque de compétitivité de Marseille-Fos par rapport à Gênes et Barcelone. Le trafic conteneurs de Marseille (0,916 m° EVP) est inférieur à celui de Gênes-La Spezia (1 669) et Barcelone (1 916). Mais surtout, il faut 30 heures de port à port pour le transport d'un EVP entre Lyon et Fos, contre 5 heures porte à porte sur la route.

Les acteurs du Rhône ont lancé à travers le Plan Rhône, des chantiers pour surmonter ces handicaps :

- développement de la compétitivité de la profession ;
- recherche de solutions pour désenclaver le bassin ;
- développement d'infrastructures interface maritime-fluvial à Fos ;
- modernisation des ouvrages de navigation.

Ce qu'il faut retenir

Encore marginal dans un bilan global, le transport fluvial de marchandises est prometteur sur l'axe Rhône-Saône.

En pleine expansion, peu impactant pour l'environnement, il doit disposer d'infrastructures adaptées à son évolution, et améliorer sa complémentarité avec les autres modes de transport, en favorisant les implantations d'activités dans les zones portuaires.

Les activités industrielles prélèvent-elles beaucoup d'eau dans le Rhône ?

Les activités industrielles se sont implantées progressivement le long du fleuve afin de bénéficier de sa ressource abondante utilisée soit pour le refroidissement, soit pour divers processus de fabrication.

En dépit de la confidentialité de certaines données, la distinction doit être faite, d'une part entre les prélèvements liés à la production d'énergie et ceux liés aux activités industrielles, d'autre part entre les prélèvements directs dans le fleuve et ceux effectués dans les nappes du complexe sédimentaire rhodanien.

Prélèvements liés à la production d'énergie

Les prélèvements annuels liés aux activités énergétiques s'élèvent à environ 12800 millions de m³, ce qui représente la part la plus importante des prélèvements d'eau dans le Rhône. Le secteur industriel classique et l'agriculture représentent chacun de l'ordre de 3% des prélèvements.

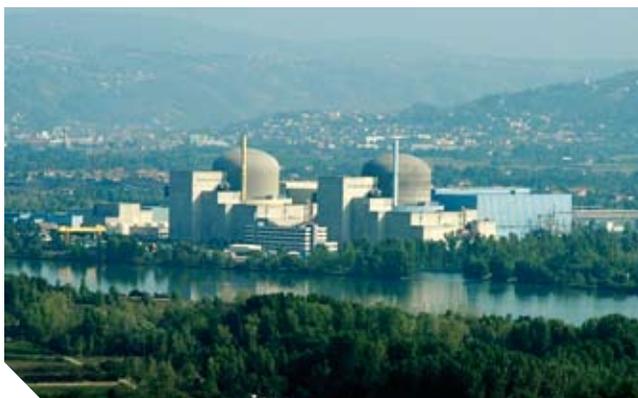
La part essentielle des volumes prélevés par le secteur énergétique (hors hydroélectricité) correspond à des circuits ouverts dans lesquels l'eau prélevée en amont des sites de production est rejetée immédiatement en aval après échauffement dans les condenseurs. Une faible partie correspond à des circuits fermés qui rejettent une partie de l'eau réchauffée dans le fleuve par le dispositif de purge et évaporent dans des tours de refroidissement des débits évalués à 0,75 m³/s par tranche nucléaire, soit un débit équivalent à 4,5 m³/s sur l'ensemble du cours du Rhône. Globalement, la restitution des prélèvements énergétiques est donc de l'ordre de 99%.

PRÉLÈVEMENTS LIÉS À LA PRODUCTION D'ÉNERGIE (Source EDF)

Unités de production	Nombre de tranches en circuit fermé (aéroréfrigérant)	Nombre de tranches en circuit ouvert	Volume annuel prélevé (Millions de m ³)
EDF-CNPE Bugey	2	2	3 100
EDF-CNPE St Alban		2	4 100
EDF-CNPE Cruas	4		500
EDF-CNPE Tricastin		4	5 000
EDF-CPT Aramon		2	90
Total	6	10	12 790

Prélèvements liés aux activités industrielles

Les prélèvements annuels liés aux activités industrielles s'élèvent au total à 267 millions de m³ et se répartissent à peu près par moitié entre le fleuve (137 millions de m³) et la nappe d'accompagnement (130 millions de m³). L'ensemble correspond à un prélèvement théorique continue de 4,3 m³/s, soit un volume modeste par rapport au débit fluvial. La majeure partie de ces prélèvements retourne au fleuve, ce qui pose la question de l'épuration de ces rejets.



Centrale nucléaire de Saint-Alban (© G. Poussard)

PRÉLÈVEMENTS LIÉS À LA PRODUCTION INDUSTRIELLE(prélèvements supérieurs à 500 000 m³/an) (Source J. Bethemont)

Département	Volumes prélevés/an (Millions de m ³)	%
Haute-Savoie	0	0,0
Savoie	0	0,0
Ain	0,2	0,1
Rhône	104,3	39,1
Loire	0	0,0
Ardèche	3,2	1,2
Isère	31,3	11,7
Drôme	31,2	11,6
Gard	28,2	10,6
Vaucluse	12,0	4,5
Bouches-du-Rhône	56,6	21,2
Total	267,0	100

La région lyonnaise et le secteur rhodanien des Bouches-du-Rhône cumulent 60,5% des prélèvements, alors que l'Ain, l'Ardèche et le Vaucluse n'en totalisent que 5,7%. De leur côté, les prélèvements correspondant aux secteurs drômois et gardois relèvent pour l'essentiel des activités liées au nucléaire (Cogema).

Quelles sont les activités industrielles représentées ?

La répartition des prélèvements selon les secteurs d'activité montre la prédominance du nucléaire et de la chimie. Les huit établissements fabriquant des combustibles nucléaires réalisent 42% des prélèvements. De leur côté, les établissements

relevant de la chimie et de la pétrochimie consomment 30% de l'eau prélevée dans le fleuve et dans les nappes. Outre la chimie prédominante dans la région Rhône-Alpes et dans les Bouches-du-Rhône, on relève de nombreuses branches d'activité où dominent le traitement des matériaux (ciment, produits réfractaires, les textiles artificiels, la papeterie et divers services dont l'élimination des déchets).

Peut-on prévoir des modifications dans la balance actuelle des prélèvements industriels ?

Du fait des recompositions opérées par les grands groupes financiers à l'échelle planétaire et des processus de délocalisation qui découlent de ces mouvements, toute prévision est sujette à caution dans les principaux secteurs industriels. Seul, le secteur énergétique constitue une composante stable.



Feyzin – 69, dans la vallée de la chimie (© GRAIE)

Ce qu'il faut retenir

Les activités industrielles, en partie celles liées à la production d'énergie, prélèvent des quantités importantes d'eau nécessaires à leur fonctionnement.

Mais l'essentiel retourne au fleuve et la partie réellement consommée reste modeste par rapport au débit du fleuve.

Le rôle du fleuve et de sa nappe alluviale dans la mise en valeur des terres agricoles

Le fleuve et ses nappes d'accompagnement offrent une ressource abondante et pérenne mais utilisée très inégalement par les riverains, notamment dans le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône qui utilisent de préférence l'eau des affluents, notamment la Durance.

Quelle est la répartition spatiale des surfaces irriguées et de la consommation d'eau ?

Les superficies effectivement irriguées par le Rhône, la Saône et les nappes d'accompagnement du fleuve totalisent un peu moins de 110 000 hectares pour une superficie irrigable de l'ordre de 190 000 hectares.

Les besoins en eau des cultures s'accroissent du nord au sud et la distinction doit être faite entre irrigation d'appoint au nord et irrigation de fond au sud. Concrètement, un hectare de maïs consomme 2 500 m³/an dans la plaine de l'Ain, contre 4 500 m³ dans la région d'Arles.

Sur un autre plan, les consommations réelles varient selon les techniques, le rendement de l'eau passant de 18% pour l'irrigation gravitaire, à 100% pour l'irrigation sous pression (40% aspersion et 70% goutte-à-goutte). Le prix de l'eau constitue une autre variable et seul le pompage direct dans le Rhône assorti de prix très modestes permet la culture du riz en Camargue.



Prise d'eau à Péage-de-Roussillon (© G. Poussard)

SUPERFICIES IRRIGUÉES PAR LE RHÔNE, LA SAÔNE ET LES NAPPES D'ACCOMPAGNEMENT, classement par département et volumes consommés (Source RGA)

Département	Hectares irrigués	Volumes théoriquement consommés (milliers de m ³)
Haute-Savoie	24	60
Savoie	169	422
Saône-et-Loire	1 298	322
Ain	12 250	30 625
Rhône	4 136	10 340
Loire	705	1 762
Isère	5 576	16 728
Ardèche	3 186	12 744
Drôme	26 698	106 792
Vaucluse	4 723	21 253
Gard	15 502	69 759
Bouches-du-Rhône	34 094	153 423
Total	107 911	360 940



Le Rhône dans les Basses Terres du Bas-Dauphiné (© P. Gaydou)

Les prélèvements au titre de l'agriculture vont-ils évoluer et dans quel sens ?

La riziculture qui exige des apports d'eau considérables, de l'ordre 30 000 à 50 000 m³/ha selon la nature des sols, est en régression. Les superficies cultivées dans le Comtat et la basse plaine du Rhône régressent face à l'expansion des superficies urbanisées ou industrialisées. Enfin, la progression des techniques du goutte-à-goutte réduit la consommation d'eau par les cultures délicates (vergers et primeurs). Ces divers facteurs pourraient entraîner une diminution des consommations.

À l'inverse, des superficies importantes cultivées en arboriculture se convertissent en assolements du type colza/maïs, suite à la concurrence italienne et espagnole, et grâce aux facilités offertes par la PAC. L'accroissement consécutif de la consommation en eau pourrait s'amplifier avec le développement de la filière biocarburants.

Qu'est-ce que la Convention de Vallabrègues ?

Les ouvrages de la CNR ont amputé le territoire agricole d'environ 10 000 hectares. Dans un premier temps, les acquisitions et expropriations ont simplement donné lieu à des remembrements et à des indemnités monétaires. En 1963, la CNR s'est engagée dans une convention agricole définie dans le cadre de l'aménagement de Bourg-lès-Valence, puis améliorée à l'occasion de l'aménagement de Vallabrègues, à remplacer les exploitations gravement déséquilibrées, par une dotation en superficie non pas équivalente, mais permettant de retrouver un revenu égal à celui de l'exploitation expropriée si elle avait été exploitée de façon optimum.

La CNR s'engageait en outre à assumer le transfert du siège d'exploitation et à subventionner les temps de réadaptation, s'agissant notamment des vergers et des apprentissages techniques (serres).



Canal de drainage en arrière d'une digue de protection dans le delta du Rhône (© P. Gaydou).

Quel tourisme et quels loisirs sur le Rhône ?

À dimension sportive, récréative, ludique, touristique, la voie d'eau est potentiellement le support d'une grande variété d'usages de loisirs. Aviron, canoë, kayak, ski nautique, jet ski, voile, plaisance, nage, baignade, plongée, mais aussi vélo, roller, promenade, randonnée, pêche, plaisance en constituent l'éventail.

L'attrait qu'exerce la voie d'eau sur le linéaire rhodanien engendre de multiples actions, réaménagement des berges, développement de l'offre touristique, remise en navigabilité du Haut Rhône.

La fréquentation soutenue de certains sites comme le parc de Miribel-Jonage ou des bases de loisirs des Roches-de-Condrieu, de l'Épervière à Valence et de la Barthelasse à Avignon, suscite un certain nombre de questions : quelle est l'offre actuelle et quelles seront les orientations de demain ? Comment est envisagé le développement des activités de loisir sur la voie d'eau et à proximité ? Et à quelles conditions se feront les évolutions prévisibles ?

Les pratiques dites traditionnelles et leur renouvellement

Les effectifs croissants des kayakistes, nageurs, jouteurs et plaisanciers témoignent du regain d'intérêt du public pour ces activités. Il s'y ajoute maintenant des usages nouveaux et parfois inattendus, tels que la traversée du Rhône à nage palmée à Lyon ou le télésiège nautique aux Roches-de-Condrieu. Ces nouvelles offres permettent de sensibiliser un public plus large et souvent plus jeune.

À l'inverse, certaines pratiques sont en régression, notamment la pêche de loisirs affectée par des problèmes de pollution, par la diminution des populations piscicoles et la disparition de certaines espèces, comme l'alose et la lamproie.



Parties de joute à Loire-sur-Rhône (© MDRF).

Les croisières : une pratique riche de retombées économiques

En 1998, trois armements disposant de quatre paquebots fluviaux ont établi des circuits intégrant la Saône et le Rhône, depuis Châlon-sur-Saône jusqu'à Arles.

En 2007, cette flottille compte onze unités. Elle est complétée par vingt et une péniches-hôtels, quatorze bateaux-restaurants, vingt six bateaux-promenades et trois cent soixante bateaux de location, répartis entre vingt et une bases. La liaison avec la terre est assurée par dix ports de plaisance et quatre-vingt douze haltes nautiques qui proposent mille trois cent places.

L'offre des bateaux-croisières est coordonnée avec des excursions archéologiques et œnologiques. Le nombre des passagers – dont une bonne part d'étrangers – est passé de 12500 en 1998 à 45000 en 2006.

Les loisirs fluviaux s'insèrent désormais dans la filière du tourisme fluvial

Cette filière est faite de deux composantes, la bleue et la verte. Relèvent de la bleue les pratiques nautiques et aquatiques, alors que la verte rassemble les activités qui se déploient sur les rives et les sites avoisinants : randonnées, écotourisme, culture et patrimoine. De nouvelles manières de pratiquer le fleuve s'élaborent : vélo-route, sentiers de randonnée pédestre, randonnées en kanoë-kayak, composent des itinérances fluviales au gré des paysages rhodaniens.

Les fêtes du Rhône en recrudescence (Givors, Vienne, Bourg-lès-Valence, Donzère, Avignon) proposent des programmes qui associent temps festifs (descente aux flambeaux, défilé, feux d'artifice, bal, guinguette) et pratique du fleuve (croisière, baptême, initiation, démonstration).

Ces nouvelles modalités de loisir allient pratiques récréatives et découvertes du milieu, activités de pleine nature et familiarisation avec les ressources.



Bateau de promenade sur une retenue du Haut Rhône (© J.-M. Olivier UCBL CNRS)

Quelles contraintes ?

Il n'en demeure pas moins que l'essor des usages de loisirs liés au fleuve reste conditionné par plusieurs facteurs : l'image du fleuve garantie par la qualité physique du milieu et l'accessibilité du fleuve réglée par les conditions d'accueil et les équipements présents.

Le nombre insuffisant de sites de baignade ou de rampes de mise à l'eau, ainsi que la stérilisation des secteurs affectés par les aménagements, représentent encore des freins à l'utilisation du fleuve à des fins de loisirs.



Un bac pour la traversée du Grand Rhône (© P. Gaydou)

Ce qu'il faut retenir

Entre renouveau et innovation, l'animation de la voie d'eau est d'actualité et les modes de loisirs du fleuve connaissent un nouvel élan qui répond aux attentes de la société.

Cependant l'animation de la voie d'eau reste subordonnée à de meilleures conditions d'exercice : accessibilité du domaine fluvial, qualité des équipements d'accueil, organisation de la filière des loisirs fluviaux, répartition équilibrée sur l'ensemble du linéaire.

La pêche est-elle toujours une activité économique ou est elle devenue une activité de loisir ?

Quel est le rapport de la pêche à l'économie ?

■ **La pêche alimentaire.** Le Rhône a toujours été une ressource piscicole pour les territoires qu'il traverse, entraînant des activités économiques et des pratiques de loisir.

Autrefois, outre l'activité des pêcheurs professionnels, la pêche était également une activité économique de subsistance complémentaire des revenus des riverains.

Le pêcheur de métier, mais aussi le braconnier, fournissaient en poisson les familles des villes et villages du secteur. Le poisson invendu était distribué dans le réseau familial et d'amis. Le troc était courant, permettant au pêcheur d'échanger du poisson contre d'autres denrées alimentaires, le long du fleuve et à l'intérieur des terres occupées par des agriculteurs. Le pêcheur amateur joignait l'utile à l'agréable en complétant les repas quotidiens de ses quelques prises.

La pêche professionnelle a été brusquement interrompue à partir de septembre 2005 au niveau de Lyon.

Cette interdiction est remontée jusqu'à Sault-Brénaz en 2006 et s'est étendue progressivement à l'aval jusqu'à l'embouchure (juillet 2007) par suite d'une succession d'arrêtés préfectoraux interdisant la consommation du poisson pêché dans le Rhône en raison de la contamination par les PCB. La situation est évolutive.

■ **La pêche de loisir.** Aujourd'hui, seulement une vingtaine de pêcheurs professionnels exercent sur le Rhône. La grande majorité de l'activité halieutique concerne les amateurs qui taquinent le poisson essentiellement par plaisir. La pêche peut procurer, pour celui qui la pratique, tranquillité et exaltation. Elle est souvent vécue comme un moyen de s'extraire de la vie sociale. Le coin tranquille et la concentration sur le bouchon permettraient de trouver un certain calme intérieur. Le pêcheur est également adepte de sensations fortes dans son combat avec l'animal.

La gamme de matériel de pêche toujours plus sophistiqué s'élargit et se spécialise. Des sommes d'argent importantes sont investies dans l'achat de cannes, fils, leurres, flotteurs et autres accessoires spécifiquement élaborés pour des pratiques précises. Cette activité de loisir génère donc une activité économique considérable.

En outre, pour satisfaire de nouvelles demandes, des métiers ont vu récemment le jour dans le domaine du loisir. Des écoles de pêche dispensent l'apprentissage de techniques et la découverte de l'environnement fluvial. Les associations organisent des concours, des « safaris » truite, alose, silure qui agrémentent la pratique d'une dimension compétitive.

L'équilibre piscicole exige une gestion raisonnée des populations de poissons pour éviter les effets néfastes d'une surexploitation. C'est pourquoi, une partie de la redevance du permis de pêche est consacrée au financement de l'entretien des zones de frai et à l'alevinage. Les piscicultures sont donc largement concernées par le lâcher régulier de spécimens d'élevage afin de garantir la pérennité des différentes espèces et une quantité satisfaisante pour les pêcheurs.

La pêche professionnelle a été brusquement interrompue à partir de septembre 2005 au niveau de Lyon. Cette interdiction est remontée jusqu'à Sault-Brenaz en 2006 et s'est étendue progressivement à l'aval jusqu'à l'embouchure (juillet 2007) par suite d'une succession d'arrêtés préfectoraux interdisant la consommation du poisson pêché dans le Rhône en raison de la contamination par les PCB. La situation est évolutive.

Comment évoluent la pêche et les pêcheurs depuis 20 ans ?

Sur le Rhône et la Saône, le suivi des pêches s'est engagé à partir de 1988 avec le service de la navigation puis la DIREN Rhône-Alpes. Le Conseil supérieur de la pêche (devenu ONEMA par décret du 25 mars 2007) a pris le relais à partir de 1999, dans le cadre du suivi national de la pêche aux engins.

■ **Comment évolue la pression de pêche ?** À l'échelle du Rhône, le nombre total d'autorisations (une autorisation par pêcheur et par lot) délivrées de 1988 à 2001 ne montre pas de tendance particulière, contrairement à la baisse des effectifs observée au niveau national. Les vieux pêcheurs, très nombreux à la fin des années quatre-vingt, ont trouvé des jeunes pour assurer la relève, sauf dans le Rhône deltaïque où le nombre d'autorisations a diminué de moitié. La pression des pêcheurs aux lignes pour éliminer les pêcheurs aux engins n'est pas très forte sur le fleuve, les enjeux étant considérés comme peu importants. Cela risque de changer pour l'aloise qui commence à être exploitée par la pêche à la ligne ou bien pour l'anguille si les captures sont limitées dans l'avenir.

■ **Quelle est l'ampleur des captures ?** La capture par unité d'effort est en moyenne de 7 kg/j pour les amateurs et de 45 kg/j pour les professionnels, soit respectivement 88 et 2217 kg/an, compte tenu du fort nombre de jours consacrés à la pêche par un professionnel. Les variations sont très importantes d'un pêcheur à l'autre, sans tendance particulière sur la période considérée.

Une étude disponible sur le site de la DIREN de bassin : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/milieux-continentaux/peche/> montre que le débit a une influence primordiale sur les variations interannuelles d'abondance. Cette influence est différente d'une espèce à l'autre : la truite comme le brochet sont favorisés par les années à débits importants ; le sandre a besoin de débits importants suivis d'années plus sèches.

La réouverture des voies migratoires ou la restauration des habitats de reproduction a également un effet durable sur l'abondance des espèces migratrices. Avant l'aménagement du barrage de Vallabrègues, entre 1926 et 1944, les captures de migrateurs étaient estimées à 75 tonnes. En 1988-1989, elles étaient équivalentes, mais leur composition n'était plus la même. Le dernier esturgeon avait été capturé au globe sur le petit Rhône en 1972, les captures de lamproies marines avaient presque totalement disparu, celles d'aloise étaient divisées par six, au bénéfice de l'anguille et surtout du mulot. L'adaptation du fonctionnement des écluses pour permettre le passage des poissons sur les trois aménagements aval du Rhône permet désormais la remontée de l'aloise jusqu'en Ardèche.

■ **Comment évoluent les captures ?** La pêcherie repose sur des espèces introduites comme le sandre, le hotu ou l'écrevisse américaine. Sur les vingt dernières années, le silure s'est propagé de la Saône à l'ensemble de bassin du Rhône, avec dans certains secteurs des phases pionnières durant lesquelles l'espèce a pullulé, comme dans le Rhône aval actuellement.

La demande du marché incite le pêcheur professionnel à rechercher certaines espèces en particulier (cas de la consommation des cyprinidés par les immigrants africains et asiatiques de l'agglomération de Lyon). Lors de saisons particulièrement chaudes, comme durant l'été 2003, des captures record ont été réalisées dans la plupart des secteurs car l'activité des poissons, tributaire de la température, s'est prolongée sur une plus longue période qu'habituellement.



Pêcheur à Lyon (© MDFR)

Ce qu'il faut retenir

La pêche a toujours été et reste une activité économique.

Si elle est d'abord associée à un métier (le pêcheur professionnel) et à des pratiques de subsistance (l'exploitation des richesses piscicoles pour se nourrir), elle devient principalement au cours du XX^e siècle un loisir qui génère directement ou indirectement de l'activité économique.

Le Rhône peut-il approvisionner un autre bassin versant ?

Le bassin versant est un territoire dont les cours d'eau drainent les eaux précipitées en direction d'un exutoire, qui est la Méditerranée dans le cas du Rhône.

Ce fleuve est déjà utilisé depuis 1960 pour l'approvisionnement en eau du Languedoc oriental, région située hors de son bassin, que la nature a faiblement dotée et qui connaît une forte croissance de la demande ; les volumes réellement mobilisés sont cependant restés faibles.

La question a trouvé une nouvelle actualité à la fin des années 1990 avec un projet de transfert à plus longue distance, qui plus est un projet proposant la vente d'eau du Rhône à la Catalogne et surtout à la métropole de Barcelone. Elle est d'autant plus sensible que le recours à l'eau du Rhône pourrait se développer dans le contexte d'une raréfaction de la ressource liée aux effets du changement climatique et à une augmentation des prélèvements dans le bassin.

En 1995, la Généralité de Catalogne a favorisé la constitution d'un Groupement européen associant BRL (Compagnie du Bas Rhône-Languedoc), et le distributeur d'eau ATLL. Le projet, qui en est resté au stade des études, envisageait de fournir 10 m³/s à Barcelone (entre 6 et 15 m³/s selon les options, plus 4 m³/s au littoral français), en branchant une conduite souterraine à l'extrémité du canal BRL desservant déjà Montpellier (La Méjanelle).

Côté barcelonais, un des intérêts du projet est de sécuriser l'approvisionnement en eau potable sans interférer avec le Plan hydrologique espagnol qui prévoit des transferts massifs dans le Sud de la péninsule. Le transfert, éloigné de la conception intégrée de la gestion de la ressource, se revendique d'une gestion de l'eau « partagée », mais des considérations économiques et politiques multiples font que l'Espagne, comme la France, restent très prudentes.



Barrage de Villeneuve (© Photothèque CNR)

Canal Philippe-Lamour pour l'irrigation du Languedoc oriental



Si l'on s'en tient aux impacts qu'un tel transfert serait susceptible de produire sur le Rhône, ils ont été considérés comme limités :

- la totalité des prélèvements, en y incluant l'irrigation de la Camargue, serait sans influence notable sur l'hydrologie du Rhône. Les étiages moyens, voisins de 500 à 600 m³/s à Beaucaire, sont en effet plus tardifs que le pic de consommation (juillet). Toutefois, les scénarios du réchauffement climatique sont assez pessimistes quant aux débits du Rhône dans le futur ;
- le prélèvement serait sans effet sur la charge solide du fleuve à l'embouchure ;
- l'influence du prélèvement sur la remontée du « coin salé » (eaux marines entrant dans le Rhône en situation d'étiage, sous l'eau douce plus légère) serait beaucoup plus faible que celle des changements induits par l'éventuelle remontée du niveau marin.

Les crues et inondations du Rhône



Comment se font la surveillance et la prévision des crues dans le bassin du Rhône ?

La réforme de l'annonce des crues mise en place en 2006 en application de la loi «Risques» de juillet 2003 et de son décret 2005-28 du 12 janvier 2005, qui est de la responsabilité de l'État, a pour objectif de passer de l'annonce à la prévision des crues. Il s'agit de gagner en capacité d'anticipation pour gérer les crises provoquées par les inondations et de permettre à tous les acteurs (particuliers, collectivités, etc.) d'accéder en temps réel à toute l'information disponible.

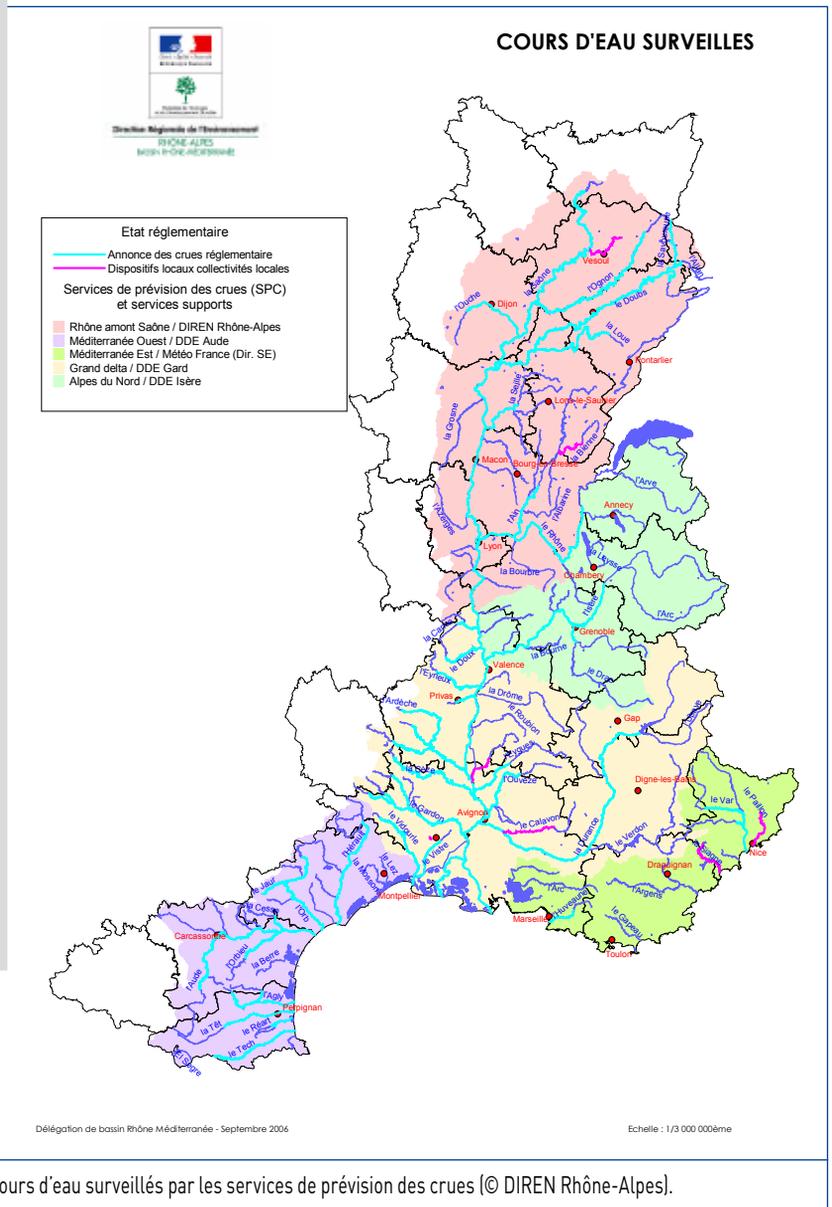
Les services de prévision des crues (SPC), chargés de surveiller, de prévoir et de transmettre l'information sur les crues, ont été créés en respectant une logique hydrologique. Sur le Rhône, la compétence a été répartie principalement entre deux services. Ce découpage est principalement justifié par la typologie des crues (crues méditerranéennes et cévenoles, sans crue amont du Rhône) entre :

- le service de prévision des crues «Rhône amont, Saône» (jusqu'à la limite des départements Loire et Ardèche);
- le service de prévision des crues «Grand Delta» sur le Rhône aval et ses affluents.

Les échanges d'information en temps réel entre ces deux services, et également avec le service de prévision des crues «Alpes du Nord» pour les apports de l'Isère, permettent d'avoir une analyse globale des crues du Rhône.

Surveiller

Sur le Rhône et ses affluents, sont installées des stations (une vingtaine sur le Rhône) qui mesurent et transmettent en temps réel la hauteur d'eau.



Ces stations sont gérées par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) ou par l'État. Des échelles limnimétriques, installées à proximité de l'appareil de mesure, permettent aux équipes de maintenance de contrôler la mesure et aux riverains d'établir des correspondances entre la hauteur d'eau et les conséquences des inondations.

Des mesures ponctuelles du débit du cours d'eau permettent d'établir une courbe de relation entre les hauteurs et les débits, grandeurs utilisées dans les modèles de prévision.

Prévoir

Les Services de Prévision des Crues (SPC) qui disposent en temps réel, des hauteurs et débits grâce aux stations de mesure implantées tout au long des cours d'eau ainsi que des données de pluies (pluviomètre et radar) et des prévisions de pluies de Météo-France, suivent en permanence les cours d'eau. Ces données alimentent des modèles de prévision (propagation de débit, transformation de la pluie en débit pour l'amont des bassins, modèles hydrauliques...) qui permettent de prévoir des débits et des hauteurs d'eau à des échéances variables suivant la typologie des crues.



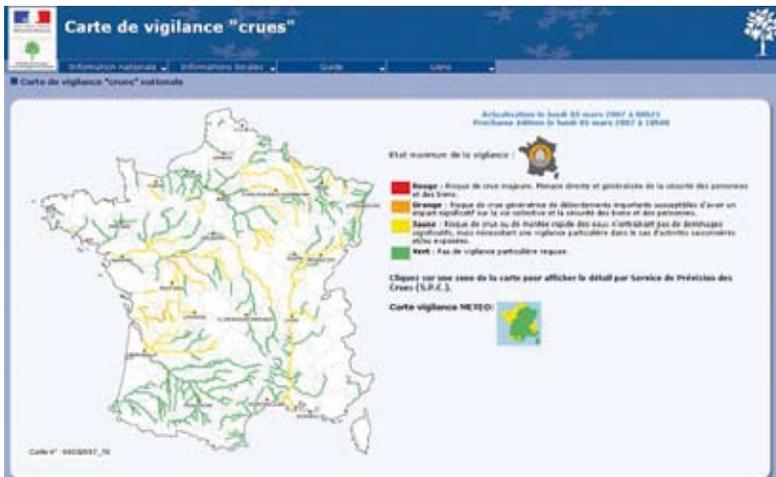
Station de Laguière (© DIREN Rhône-Alpes).

Transmettre l'information

L'information sur les crues, collectée ou élaborée par les SPC, est communiquée en temps réel sur Internet au travers de la carte «Vigilance crues» qui indique le niveau de vigilance (suivant quatre couleurs) sur les tronçons surveillés par l'État, avec en cas de crue des bulletins de suivi réguliers détaillant les prévisions.

Ce site (www.vigicrues.ecologie.gouv.fr) permet également un accès en temps réel aux données hydrométriques (hauteurs et débit).

Cette information est simultanément envoyée aux préfetures, qui alertent les maires concernés, eux-mêmes chargés d'alerter la population.



Exemple de carte de Vigilance «crues» présentée sur www.vigicrues.ecologie.gouv.fr (© MEEDDAT).

Ce qu'il faut retenir

Chaque service de prévisions des crues applique un règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues, qui est disponible sur Internet (sur le site de la DIREN Rhône Alpes, délégation de bassin Rhône-Méditerranée et sur le site de chacun des services de rattachement des SPC), qui décrit le périmètre surveillé par le SPC, ainsi que la nature des prévisions et des informations transmises. Voir le site www.vigicrues.ecologie.gouv.fr

Comment les crues se propagent-elles ?

Sur un tronçon de cours d'eau entre deux affluents, sans apports latéraux, et de géométrie régulière, une crue s'étale et s'amortit de manière progressive vers l'aval : autrement dit, le débit de pointe diminue et le temps de montée augmente régulièrement vers l'aval.

Les paramètres de propagation relativement constants d'une crue à l'autre sont liés aux pentes et aux formes globales des lits mineur et majeur. Les analyses statistiques des hydrogrammes de crues connues et les modèles hydrauliques mettent en évidence ces paramètres.

Les paramètres de propagation

Temps de propagation (ou délai de réaction) : entre deux points où la propagation n'est pas influencée par des apports, ce paramètre est assez facile à cerner. Il reste cependant fonction du débit considéré. Par exemple, entre deux points, le délai d'apparition de la crue n'est pas le même que le temps de passage du maximum de crue. La propagation de la crue ne prend pas ici en compte le raccourcissement du temps de réaction ou de concentration de l'écoulement. Celui-ci reste influencé par l'imperméabilisation du bassin versant, l'encombrement des lits majeurs et les impacts de la chenalisation.

Amortissement : une partie de l'énergie transportée par la crue est dissipée par la rugosité des fonds et des terrains immergés. Ce phénomène se traduit par la déformation classique des hydrogrammes de crue ; la pointe de l'hydrogramme au point aval est inférieure à celle de l'amont et les temps de montée et de descente sont allongés.

Écrêtement : les variations de la géométrie du lit, avec les grandes zones d'expansion des crues, ou au contraire l'occupation des lits peuvent modifier ce comportement. Les eaux, qui se répandent dans les zones d'expansion des crues, sont stockées pendant la phase de montée, puis restituées pendant la phase de décrue. Les volumes écoulés sont conservés mais ils passent au point aval en un temps plus long et avec un débit de pointe plus faible qu'au point en amont. À l'inverse, une diminution du lit majeur (passage du cours d'eau dans un défilé par exemple) peut raidir l'hydrogramme de crue (augmentation du débit de pointe et de la vitesse de propagation, diminution du temps de montée).

Apports : il est évident que la présence d'affluents importants ou d'apports latéraux significatifs contrarie également le comportement ordinaire et peut faire croître substantiellement les débits de pointe vers l'aval.



Arc en crue (© J. Le Coz, Cemagref).

Comment ces phénomènes se mettent-ils en place sur le Rhône ?

À la variété des scénarios climatiques et hydrologiques régissant la formation des crues du Rhône correspondent des conditions de propagation également variées. De plus les affluents sont nombreux et importants. Au total, la dynamique des crues dans le bassin du Rhône ne relève pas d'un simple et unique schéma. En revenant à un découpage par grands tronçons, on peut en présenter les traits principaux.

Sur le Rhône supérieur, en aval du Léman, la propagation de la crue est considérée comme semi-rapide. Les affluents alpins réagissent rapidement aux précipitations et l'augmentation des débits se répercute en

quelques heures dans le Rhône. La crue se forme en une demi-journée après les épisodes de pluie sur le secteur le plus en amont. On notera cependant que la plaine de Chautagne et le lac du Bourget écrêtent jusqu'à 500 m³/s sur un débit de 3000 m³/s du Rhône supérieur.

- Au niveau de la confluence de l'Ain, la crue arrive dans les 24 heures et continue à progresser durant une demi-journée, après avoir été à nouveau écrêtée dans la plaine de Brangues-Le Bouchage, pour des débits supérieurs à 1500 m³/s.
- La crue combinée du Rhône et de l'Ain arrive ensuite à Lyon en moins de 12 heures. Cette relative rapidité de la propagation des crues limite la durée de la phase la plus critique qui ne se prolonge en général pas au-delà de deux jours à Lyon.

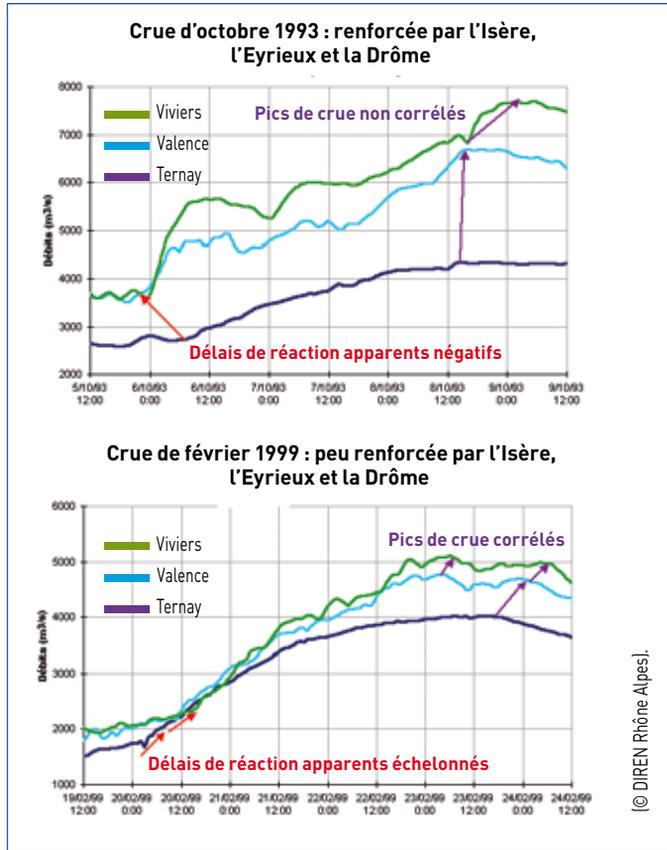
À l'aval de Lyon, la crue semi-rapide du Rhône et la crue très lente et prolongée de la Saône se rassemblent pour se propager avec une double dynamique, souvent plus rapide dans un premier temps, puis plus lente dans un deuxième temps.

Avant d'arriver à Valence, l'Isère et les affluents venant du Massif Central apportent chacun une nouvelle composante à la crue du Rhône en fonction des précipitations qu'ils ont reçues. Le débit de base met environ 12 heures à se propager entre Lyon et Valence, mais il peut être augmenté en quelques heures par celui des affluents de la rive droite et en une demi-journée par celui de l'Isère.

En descendant la vallée, la dynamique de la crue, tributaire des réactions des affluents, se complexifie. On distingue trois principales configurations.

- La première voit les crues formées entre Lyon et Valence s'atténuer vers l'aval quand les bassins des affluents ont été faiblement arrosés.
- La configuration qui produit des crues généralisées correspond à des apports répartis le long du cours. C'est la crue d'octobre 1993 et celle de mai 1856, avec toutefois un phénomène plus complexe comprenant plusieurs ondes de crue.
- La dernière configuration correspond à une production prépondérante des affluents du cours aval. Elle peut s'observer à partir de débits faibles du Rhône à Lyon, la crue se formant essentiellement dans le cours aval (scénario des crues de 2002 et 2003). Les crues des affluents sont souvent décalées dans le temps mais elles contribuent à augmenter les débits propagés.

Sur le cours du Rhône aval, en dehors des crues qui se propagent sans renforcement depuis Lyon-Valence en pratiquement deux jours, les réactions se manifestent dans le Rhône en une douzaine d'heures après les épisodes de pluie.



(© DIREN Rhône-Alpes).

Ce qu'il faut retenir

Globalement pour l'ensemble du bassin, la formation des crues du Rhône s'opère dans des délais inférieurs à la journée.

Les événements de crue importants qui peuvent se dérouler sur plus d'une semaine sont quant à eux plutôt des épisodes à plusieurs temps de crue.

La connaissance de la propagation des crues du Rhône est une des préoccupations majeures des services de prévision des crues pour évaluer l'évolution probable des niveaux et des débits.

Les crues sont-elles plus fortes depuis quelques années ?

Quelles sont les valeurs caractéristiques d'une crue ?

La première valeur, qui est la **hauteur** atteinte par les inondations, se mesure tout le long du Rhône et en particulier à certains points historiques. Elle sert à comparer de manière très directe les crues observées et à établir des statistiques. Mais cette valeur est influencée par les conditions d'écoulement au moment des crues : les ouvrages comme les ponts, les rétrécissements du lit peuvent faire obstacle aux écoulements et augmenter les hauteurs de submersion. Les dépôts d'alluvions exhausent le lit mineur et également, sur de longues périodes, le lit majeur. Les niveaux atteints par les crues ne peuvent donc pas servir à comparer strictement les crues et leur éventuelle tendance évolutive.

La valeur indépendante des conditions d'écoulement utilisée par les hydrologues et les hydrauliciens est plutôt le **débit**, exprimé en m³/s. C'est une valeur complexe à mesurer puisqu'il faut opérer pendant la crue en mesurant la vitesse du courant sur toute la largeur et la profondeur des cours d'eau dans une section pour calculer ensuite le débit à cet endroit. Cette opération demande des appareils de mesure précis et rapides. Pour les crues plus anciennes, le débit a souvent dû être reconstitué.

Que nous apprennent les crues historiques ?

Ceci posé, si on s'intéresse aux crues du Rhône connues depuis le milieu du XIX^e siècle, on relève un échantillon de crues importantes dont les débits ont pu être évalués aux principales stations d'observation et de mesure suivantes.

La hiérarchie des crues peut changer suivant que l'on raisonne sur les cotes ou sur les débits.

On connaît au moins deux crues très importantes qui ont touché le Rhône sur l'ensemble de son cours : celle

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU HAUT RHÔNE (M³/S)

Source DIREN Rhône-Alpes

Rang	POUGNY 1925-2006		BOGNES 1853-2006		LAGNIEU 1891-2006		PERRACHE 1900-2006	
1	24/11/1944	1 520	20/01/1910	2 000	16/02/1990	2 445	25/11/1944	4 250
2	15/11/2002	1 440	23/12/1918	1 920	27/11/1944	2 400	16/02/1928	4 150
3	13/01/2004	1 300	03/10/1888	1 900	25/12/1918	2 100	25/12/1918	3 900
4	14/05/1999	1 300	30/05/1856	1 800	22/01/1910	2 090	26/02/1957	3 700
5	22/09/1968	1 280	25/09/1863	1 800	16/02/1928	2 025	21/01/1910	3 550

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU BAS RHÔNE (M³/S)

Source DIREN Rhône-Alpes

Rang	TERNAY 1895-2006		VALENCE 1855-2006		VIVIERS 1910-2006		BEUCAIRE 1840-2006	
1	26/02/1957	5 320	31/05/1856	8 300	03/12/2003	8 000	31/05/1856	12 000 12 500
2	16/02/1928	5 120	01/11/1896	7 400	09/10/1993	7 715	03/12/2003	11 500
3	20/01/1955	5 075	08/10/1993	6 700	07/01/1994	7 590	08/01/1994	11 000
4	26/11/1944	4 850	16/11/2002	6 620	17/11/2002	7 580	11/11/1886	10 200
5	02/11/1896	4 830	11/11/1886	6 620	21/11/1951	6 660	10/10/1993	9 800

de mai 1856 à comparer à celle de 1840 décrite comme une crue d'importance comparable sur le Rhône en aval de Lyon. Ensuite, certaines crues ont principalement touché un secteur plus réduit : celle de 1957 à l'aval de Lyon, celles de 1910, 1928, 1944 et 1990 en amont de Lyon. Puis celles de 1994, 2002 et 2003 sur le Rhône aval et en Camargue.

Un zoom sur la crue de 1993, qui est la dernière crue généralisée sur le Rhône aval, permet de comprendre que l'importance de la crue tient autant à l'étendue des inondations qu'à son débit : les ruptures de digues en Camargue ont provoqué la propagation de l'inondation sur un grand territoire.

Que peut-on en déduire ?

La relative rareté des crues importantes depuis un siècle et demi permet difficilement d'évaluer l'évolution de l'importance des crues : les records du XIX^e siècle n'ont pas été dépassés sur le Rhône en aval de Lyon. Les tests statistiques réalisés sur la série de Beaucaire, de 1920 à 2000, ne montrent pas de tendance significative à une aggravation des pointes de crue. Le seul changement détecté correspond à une date plus précoce d'occurrence des crues de la saison janvier-juillet, qui est à relier à l'augmentation des températures.

À l'échelle de la France, une recherche conduite sur deux cents longues séries hydrométriques note comme seul changement cohérent à l'échelle de la France une légère augmentation du débit des rivières glaciaires et une diminution de certains débits d'étiage liées au changement des températures.



Repère de crues historiques du Rhône à Sablons (38).
(© DIREN Rhône-Alpes)

Ce qu'il faut retenir

Les conditions d'écoulement, modifiées depuis le XIX^e siècle du fait des aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) sur le Rhône et d'Électricité de France (EDF) sur les affluents de montagne, et les travaux d'endiguement ont eu des effets peu significatifs sur les crues importantes.

Les études plus générales sur les évolutions des régimes des grands cours d'eau ne montrent rien de significatif pour l'intensité des crues.

Ces résultats ne prouvent évidemment pas l'absence d'impact du changement climatique, maintenant bien avéré sur les températures, mais démontrent la difficulté de distinguer cette influence d'autres sources de changement possibles.

Comment les affluents du Rhône influencent-ils les crues ?

Les affluents du Rhône, qui ont des régimes hydrologiques très contrastés, contribuent à la formation des crues du Rhône. L'analyse des crues nécessite des investigations poussées sur chacun d'entre eux, prenant en compte l'incidence potentielle des barrages et retenues quand ils existent.

Quelle est la contribution des affluents à la formation des crues du Rhône ?

Les principaux affluents contribuant à la formation des crues du Rhône sont de l'amont vers l'aval : l'Arve, le Fier, l'Ain, la Saône, l'Isère, l'Eyrieux, la Drome, l'Ardèche, la Cèze, la Durance et le Gard. Ils se caractérisent par des régimes de crues différents (océaniques au nord, cévenols et méditerranéens au sud) mais, combinés entre eux, ils peuvent produire des crues très importantes sur le fleuve. La figure suivante indique leur importance relative. Les grandes crues du Rhône trouvent leur origine dans la puissance de l'Ain, de la Saône, de l'Isère, de l'Ardèche, de la Durance et du Gard, capables d'engendrer à eux seuls une crue du fleuve, et aussi dans l'addition des débits soutenus des autres affluents.

Quelles incidences ont les ouvrages hydroélectriques des affluents ?

Certains affluents sont équipés d'ouvrages hydroélectriques ou à buts multiples comportant des réservoirs de capacité significative (supérieurs à 100 millions de m³), parmi lesquels : Vouglans sur l'Ain, Tignes et Monteynard. Sur le bassin de l'Isère Serre-Ponçon, et Sainte-Croix sur la Durance.

La gestion en régime de crue est conduite de manière à maintenir en sécurité les ouvrages et à ne pas aggraver les incidences de la crue en amont et en aval des réservoirs. Le débit sortant doit toujours rester au plus égal au débit entrant. Suivant le niveau de remplissage de la retenue, lors de la survenue de l'événement, une rétention des débits plus ou moins importante est opérée jusqu'à la pleine capacité.

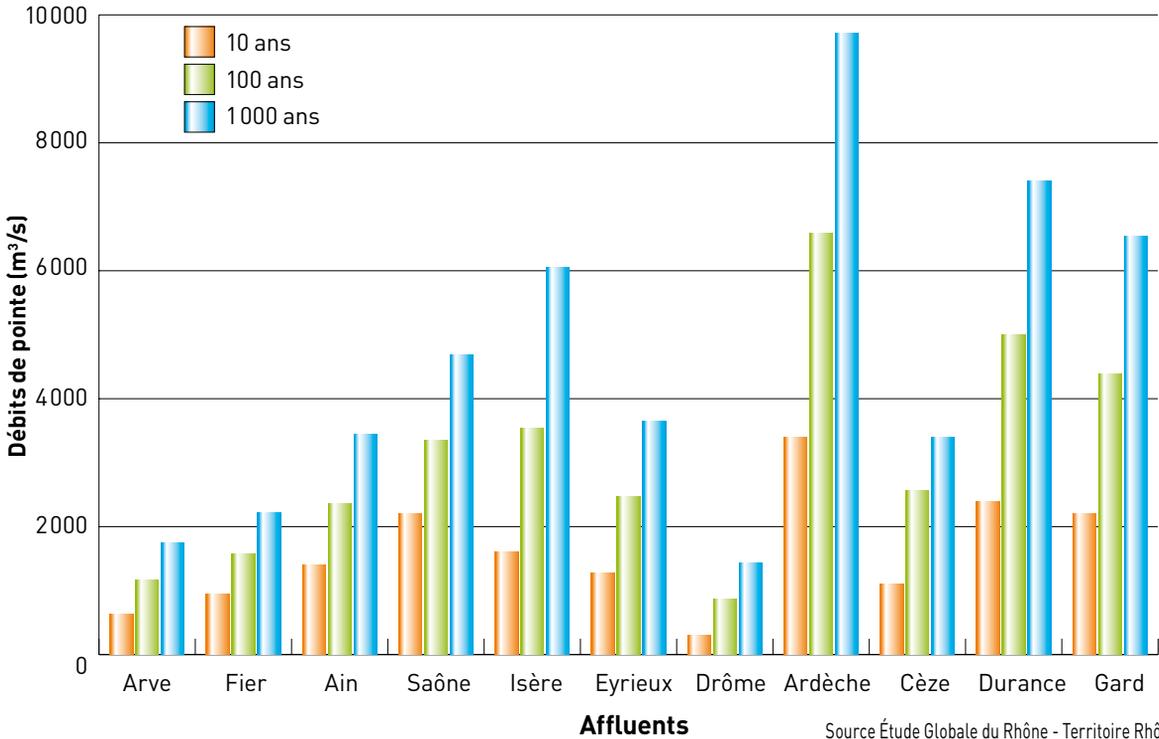
Si la crue se poursuit, l'ouvrage restitue en aval les débits entrants en opérant une légère rétention par le phénomène de laminage. L'incidence de l'ouvrage est donc directement dépendante des paramètres suivants :

- la part du bassin versant interceptée (par cet ouvrage), qui est au maximum de l'ordre de 30% de la totalité des bassins de l'Ain et de la Durance (pour l'ensemble du Rhône, elle se situe à moins de 10%) ;



La Drôme en crue – Ausson (© SMRD)

Débîts de pointe des affluents pour les crues de période de retour 10, 100 et 1000 ans



- la capacité de stockage, qui varie en fonction des usages, de la saison et de l'hydrologie durant la période précédant l'événement. Les activités touristiques, la constitution de réserves pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation, la production d'électricité de pointe nécessitent à certaines périodes le maintien à des niveaux assez hauts qui limitent directement la capacité de rétention ;
- l'importance de la crue, qui peut très rapidement mobiliser des volumes disproportionnés par rapport aux capacités effectives de rétention. Dans la plupart des cas, on peut relever une incidence significative en crue décennale, plus limitée en crue centennale et quasi nulle en crue millénaire.

Suivant la configuration de l'ouvrage lors de l'événement et l'importance de ce dernier, une incidence locale peut être constatée sur les affluents. Elle reste marginale pour ce qui concerne le Rhône, surtout dans le cas de crues de retour supérieur au siècle.

Existe-t-il des marges de manœuvre ?

En ce qui concerne les ouvrages, les marges de manœuvre sont très faibles car les réponses offertes sont insuffisantes en terme de capacité par rapport aux volumes de crue en jeu et les besoins pour les usages existants sont inconciliables avec l'introduction d'une capacité permanente de stockage.

Les enjeux importants sur les affluents se situent dans la protection et la reconstitution des zones humides, des zones d'expansion des crues, de l'espace de mobilité des cours d'eau, la gestion de la couverture des sols avec une limitation de l'imperméabilisation et du ruissellement.

Ce travail au plus près du terrain peut apporter, par ses effets cumulés, des impacts significatifs sur les débits de crues observés sur les affluents et par conséquent sur le Rhône.

Ce qu'il faut retenir

La formation des grandes crues du Rhône trouve son origine dans la puissance de ses affluents, notamment l'Ain, la Saône, l'Isère, l'Ardèche, la Durance, le Gard, capables d'engendrer à eux seuls une crue sur le fleuve et dans l'addition des débits soutenus des autres affluents.

Suivant la configuration des ouvrages, une incidence locale peut être constatée sur les affluents. Elle reste marginale pour ce qui concerne le Rhône, surtout dans le cas de crues de retour supérieur au siècle.

Les aménagements du fleuve ont-ils un effet sur les inondations ?

Dans sa conception l'aménagement hydroélectrique a veillé à conserver les grandes zones naturelles d'expansion des crues telles que le lac du Bourget, les marais de Chautagne et de Lavours, la plaine de Brangues-le-Bouchage sur le Haut Rhône, ou la plaine de Pierrelatte sur le Bas Rhône.

Les digues construites par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) sont destinées à contenir les eaux du Rhône, le niveau de celui-ci ayant été rehaussé à l'amont de l'usine hydroélectrique pour constituer la chute.

En conséquence, et non par objectif, l'aménagement a soustrait à l'inondation des terres qui se trouvent derrière les digues insubmersibles. Les communes concernées sont désormais souvent protégées jusqu'à la crue millénaire.

Quelles sont les terres submersibles derrière des digues CNR ?

On distingue trois modes de submersion des terres derrière les digues CNR.

■ **Par des déversoirs** (notés 3 sur le graphique – cf. également question 03-04 « Quel est le principe de conception des aménagements CNR ? »).

Quand cette protection était susceptible d'avoir un impact significatif sur l'aval ou sur la rive opposée, des déversoirs ont été aménagés dans les digues pour maintenir l'inondabilité du site. Il en est ainsi de la rive gauche entre Tain-l'Hermitage et La Roche-de-Glun (déversoirs de la Mule Blanche et de Chabalet), du sud-ouest de l'agglomération de Valence (déversoir de Mauboule), de l'île de Blaud (déversoir de Blaud), de la plaine de Viviers, de la plaine de Caderousse (déversoir de Caderousse).



(© Photothèque CNR)

Dans tous les cas, le calage du déversoir (son niveau) est tel que la situation des zones d'expansion de crues situées derrière a été améliorée.

■ Par refoulement (noté 2 sur le graphique)

Bien que situés derrière des digues insubmersibles, certains terrains restent inondables par ruissellement ou par les crues des affluents du fleuve. Ils peuvent aussi l'être par refoulement des crues du Rhône qui remontent par les affluents ou les contre-canaux.

Dans ce cas, ils bénéficient d'une amélioration de leurs conditions d'inondation car ces terrains sont maintenant en contact avec le Rhône depuis un point plus en aval, donc à un niveau plus bas.



Crue de novembre 2002. La plaine de Codolet protégée des inondations directes par la digue de rive droite de la retenue de Caderousse est inondée par la Cèze ou par refoulement de la crue du Rhône (© Photothèque CNR).

■ Les Vieux-Rhône (noté 1 sur le graphique)

Ce sont les tronçons dont les modes d'inondation n'ont pas été modifiés qualitativement par l'aménagement hydroélectrique. Pour nombre d'entre eux, ils bénéficient de l'effet du canal de dérivation qu'emprunte une partie du débit. Ce qui réduit d'autant pour le Vieux-Rhône le débit de la crue. Les terres riveraines sont donc inondées plus tardivement qu'avant l'aménagement.

Il faut toutefois considérer que le canal a parfois été implanté dans l'ancien lit majeur où s'écoulait naturellement une partie de la crue. C'est le surplus de dérivation par rapport à ce débit qui constitue l'amélioration réelle. D'autre part l'évolution morphologique du lit enclenchée par la chenalisation du XIX^e siècle (voir question 03-02 « Que reste-t-il des aménagements du XIX^e siècle ? »), tend à rogner cet avantage dans le temps.

À l'aval des aménagements

La conception des ouvrages a cherché l'avantage des communes riveraines, dans la limite de la neutralité des effets pour l'aval. Mais on peut s'interroger sur le respect de cette neutralité à l'aval de l'ensemble des aménagements. Les débits en crue à Beaucaire par exemple ont-ils évolué avec le temps ? À cette question les hydrologues répondent par la négative : les séries de débits avant et après aménagement sont homogènes. Autrement dit, on ne mesure pas d'impact en termes de débits liés à l'aménagement du XX^e siècle. D'autres éléments ont été apportés par la conférence de consensus en août 2005, qui a examiné la distribution statistique des débits depuis 1920 : elle constate que les tests statistiques n'ont pas infirmé le caractère aléatoire des séquences de crues.

Ce qu'il faut retenir

L'aménagement hydroélectrique du Rhône a veillé à conserver les grandes zones naturelles d'expansion des crues. Digos et réservoirs ont créé de nouveaux modes de submersion des terres. Dans la pratique les espaces inondables de la vallée du Rhône ont généralement vu leur situation améliorée. Les aménagements n'ont pas eu d'impact significatif sur la valeur et la distribution des débits à l'aval des aménagements.

À débit égal les niveaux des crues du Rhône sont-ils plus hauts qu'autrefois ?

Les valeurs de niveaux et de débits qui caractérisent le régime d'un cours d'eau au droit des stations d'hydrométrie sont en corrélation à un moment donné, mais elles peuvent évoluer de manière indépendante en fonction des conditions d'écoulement.

Comment sont pratiquées les mesures sur les cours d'eau ?

Pour établir les chroniques de hauteurs et de débits aux stations de référence, les hydrométriciens exploitent les stations qui enregistrent en continu les mesures directes de hauteurs. Mais les débits doivent être calculés à partir de mesures ponctuelles de vitesses et de sections d'écoulement (jaugeages).

De nouvelles technologies capables de mesurer les débits en continu sont maintenant disponibles ; coûteuses, leur installation n'est pas encore généralisée. Les jaugeages restent des opérations complexes en période de crue, qui ne permettent pas d'exprimer des résultats avec une précision inférieure à 5%.

L'objectif de l'hydrométrie est d'établir une courbe de tarage pour chaque station d'observation, c'est-à-dire une relation qui donne pour chaque hauteur observée le débit correspondant. Cette relation est en général extrapolée, à l'aide d'outils mathématiques, aux plus forts débits et cotes jamais observés. Les notions de base de l'hydraulique permettent de comprendre pourquoi cette courbe de tarage n'est pas toujours une relation stable. En prenant le cas d'un canal rigoureusement régulier, la hauteur d'eau pour un débit donné est proportionnelle à la débitance (qui, pour le lit mineur, correspond au débit maximum qui peut transiter sans débordement) et à la pente du fond du canal. Dans un lit moins régulier, les frottements sur les parois, les obstacles et les changements de section

du lit interagissent pour modifier la débitance. Ces freins à l'écoulement provoquent une élévation de la cote d'eau ou, inversement, un abaissement en cas d'incision et d'enfoncement du lit.

Chaque évolution de niveau dans une section d'écoulement modifie ce qui constitue la condition aval pour les écoulements dans la section juste en amont.

Ce phénomène correspond pour les hydrauliciens à un remou.

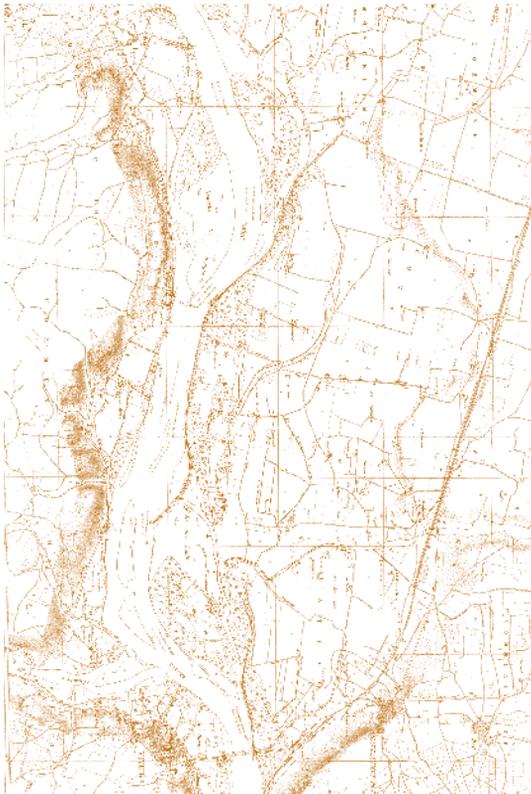
De cette notion on déduit aisément que les modifications du lit d'une rivière peuvent influencer sur les niveaux atteints pour un débit de crue donné et sur la courbe de tarage.

Quelle est l'évolution du Rhône ?

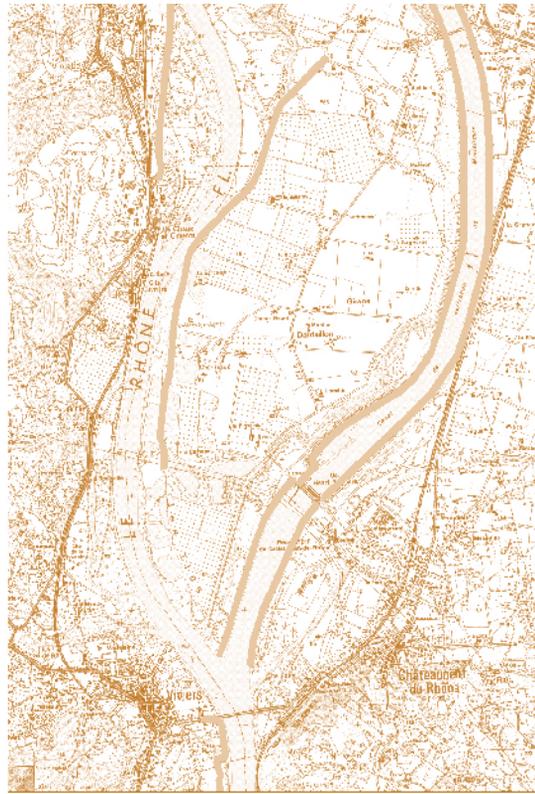
Sur le linéaire du Rhône, en dehors des stations de mesure, on évalue les niveaux en relevant les lignes d'eau ou laisses de crue. On peut les calculer aussi à l'aide de modèles hydrauliques.

Les causes naturelles de modification des niveaux de crue ou des courbes de tarage sont liées aux phénomènes d'érosion des berges ou de mobilité du lit, aux effets du transport solide créant des zones de comblement ou d'incision. À plus long terme, le développement de la végétation et les dépôts alluvionnaires successifs influent également sur les conditions d'écoulement. Mais ces facteurs peuvent aussi se mettre en œuvre rapidement sous l'action de débits importants pendant une crue.

Les causes anthropiques correspondent aux ouvrages (ponts, digues...) édifiés dans le lit majeur, aux zones remblayées et soustraites aux zones d'expansion des crues. Des causes accidentelles peuvent également survenir comme la formation d'embâcles. Mais les actions humaines peuvent aussi avoir pour objectif d'améliorer les conditions d'écoulement, comme par exemple les mesures compensatoires aux impacts d'un équipement nouveau. Dans la vallée du Rhône, l'activité humaine, particulièrement concentrée, a de tout temps eu des répercussions sur la capacité du lit majeur du fleuve. Les facteurs anthropiques potentiellement défavorables ont parfois été partiellement compensés par des facteurs plus favorables comme la chenalisation du lit et la mise au gabarit nécessaire à la navigation. Dans ce domaine, les épis Girardon ont eu un effet



Configuration de la vallée du Rhône à la fin du XIX^e siècle.
Source SNRS carte crue 1856 établie en 1911



La vallée du Rhône aujourd'hui.
(© IGN- Paris 2008. Reproduction interdite -Autorisation n° 50-8610)

indéniable, sur le long terme, quand ils se sont comblés. Le transport solide peut encore intervenir, même s'il est limité par la diminution des apports provenant des affluents eux-mêmes aménagés.

Que nous apprennent les relevés ?

La comparaison des niveaux et des lignes d'eau relevés entre le XIX^e siècle et aujourd'hui ne montre pas une évolution notable sur l'ensemble du Rhône, sauf pour certains secteurs précis : les niveaux de la crue de 1856 resteraient comparables à ceux atteints pour des débits équivalents aujourd'hui, à l'exception de secteurs qui avaient subi avant les aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) un fort exhaussement du lit du Rhône, notamment les plaines de Donzère-Pierrelatte, Printegarde et Codolet.

Il a par exemple été constaté qu'en une centaine d'années (1856 à 1952) le lit du fleuve s'est exhaussé de manière continue de près d'un mètre dans le secteur de Pierrelatte. Quelques secteurs du Rhône sont encore dans une phase d'évolution. Ces secteurs associent le plus souvent des zones d'incision et des zones de dépôt qui exhausssent régulièrement les fonds du lit mineur. Il s'agit d'un phénomène complexe lié à la capacité de transport du Rhône et à la taille des sédiments. On l'observe dans la section en méandres du bief de Brégnier-Cordon, et dans le secteur de Miribel-Jonage sur le Haut Rhône. La plaine de Donzère-Pierrelatte a maintenant tendance à s'inciser. Enfin, la zone deltaïque de la Camargue est aussi en évolution, principalement sur le Petit-Rhône où les faibles pentes favorisent ponctuellement les dépôts.

Les crues importantes du Rhône aval de ces dernières années ont permis de faire des comparaisons : des niveaux un peu plus élevés que ceux de la crue de 1856 sur quelques secteurs ont été relevés pendant la crue de décembre 2003. Mais ces points restent à éclaircir par l'analyse des effets de la dynamique de la crue, des apports des affluents et aussi par rapport à l'évolution de la vallée du Rhône depuis 1856 : encombrement des plaines, évolution des pratiques agricoles, urbanisation...

Ce qu'il faut retenir

La relation entre les niveaux de crue et les débits est variable, au moins encore localement.

Il convient de rester modeste et de ne pas attendre des niveaux de précision élevés sur ce sujet fortement soumis aux limites des moyens de mesure et aux variabilités des conditions d'écoulement.

Il faut admettre que le Rhône n'est pas entièrement domestiqué et que malgré des périodes d'accalmie, il garde sa dynamique et peut se manifester violemment au moment des crues importantes.

Qu'est-ce qu'une ZEC ? Qu'est-ce qu'une « sur-inondation » ?

La **zone inondable d'un cours d'eau** est l'enveloppe maximale inondable par ce cours d'eau, c'est la vallée ou le lit majeur.

L'inondation de certaines ZEC pour les crues moyennes n'est pas « utile » : au contraire, les volumes d'écrêtement disponibles sont utilisés trop tôt, et sont « gaspillés » avant l'arrivée de la pointe des crues majeures.

Si on relève le seuil de débordement de certaines ZEC, elles pourront accueillir plus d'eau lors des crues très fortes et joueront ainsi mieux leur rôle d'écrêtement pour protéger les secteurs sensibles, alors même que les débits très importants ne seraient plus contenus à l'aval.

Une **zone d'expansion des crues (ZEC)**, aussi appelée champ d'expansion des crues, est une zone inondable subissant des inondations naturelles. Ce terme est utilisé pour désigner « des secteurs non ou peu urbanisés et peu aménagés, et où la crue peut stocker un volume d'eau important, comme les zones naturelles, les terres agricoles, les espaces verts urbains et périurbains, les terrains de sports, les parcs de stationnement... » (circulaires du 24 janvier 1994 et du 24 avril 1996).

On donne aussi à l'utilisation de ce terme un rôle plus complet ou complexe qui est de jouer sur l'écrêtement des crues.

Qu'est-ce que l'écrêtement des crues ?

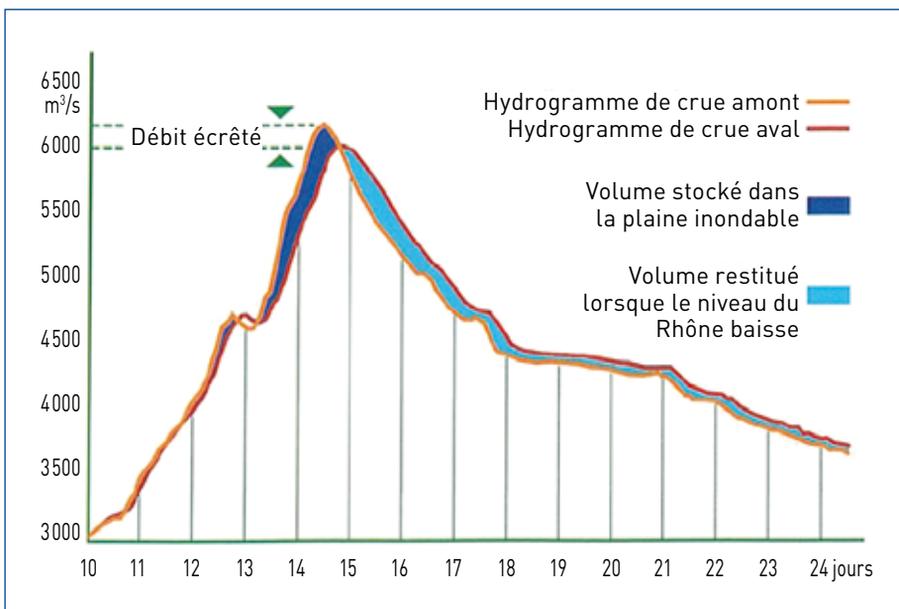
Les ZEC présentent un intérêt pour le stockage des eaux de crues et l'étalement du pic de crue.

Cette fonction hydraulique majeure d'écrêtement des crues (par laminage du débit) permet d'atténuer les inondations à l'aval en retardant et en diminuant le volume des eaux à l'aval, grâce à ce stockage temporaire naturel.

Les ZEC ont donc une fonction essentielle dans la dynamique fluviale :
 – sur les débits : l'écoulement en lit majeur permet le transit d'un débit supérieur à celui que peut laisser passer le lit mineur seul (le débit de pointe se définit comme le débit maximal instantané, faisant référence à une période de retour donnée).

Parce que l'eau « déborde » dans la ZEC, le débit à l'aval du point de débordement est ainsi réduit transitoirement, et donc la pente de la ligne d'eau aussi. Les niveaux sont donc plus bas au droit de ce point, ainsi que vers l'amont par effet de remous.

– sur le volume : elles emmagasinent provisoirement des volumes d'eau qui peuvent être considérables.



Exemple d'écrêtement dans la plaine du Tricastin pour une crue moyenne (Étude Globale du Rhône – © Territoire Rhône).

Ce stockage partiel lamine la crue en réduisant le débit maximal à évacuer. La dynamique de leur remplissage et de leur vidange participe aux caractéristiques des crues et des inondations à l'aval.

Cette atténuation est d'autant plus importante que la capacité de rétention des zones inondables est grande. Celle-ci est donc fonction de leur superficie et de leur capacité à retenir l'eau.

Quelles sont les ZEC majeures le long du Rhône ?

L'étude globale pour une réduction des risques dus aux crues du Rhône (édité en 2002) a inventorié treize ZEC majeures et a évalué l'importance de leur rôle dans l'écrêtement des crues du Rhône.

- Certaines de ces grandes plaines inondables ont vu leurs conditions de mise en eau modifiées depuis la réalisation des aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). Leur submersion est maintenant contrôlée par des ouvrages (seuils, siphons, digues submersibles). On peut citer le marais de Lavours relié au Rhône par le siphon du Séran, les plaines de Brangues-Le Bouchage et Saint-Benoît, submersibles par des ouvrages vannés puis par surverse au-dessus des digues, les plaines de Vallabrègues et Caderousse inondables par des déversoirs et les plaines d'Aramon-Montfrin et Codolet inondables par remous aval du Rhône dans le Gard et la Cèze.
- D'autres plaines sont inondables par débordement naturel dans le lit majeur et surverse au-dessus de digues syndicales. C'est le cas des plaines de Chautagne, de Miribel-Jonage, de Sablons, de Montélimar, de Donzère-Mondragon, de l'île de la Barthelasse.

ÉCRÊTEMENT EN M³/S ET EN % DU DÉBIT DE POINTE CALCULÉ EN AMONT DES PRINCIPALES PLAINES INONDABLES

Plaine inondable	Crue moyenne		Crue forte		Crue très forte	
	Écrêtement net (m ³ /s)	% du débit de pointe	Écrêtement net (m ³ /s)	% du débit de pointe	Écrêtement net (m ³ /s)	% du débit de pointe
Chautagne - lac du Bourget	110	7	570	7	885	35
Lavours - Plaine de Yenne	70	5	150	7	255	10
Plaine de Bangues - St Benoît	150	9	175	8	485	19
Île de Miribel-Jonage	60	1,5	70	1,6	320	6
Total Haut Rhône	400	13	1000	23	2000	40
Plaine de Livron (Printegarde)	25	0,5	20	0,3	30	0,3
Plaine du Tricastin	210	3,5	200	2,6	960	9,5
Plaine de Caderousse/Codolet	0	0	90	1	70	0,5
Plaine de Rocquemaure - Îles de l'Oiselet et de la Barthelasse	80	1	65	0,5	120	0,8
Plaines d'Aramon/Montfrin et Vallabrègues Boulbon	20	0,2	160	1,3	160	1,1
Total Bas Rhône	350	4	550	5	1400	10
TOTAL Haut et Bas Rhône	750	9	1550	13	3400	23

Source Étude Globale du Rhône - Territoire Rhône

Comment préserver les ZEC ?

Consécutives à l'urbanisation et parfois aggravées par l'édification de digues ou de remblais, la diminution des zones d'expansion des crues a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

Pour préserver voire optimiser ce potentiel d'écrêtement, il est essentiel de maîtriser parfaitement les modes d'utilisation et d'occupation des sols de ces zones, avec toujours comme objectif prioritaire une solidarité amont-aval dans le rôle et la gestion des espaces préservés.

Pour le présent, des outils réglementaires existent : nomenclature «loi sur l'eau» pour les remblais en



ZEC du marais de Lavours (Haut Rhône), crue de février 1990 (© Photothèque CNR)

zone inondable, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), plans de prévention des risques d'inondations (PPRi). Sur le Rhône et ses affluents à crue lente, ces derniers sont encadrés par une doctrine commune pour l'élaboration des PPRi.

Le Plan Rhône en fait également une orientation fondamentale et prioritaire pour l'ensemble du bassin : « préserver les zones d'expansion des crues et optimiser leur gestion ; en reconquérir certaines ».

Peut-on optimiser la gestion des ZEC ?

L'étude d'optimisation de la gestion des ZEC lancée en 2006 s'appuie sur le fait que les différentes ZEC bénéficient de niveaux de protection très disparates, sans rapport avec les enjeux qui s'y trouvent.

La démarche s'attache donc, pour chaque ZEC majeure du tronçon de Viviers à Beaucaire, à évaluer les conditions de mobilisation optimales en fonction des enjeux locaux et des gains possibles pour l'écrêtement des crues les plus dommageables, en testant l'impact et l'efficacité cumulés de ces modifications.

L'objectif de ce pari technique est double : réduire l'inondabilité des ZEC (moins souvent, moins longtemps), tout en protégeant mieux les zones sensibles à forts enjeux lors des crues les plus fortes et donc les plus dommageables.



(© Grand Parc de Miribel Jonage/F. Guy - 1998)

Comment ?

- en modifiant les mécanismes d'entrée (par exemple : création de déversoirs ou relèvement de certains seuils de débordement), de stockage et de sortie des eaux ;
- en jouant sur le moment du stockage (si possible pendant la pointe de la crue) ;
- en minimisant les impacts négatifs éventuels.

Le fait de relever les seuils de débordement peut cependant conduire à aggraver pour l'aval les crues intermédiaires, qui ne seront plus débordantes à l'amont. Ainsi, chaque hypothèse d'aménagement est examinée dans une vision globale et cohérente, et des impacts locaux négatifs sont éventuellement acceptés si le bilan d'ensemble paraît suffisamment positif.

Qu'est-ce qu'une sur-inondation ?

Les zones de sur-inondation sont des zones volontairement surexposées à l'aléa, suite généralement à des travaux d'aménagement réalisés pour permettre un sur-stockage des crues [article 48 de la loi du 31 juillet 2003 sur les risques, codifié à l'article L. 211-12 du code de l'environnement].

Il s'agit de créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval. Elles sont caractérisées par une aggravation de la situation vis-à-vis du risque d'inondation par rapport à la situation antérieure aux aménagements.

Alors que l'inondation naturelle n'a pas vocation à être indemnisée au-delà des régimes d'indemnisation assuranciers classiques des catastrophes naturelles ou des calamités agricoles, la sur-inondation relève de règles de droit spéciales permettant d'instaurer une servitude de sur-inondation.

Cette servitude va au-delà du régime normal dans l'encadrement de l'occupation des sols et les contraintes imposées aux propriétaires et exploitants de zones grevées lorsqu'elle crée un préjudice matériel, direct et certain ; elle s'accompagne d'un régime d'indemnisation spécifique pour le propriétaire et l'exploitant, défini localement et pris en charge par la collectivité bénéficiaire ayant instauré la servitude.



Gué du Morlet, crue de janvier 2004 (© Grand Parc de Miribel Jonage/C. Crepet - 2004)

Ce qu'il faut retenir

Les zones d'expansion des crues présentent un intérêt majeur dans la dynamique des crues : elles permettent l'écrêtement, c'est-à-dire le stockage des eaux pour étaler et amortir le pic de crue. Ce rôle hydraulique essentiel justifie leur préservation et la recherche de leur optimisation, afin d'atténuer les inondations à l'aval, dans un souci de solidarité de bassin amont-aval. Elles ne doivent pas être confondues avec les zones de sur-inondation, qui s'inspirent d'une logique différente.

Quels sont les dommages induits par les inondations du Rhône ?

Pour les économistes, les dégâts d'une crue correspondent aux impacts directs et indirects de l'inondation sur les personnes et les biens. Il peut s'agir de désordres physiques (brèche dans une digue, érosions de berges, ponts et barrages détruits...) ou socio-économiques (habitations et activités touchées, interruption d'un réseau technique ou d'activités de production ou de service).

Les dommages en sont l'expression économique qui reste tributaire d'incertitudes concernant les dommages indirects, toujours difficiles à évaluer, et les dommages directs dont une part seulement est indemnisée par les compagnies d'assurance. Par ailleurs, les désordres d'une catastrophe ne peuvent pas tous être caractérisés de manière quantitative ou monétaire si bien que les conséquences doivent aussi être appréhendées sur le plan humain.

Quelle évaluation économique ?

Le calcul des dommages permet de comparer des catastrophes naturelles en rendant compte de l'ampleur physique des phénomènes et de la vulnérabilité des territoires.

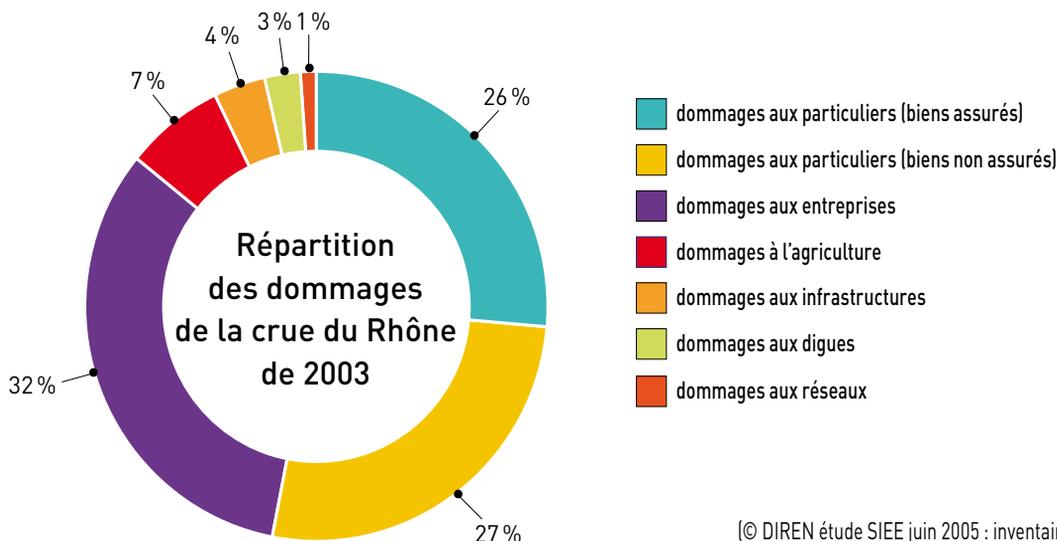
Les dommages de la crue du Rhône de 2003 à l'aval de Lyon sont estimés à plus d'un milliard d'euros, dont :

- plus de la moitié concerne les particuliers (300 millions d'euros pour les biens assurés et 300 millions d'euros pour les biens non assurés) ;
- 370 millions d'euros de dommages aux entreprises ;
- 80 millions d'euros de dommages à l'agriculture ;
- 40 millions d'euros aux infrastructures ;
- 30 millions aux digues ;
- 10 millions d'euros aux réseaux et aux équipements.

Si l'on compare les évaluations globales, les inondations de Nîmes en 1988 représentent 610 millions d'euros, la crue de l'Aude de 1999 de l'ordre de 500 millions d'euros, les inondations du Gard de 2002 environ 1,2 milliards d'euros.



Inondation d'un terrain agricole le long de la RN 570 le 13 décembre 2003 (© E. Delahaye).



(© DIREN étude SIEE juin 2005 : inventaires des zones inondables, des enjeux, des dégâts)



Les péniches habitées, rive gauche du Rhône à Lyon, pendant une crue (© G. Poussard).

Un autre ordre de grandeur apparaît quand on s'intéresse :

- à la tempête de décembre 1999 qui a entraîné plus de 15 milliards d'euros de dommages ;
- aux inondations d'Europe Centrale de 2002 : 28 milliards d'euros (dont 16.5 milliards pour la Saxe) ;
- à l'ouragan Katrina en 2005 au États-Unis : 83,5 milliards d'euros.

Des populations éprouvées

L'approche économique montre qu'une grande part des dommages concerne les particuliers. Au-delà des chiffres, l'expérience de la catastrophe constitue en effet pour les riverains une épreuve marquée par le dénuement et la perte. L'inondation affecte en premier lieu l'univers domestique par l'intrusion de l'eau et de la boue qui mettent sens dessus-dessous les vêtements, les meubles, la nourriture. Un tel chaos provoque un sentiment de pollution et de souillure qui résulte de l'anéantissement de l'ordre domestique (des substances d'ordinaire séparées se retrouvent mêlées).

Le temps de la catastrophe signe aussi une relégation sociale pour les sinistrés qui doivent parfois recourir à des hébergements de fortune ou se trouvent destinataires de dons et d'aides d'urgence. Si la maison individuelle marque, par l'accession à la propriété, l'appartenance sociale de ses occupants aux populations qui ne sont pas dans le besoin, le sinistre de la maison les stigmatise en retour comme des populations en difficulté. La perte des objets personnels affecte en second lieu la mémoire des sinistrés pour qui la destruction des souvenirs peut provoquer des formes d'amnésie et rend plus difficile la transmission de la biographie familiale aux générations futures.

Les interventions des psychologues ainsi que les enquêtes des sociologues montrent que l'épreuve de la catastrophe ne réside pas seulement dans le sauvetage mais se prolonge lors du retour dans la maison, du nettoyage, du tri de ce qui reste entre objet et déchet, de la réappropriation de l'espace domestique. En ce sens, le traumatisme de l'inondation qui relève autant d'une dimension psychologique que sociale, apparaît comme un dommage qui ne serait quantifiable qu'à travers le temps nécessaire à son apaisement.

Ce qu'il faut retenir

La crue du Rhône de 2003 a provoqué plus d'un milliard d'euros de dégâts, ce qui la situe parmi les inondations les plus dommageables en France. Cependant, comme le montrent des désastres étrangers, cette somme pourrait être bien plus considérable (de l'ordre de six milliards d'euros dans l'agglomération lyonnaise pour une crue forte).

Au-delà des chiffres, les conséquences sociales sur les populations sinistrées doivent être prises en compte.

Pourquoi les crues de la décennie 1993-2003 ont-elles touché surtout le Rhône aval et la Camargue ?

Pourquoi la Camargue est-elle vulnérable ?

La topographie de la Camargue est spécifique car très proche du niveau de la mer ; le point culminant est à environ trois mètres d'altitude.

La présence d'anciens cordons de protection contre la mer (cinquante centimètres à un mètre), assez loin dans les terres, peut freiner l'évacuation des eaux.

À titre de comparaison, la cote maximum atteinte à la station d'Arles (Grand-Rhône) lors de la crue de décembre 2003 a été de sept mètres environ.

Ces valeurs permettent de comprendre le rôle joué par les digues de Camargue et les contraintes qu'elles peuvent subir lors des crues fortes et de longue durée.

La Camargue, partie principale du delta du Rhône, a toujours été inondable car elle est l'exutoire d'un bassin versant d'environ 95000 km² qui peut être soumis à des épisodes pluvieux intenses de type méditerranéen.

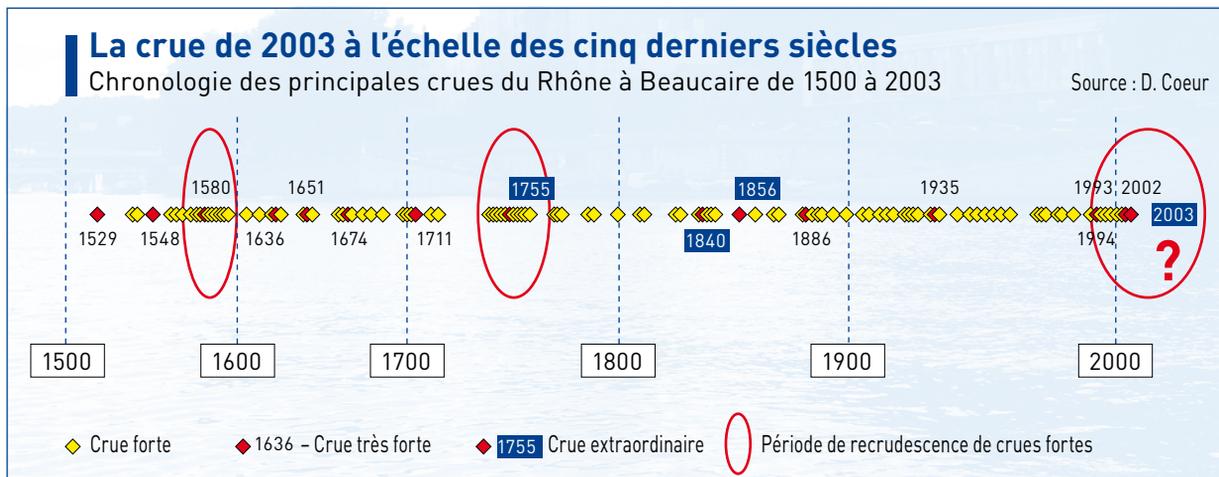
La typologie des crues du Rhône est bien connue ; seules les crues océaniques qui se forment sur la partie amont du Rhône et de l'Isère s'atténuent en général à partir de Valence et sont la plupart du temps sans danger pour les Provençaux. Les autres types de crues, qui ont une composante méditerranéenne, se renforcent à l'aval et peuvent même devenir catastrophiques en cas de concomitance avec une crue forte de l'Ardèche, de la Durance ou des Gardons.

En ce qui concerne le mode d'inondation, la Camargue est concernée à plusieurs titres : risque de surverse au-dessus des digues pour les crues très fortes, risque de brèches dans les digues lors des crues de longue durée et également risque d'inondation directe par les pluies locales puisque les terrains sont très plats.

Quelle est la répétition des épisodes de crue et quels sont leurs impacts sur la Camargue ?

Depuis 1993, on constate une succession d'épisodes pluvieux de type méditerranéen, qui ont peu ou prou concerné la Camargue.

En remontant dans le passé, plusieurs périodes présentent une répétition d'événements de crue : vers 1580 et 1755 et également entre 1840 et 1856. Toutefois, on dispose de peu d'éléments sur les périodes marquées par les crues de 1580 et de 1755.





Brèche de Claire Farine, 5 décembre 2003 (© Syndicat Mixte Camargue Gardoise).

■ Première période représentative : 1840-1856

Outre la crue très exceptionnelle de 1840, les crues d'octobre 1841 et novembre 1843 ont causé également des dégâts considérables dans les digues (la crue de 1843 a été amplifiée par une grave crue de la Durance : 4 400 m³/s estimés à Bonpas).

Sur cette période, deux crues majeures et deux crues fortes ont sérieusement endommagé les digues de Camargue et provoqué à chaque fois l'inondation d'une grande partie de ce territoire, auxquelles s'ajoutent une dizaine de crues relativement importantes.

■ Une «répétition» sur la période 1993-2003

Le Rhône a connu en octobre 1993 et janvier 1994 deux crues fortes alors que pendant près de quarante ans les riverains n'avaient pas eu à faire face à des inondations, excepté sur d'autres secteurs (par exemple février 1990 et novembre 1992 sur le Haut Rhône).

Entre 1993 et 2003, le Rhône aval a connu une crue majeure en décembre 2003 et quatre crues fortes :

- Octobre 1993 (crue générale - Saône et Haut Rhône) ;
- Janvier 1994 (méditerranéenne extensive - crue forte de la Durance) ;
- Septembre 2002 (crue très forte des Gardons et de la Cèze - cévenole atypique) ;
- Novembre 2002 (crue générale).

Si les crues de 1993 et 1994 avaient largement inondé la Camargue entre le petit et le grand Rhône à la suite de nombreuses ruptures de digues, en 2003, c'est la Camargue gardoise qui a été concernée par deux brèches importantes (communes de Fourques et de Saint-Gilles).

Lors de cette dernière crue, la Camargue entre le Rhône et le Petit-Rhône n'a été inondée que par son impluvium, phénomène aggravé par des remontées de nappes généralisées.

Ce qu'il faut retenir

La Camargue est particulièrement exposée aux crues du Rhône, du fait de sa topographie très plate et peu élevée et du régime hydrologique pluvial méditerranéen sur la partie aval de ce fleuve.

Les épisodes pluvieux méditerranéens se produisent en général entre les mois de septembre et de novembre ; les tempêtes marines à cette époque de l'année pouvant aggraver le niveau des eaux.

Les ruptures de digues sont le plus préjudiciables car elles sont pratiquement imprévisibles.

Le réseau d'évacuation des eaux vers la mer est très complexe et les eaux stagnent longtemps avant de s'évacuer, ce qui accroît le coût des dommages.

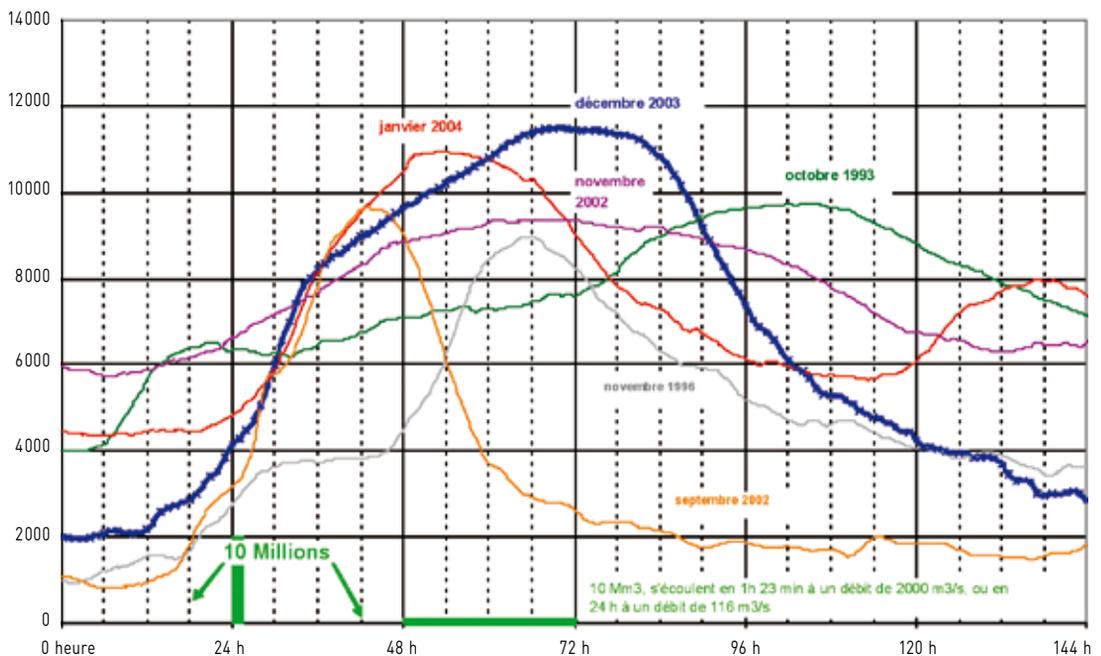
Est-il possible d'utiliser les ouvrages de la CNR pour abaisser les niveaux d'eau ?

Est-il possible d'utiliser les ouvrages de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) pour écrêter les crues ?

Quels sont les volumes en jeu ?

Il faut avoir à l'esprit quelques ordres de grandeur concernant les volumes d'eau en jeu lors des crues, ceux des retenues et ceux que dégagerait un abaissement préventif du niveau de la retenue. Prenons l'exemple des fortes crues récentes (1993 à 2004) mesurées à Beaucaire. Le graphique ci-dessous montre l'évolution des débits de ces crues.

Crues récentes du Rhône à Beaucaire



Source CNR

VOLUME DES CRUES EN MILLIONS DE M³ ÉCOULÉS

Source CNR

Octobre 93		Janvier 94		Septembre 02		Novembre 02		Décembre 03	
2 jours	6 jours	2 jours	6 jours	2 jours	6 jours	2 jours	6 jours	2 jours	6 jours
2300	4000	2200	3900	1300	1700	1600	3900	1900	3500

Distinguer le volume des retenues et le volume retenu par les barrages !

Le volume d'eau présent dans le bief à l'amont du barrage est situé entre le plan d'eau et le fond du lit (voir figure 1). On peut rappeler les volumes à l'étiage des différentes retenues :

Chute	Génissiat	Seysssel	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Sault-Brénaz	Pierre-Bénite	Vaugris	Péage-de-Roussillon
Millions de m³	53	6	12	16	17	33	20	15	42
Chute	Saint-Vallier	Bourg-lès-Valence	Beauchastel	Baix-le-Logis-Neuf	Montélimar	Donzère-Mondragon	Caderousse	Avignon	Vallabrègues
Millions de m³	35	25	30	40	45	20	47	34	82

Source CNR

S'agissant d'aménagements au fil de l'eau, ces volumes sont bien inférieurs à ceux des grands barrages-réservoirs. Ils sont très faibles par rapport aux volumes d'eau écoulés en crue (2300 Millions de m³ écoulés en deux jours en 2003). Si le barrage était entièrement ouvert, il subsisterait un volume d'eau à l'amont du barrage correspondant à l'écoulement naturel.

Le barrage ne retient donc en crue ou à l'étiage que la différence entre ces deux volumes (volume dans le bief, moins volume qui subsisterait s'il n'y avait pas de barrage). En crue, le volume retenu en amont du barrage est de plus en plus faible, puisque les lignes d'eau des situations naturelles et aménagées se rapprochent (voir question 03-05 « Quel est le mode de gestion des ouvrages du Rhône ? »).

Ainsi, pour la retenue de Vallabrègues en amont de Beaucaire, qui représente à faible débit la plus grosse retenue de la vallée (82 millions de m³), le volume résiduel retenu par le barrage, de l'ordre de 12 millions de m³ pour un débit de 10000 m³/s s'annule aux environ de 14000 m³/s (crue millénale) puisque c'est le débit de dimensionnement pour lequel le barrage est complètement ouvert. Il est donc important de distinguer le volume des retenues et le volume retenu par les barrages.

Les retenues écrêtent-elles les crues ?

Comme le montre le graphique ci-contre relatif à la retenue de Vallabrègues, la conception des aménagements et la consigne d'exploitation actuelle sont telles que le volume de la retenue croît avec le débit.

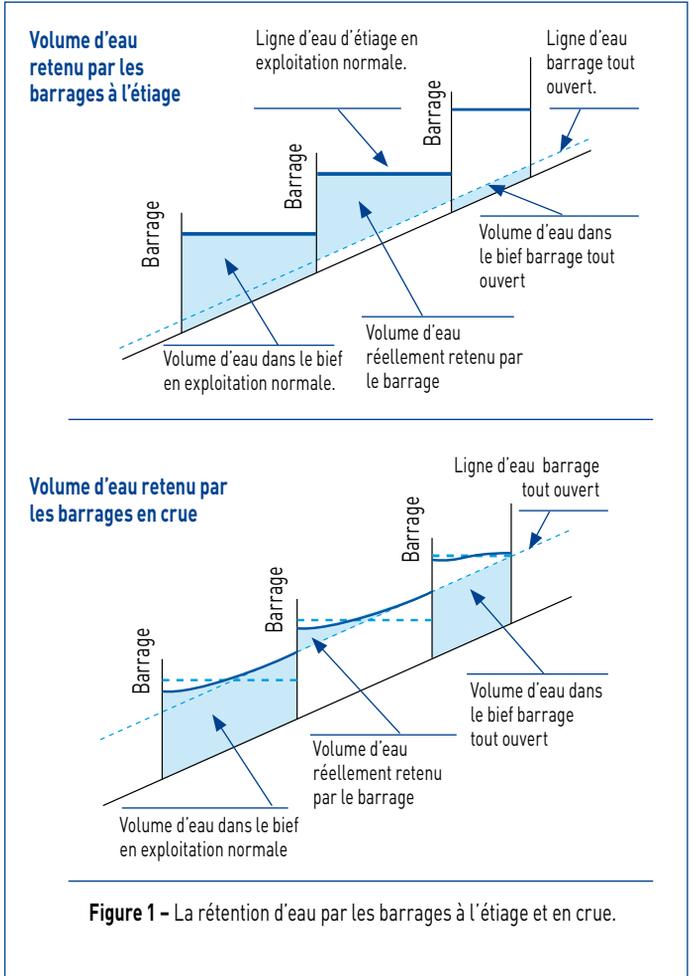
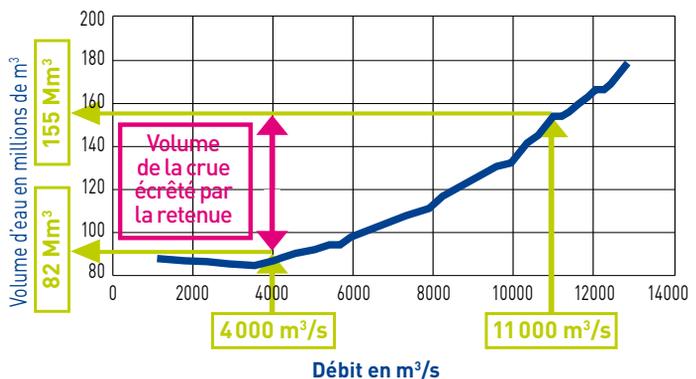


Figure 1 - La rétention d'eau par les barrages à l'étiage et en crue.

Les retenues écrêtent les crues (exemple de Vallabrègues)



■ L'aménagement hydroélectrique peut-il mieux écrêter les crues ?

Pour rester sur l'exemple de Vallabrègues, le volume retenu par le barrage (de l'ordre de 9 millions de m³ aux environs de la crue centennale) pourrait être stocké pour réduire le débit à l'aval si le barrage avait été préalablement complètement effacé. Mais il est très faible en comparaison du volume d'eau des crues. Il ne représente que 0,3% du volume de la crue de 2003 par exemple. D'autre part le gain très faible à attendre est à son tour susceptible de créer de nouveaux risques.

■ Quels sont les risques d'une autre procédure ?

Un des principes de l'exploitation du Rhône en crue est que la gestion des ouvrages doit être étudiée, déterminée et programmée à froid et respectée sans improvisation lors de la crue. Actuellement, les consignes d'exploitation précisent des objectifs de niveau à des points de réglage et la répartition du débit entre la dérivation et le tronçon court-circuité en fonction de la connaissance du débit en temps réel (voir question 03-05 « Quel est le mode de gestion des ouvrages du Rhône ? »).

L'utilisation du volume résiduel de la retenue devrait, comme les consignes en vigueur, être réfléchie et décidée à froid et être automatisée.

Deux options sont imaginables :

- **Soit une gestion « passive »** qui ne ferait pas appel aux prévisions. On pourrait envisager une vidange partielle programmée pour une certaine valeur de débit et le remplissage pour une autre. Mais il y a des risques :
 - l'opération de vidange de la retenue pourrait coïncider avec la crue d'un affluent confluant avec le Rhône à l'aval de celle-ci ;
 - pendant la phase de remontée du niveau de la retenue, la vitesse de montée de l'eau se trouverait accélérée à l'amont ;
 - enfin, lorsque le volume de la retenue serait reconstitué, il faudrait à nouveau évacuer au barrage le débit entrant dans la retenue. Si la capacité de stockage était insuffisante, celui-ci aurait atteint une valeur supérieure à ce qu'elle était au début de la manœuvre, ce qui créerait une montée de débit brutale à l'aval. Dans les cas sur lesquels on aura fait les simulations, la situation pourra être améliorée, mais le risque de faire pire plutôt que mieux est tout à fait réel.
- **Soit une gestion « active »** qui se baserait sur la prévision des débits du Rhône et de ses affluents. Le nombre infini des combinaisons possibles fait qu'il est impossible de programmer tous les scénarios possibles.



Vue depuis l'aval du barrage de Caderousse et du bief amont (© Photothèque CNR).

D'autre part il convient de rappeler que la connaissance en temps réel des débits est entachée d'une incertitude de 5 à 10% au moins. L'incertitude sur les prévisions de débit est encore bien supérieure, et s'y ajoute l'incertitude sur l'instant où se présentera ce débit. Pour une crue de l'ordre de $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$, l'incertitude dans la connaissance du débit à 24 heures est de l'ordre de $2\,000\text{ m}^3/\text{s}$ à $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$. Pour garder l'exemple de Beaucaire, si l'on fait l'hypothèse d'un volume mobilisable de l'ordre de 10 millions de m^3 , cela pourrait correspondre à une réduction du débit de $500\text{ m}^3/\text{s}$ pendant 6 heures. L'objectif est incompatible avec la précision actuelle en matière de prévision de débit.



Inondation de la plaine alluviale par débordement d'un Vieux-Rhône. À droite, le canal. (© Photothèque CNR)

Peut-on améliorer la situation en modifiant le débit dérivé en crue ?

Une question fréquemment posée est la possibilité, par une gestion différente des barrages et des usines CNR, de réduire l'importance ou l'effet des crues. Un débit différent en crue dans le canal de dérivation ne pourrait-il pas avoir des effets positifs sur les niveaux ?

Dans la situation actuelle à l'aval de Lyon, les consignes d'exploitation ne prévoient pas en crue de réduction du débit dérivé, à l'exception des chutes de Péage-de-Roussillon et Donzère-Mondragon, leurs digues n'ayant pas été dimensionnées pour une exploitation en crue à pleine charge. À l'amont de Lyon, les débits dérivés sont en général réduits (voire annulés sur Belley). L'objet de la présente approche n'est pas d'expliquer la valeur actuelle des débits dérivés en crues mais d'examiner quels seraient les effets de leur modification.

Dans le cas où il serait possible d'augmenter en crue le débit dérivé, l'effet direct serait de réduire le débit de la crue dans le tronçon court-circuité par la dérivation, dont résulterait un abaissement des niveaux d'eau. Cet abaissement des lignes d'eau réduirait l'inondation des terres riveraines. Il en résulterait à l'aval de la restitution, pour une certaine gamme de débits (situés entre l'ancien et le nouveau seuil de submersion), une augmentation des débits de pointe et une accélération de la propagation de la crue par réduction de l'écrêtement. Cet effet serait bien sûr limité et s'éteindrait lorsque les terres riveraines du Vieux-Rhône seraient à nouveau inondées. La réduction du débit dérivé aurait bien sûr les effets contraires.

Dans le cadre de l'Étude Globale Rhône des simulations ont été faites pour estimer les avantages et inconvénients d'une gestion différente des débits dérivés sur le Haut Rhône. Elles ont mis en évidence des impacts peu significatifs qui n'ont pas justifié d'approfondir cette piste.

Des investigations complémentaires sont en cours pour le Bas Rhône dans le cadre du Plan Rhône. Elles semblent montrer que les effets sont sensibles dans les Vieux-Rhône mais peu significatifs en termes de modification des hydrogrammes aval pour les fortes crues.

Ce qu'il faut retenir

Les retenues des aménagements au fil de l'eau représentent des volumes négligeables en comparaison du volume d'eau écoulé par la crue.

Elles contribuent malgré cela dans leur gestion actuelle à écrêter les crues en stockant une partie de leur volume.

Toutefois une optimisation de leur gestion dans cet objectif reste illusoire en l'état de l'art en matière de prévision des débits et, pour un résultat positif insignifiant, pourrait aggraver certaines situations.

Les villes de la vallée du Rhône sont-elles menacées ?

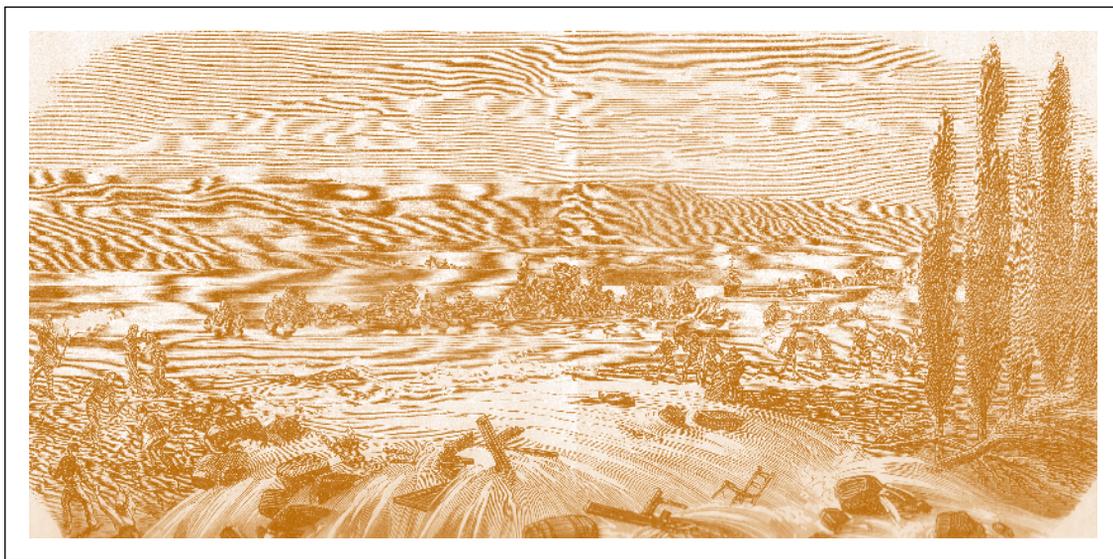
Le Rhône constitue l'artère principale d'échanges et de développement économique de la vallée ; les villes se sont implantées en utilisant les sites les plus propices.

Ensuite, les nécessités du développement ont poussé à investir progressivement des sites moins propices, comme la rive gauche du Rhône à Lyon, autrefois constituée de îlots et de brotteaux, ou les marais asséchés autour d'Arles.

Quels travaux au XIX^e siècle ?

Des protections ont progressivement été mises en place pour diminuer l'exposition au risque d'inondation. Les archives font mention d'anciens réseaux de digues mais les grandes crues du XIX^e siècle ont largement submergé la plupart de ces protections. Les récits des crues de 1840 et de 1856 font état de tous ces ouvrages détruits et de quartiers balayés par les eaux.

Un point primordial est également porté à la connaissance des élus : d'un point de vue écologique, le fonctionnement de l'écosystème fluvial a été altéré, mais il serait possible de y remédier, du moins en partie.



Brèche dans la digue de la Tête d'Or à Lyon en mai 1856 (*L'illustration, Journal Universel*)

À Lyon, c'est toute la rive gauche du Rhône qui a été ravagée. Avignon a connu des hauteurs de submersion de près de deux mètres.

Ces crues ont fourni des repères pour concevoir de nouvelles protections. Les villes importantes ont conforté leurs quais en les dimensionnant par rapport à la ligne d'eau de la crue de 1856. D'autres équipements ont contribué à ces dispositifs de protection ; les infrastructures ferroviaires et routières ont souvent remplacé ou prolongé, en les confortant, d'anciennes digues (un remblai ferroviaire est superposé à l'ancienne digue de protection d'Arles, dite « digue du Trébon »).

Dans certaines villes, des dispositifs mobiles de protection sont mis en place avant l'arrivée de la crue : en Avignon, les portes dans les remparts sont obturées par des batardeaux.

Quelle est la situation au début du XXI^e siècle ?

Les aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) ont aussi contribué à protéger d'autres secteurs urbanisés, comme le sud de l'agglomération lyonnaise (Saint-Fons, Solaize), les rives du Rhône à Valence.

Aujourd'hui, un ensemble de digues, d'ouvrages et de quais offre des niveaux de protection plus ou moins complets pour les villes du Rhône. Les crues récentes et les études sur des sites qui n'ont pas connu de crues aussi importantes fournissent des informations sur la situation réelle.



Digue de Codolet (Vaucluse), au Sud du village (© DIREN Rhône-Alpes).

À Lyon, une modélisation a mis en évidence que des débordements se produiraient pour

une crue d'importance cinq-centennale au niveau du quartier de Gerland, ou à partir d'une crue bi-centennale dans la ville de Vaulx-en-Velin.

Les crues de 1993, 1994 et 2002, survenues après une cinquantaine d'années sans crues importantes du Rhône, ont occasionné des ruptures de digues et des débordements touchant des secteurs habités, mais évitant les grands centres urbains.

La crue de décembre 2003, très impactante pour les villes riveraines du Rhône aval, notamment la ville d'Arles, a mis en évidence les limites de certains ouvrages de protection et les risques de rupture.

Comme la crue de 1856, la crue de décembre 2003 attire l'attention sur la nécessité de compléter les dispositifs de protection et d'assurer leur bon état dans la durée. Les conséquences de surverses ou de ruptures de digues au droit de zones densément occupées sont encore plus dangereuses que celles des débordements progressifs : la montée des eaux est alors très rapide et laisse peu de temps pour organiser la mise en sécurité des personnes et des biens. L'urbanisation rapide et l'installation d'infrastructures sensibles dans ces secteurs augmentent fortement la vulnérabilité.

Depuis le Plan Rhône, l'ensemble des ouvrages de protection entre Avignon et la mer fait l'objet de programmes de mise à niveau et de confortement.

Quel aléa ?

En dehors des possibilités d'événements accidentels, la protection par des digues ne peut pas être considérée comme totale. Ces sites restent exposés à des remontées de nappes à travers les terrains alluvionnaires de la vallée du Rhône, aux effets du ruissellement, qui accumulent l'eau dans les dépressions que le réseau d'assainissement ne peut pas entièrement évacuer.

Enfin, les constructions en sous-sol dans les villes contribuent à augmenter la vulnérabilité vis-à-vis de ces aléas si des précautions ne sont pas prises pour ne pas voir les niveaux en sous-sol, les plus exposés, abriter progressivement quantité de biens et d'équipements coûteux, ou encore pour éviter que ces espaces ne soient convertis en pièces habitables.

Ce qu'il faut retenir

Une protection contre les inondations n'est jamais absolue, elle est définie pour un risque donné (en général inférieur à une probabilité d'un pour mille).

La meilleure protection reste la prévention qui consiste à réduire la vulnérabilité par la réduction des enjeux exposés, à préserver le mieux possible les espaces de respiration du fleuve et à mettre en place un dispositif efficace et permanent de surveillance des ouvrages de protection.

Quel est le niveau de la protection apportée par les digues du Rhône ?

Une digue est un ouvrage longitudinal, orienté le plus souvent dans la direction de l'écoulement du cours d'eau, par opposition aux barrages disposés transversalement au lit mineur.

Le long du Rhône on rencontre deux catégories de digues très différentes dans leurs fonctions, leur conception, leur gestion et donc leur efficacité contre les inondations et leur niveau de sécurité. Il existe plusieurs mécanismes de rupture des digues.

Ce n'est qu'en connaissant ces divers éléments que l'on sera en mesure de répondre à la question posée, en introduisant une nuance entre efficacité et sécurité.

Deux types de digues sont construits le long du Rhône

■ **Les digues récentes.** Les digues de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) (voir question 03-04 « Quel est le principe de conception des aménagements CNR ? ») servent à créer des biefs pour la production hydroélectrique et la navigation. Leur dimensionnement les rend aptes à assurer, sans débordement, le transit de débits très élevés. Il s'agit d'ouvrages en remblai dont la conception répond aux règles de l'art de la seconde moitié du xx^e siècle ; ils sont construits avec des matériaux sélectionnés et des techniques modernes.

Ces digues sont en permanence soumises à la charge hydraulique et font l'objet d'un programme de surveillance (visuelle et par mesures d'auscultation) très régulier qui permet de déceler rapidement tout indice d'évolution négative du comportement.

■ **Les digues anciennes,** dénommées « digues syndicales » car pour l'essentiel elles sont la propriété de syndicats mixtes ou d'associations syndicales, ont pour unique fonction la protection contre les crues. Il s'agit d'ouvrages remontant pour la plupart au xix^e siècle, suite aux crues de 1840 et 1856. Ces digues ont été construites avec les matériaux de remblai disponibles sur place et avec les moyens de génie civil de l'époque ; certaines parties sont en maçonnerie. Elles sont traversées par de nombreux aqueducs et conduites d'irrigation ou de drainage qui sont autant de points potentiels de fragilité.



La digue de Vigueirat dégradée par une crue (© M. Provansal)

Les crues récentes du Rhône sont venues rappeler le rôle de ces digues tombées dans l'oubli pendant des décennies et ont conduit à mettre en place récemment un ambitieux programme de remise à niveau de leur connaissance, de leur sécurité et de leur maintenance, qui va s'étaler sur plus d'une dizaine d'années. On conçoit donc que le niveau de sécurité de ces deux catégories d'ouvrages ne soit pas identique.

Quels sont les principaux mécanismes de rupture ?

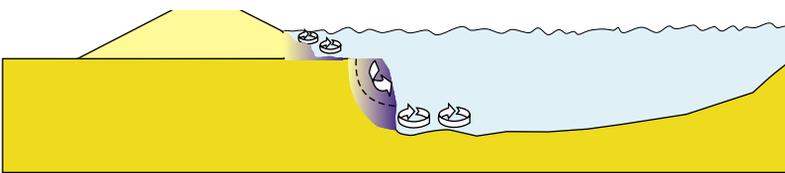
Sans entrer dans l'exhaustivité des mécanismes potentiels de rupture des digues, voici les trois mécanismes en jeu dans le contexte rhodanien.

■ **La surverse**, c'est-à-dire le débordement de l'eau au-dessus de la crête de la digue, conduit rapidement, pour les digues en remblai, à la formation d'une brèche par érosion régressive du talus puis de la crête. Même si l'on dispose d'éléments qualitatifs pour apprécier la plus ou moins grande rapidité du phénomène, on ne sait pas aujourd'hui répondre précisément à la question : pendant quelle durée et à quelle lame d'eau une digue est-elle capable de résister à la surverse ?

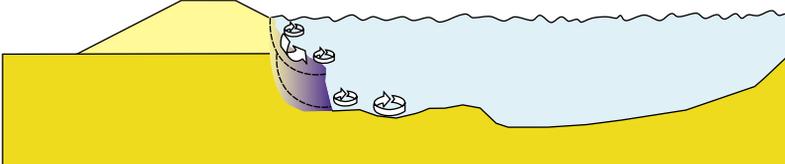
C'est donc le principe de précaution qui prévaut en la matière. Cependant, certains tronçons de digue peuvent être spécifiquement équipés d'une carapace (perré, enrochements, béton...) qui les rend aptes à supporter, dans certaines limites, la surverse : on parle alors de tronçon déversant ou de déversoir.

■ **L'érosion interne** se développe le long de chemins préférentiels empruntés par l'eau à l'intérieur de la digue ou de sa fondation. Ces chemins préférentiels peuvent être liés à des hétérogénéités dans les matériaux, à des terriers d'animaux, aux racines des arbres (en particulier après leur mort) ou peuvent se localiser le long de conduites traversant la digue. L'érosion interne se développe lentement dans sa phase initiale et se traduit par une augmentation des fuites, ce qui démontre l'intérêt d'une surveillance et d'une auscultation régulières des digues toujours en eau. Mais ensuite, dès qu'un conduit s'est formé à travers la digue, le phénomène peut évoluer très rapidement par agrandissement du conduit et formation d'une brèche. Le contrôle de la végétation et la lutte contre les animaux fouisseurs sont donc essentiels pour les digues, particulièrement pour celles qui sont en charge uniquement lors des crues et dont les fuites ne peuvent être auscultées en continu.

Le pied de berge se dégrade, des glissements en masse se produisent dans les matériaux saturés.



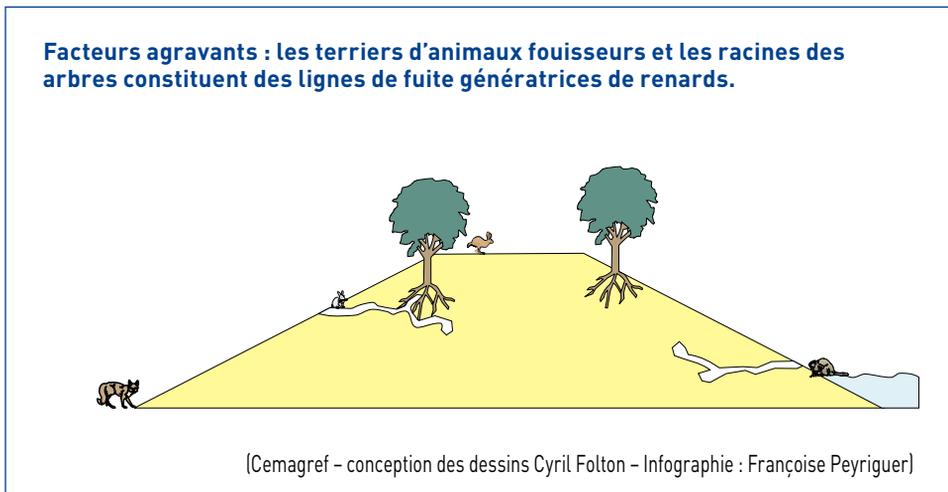
La berge, verticalisée est très instable. Les matériaux saturés glissent par pans, entraînant la digue.



(Cemagref – conception des dessins Cyril Folton – Infographie : Françoise Peyriguer)

■ **L'affouillement** est un phénomène d'érosion externe qui affecte le talus de la digue exposé aux courants hydrauliques du cours d'eau. L'origine est souvent liée à des irrégularités de la berge ou du talus qui provoquent localement des courants plus intenses. Les anses d'érosion ainsi créées vont renforcer le phénomène de tourbillons et donc d'érosion, jusqu'à attaquer le corps de digue et, en situation extrême, créer une brèche.

Le fait de disposer d'un franc-bord entre la berge du lit mineur et le pied de la digue apporte une sécurité vis-à-vis de ce mécanisme et une surveillance régulière permet alors d'intervenir avant une situation critique.



Quel est le niveau de protection actuel ?

Vis-à-vis de la surverse, les digues CNR sont dimensionnées pour contenir la crue millénaire (avec une revanche de sécurité), alors que les digues syndicales peuvent contenir au mieux la crue centennale. C'est ainsi que des débordements sont apparus en décembre 2003 sur la digue rive droite du Petit-Rhône et que les deux brèches de Mas d'Argence et de Claire Farine ont été attribuées à la surverse.



Brèche de Fourques, 5 décembre 2003 (© Syndicat Mixte Camargue Gardoise).

Vu qu'il n'est pas raisonnable (et qu'il serait illusoire) de vouloir systématiquement augmenter le niveau de protection apporté par les digues syndicales, la diminution du risque de brèche par surverse passe par l'aménagement de tronçons déversants où les débits de crue excédentaires pourront être dérivés dans la plaine en toute sécurité pour les autres tronçons de digue.

Vis-à-vis de l'érosion interne, les digues CNR n'ont connu aucune rupture à ce jour, mais plusieurs incidents ont été détectés grâce à la surveillance régulière et ont été réparés. Les digues de Camargue ont connu seize ruptures lors des deux crues successives d'octobre 1993 et janvier 1994.

Les observations faites pendant et après ces crues ont permis d'attribuer ces brèches à l'érosion interne, des conduites traversantes étant en cause dans trois cas et des terriers d'animaux dans treize cas.

La sécurité a été améliorée après ces crues grâce aux actions entreprises par le Syndicat mixte d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer (SYMADREM) : travaux d'urgence et programme d'entretien et de surveillance réguliers. Ainsi, lors de la crue de décembre 2003, les digues de Camargue n'ont pas connu de brèche par érosion interne, mais plusieurs ruptures liées à ce mécanisme ont été évitées de justesse, ce qui montre que le risque est encore bien présent.

Vis-à-vis du risque d'affouillement, aucun incident grave n'a été relevé sur les digues CNR, tandis que les digues syndicales ont connu quelques dommages lors des crues de ces dernières années, mais sans aller jusqu'à la brèche complète.

La présence assez générale d'un ségonal (bande de terrain du lit majeur comprise entre la berge et les digues) plus ou moins large est un facteur positif pour diminuer ce risque. À contrario, l'enfoncement du lit mineur, constaté par endroits, est un élément de fragilité.



Dégâts dus à la surverse d'une digue lors de la crue des 12-13/11/1999 : importante loupe d'érosion et de glissement dans le talus aval (© E. Josse DDE 66).

Ce qu'il faut retenir

Grâce à leur dimensionnement, les digues CNR apportent un haut niveau de protection contre les inondations dans les zones où elles assurent cette fonction.

La conception, le mode de réalisation et le programme de surveillance des digues CNR leur confèrent un haut niveau de sécurité vis-à-vis de la rupture.

Les digues syndicales apportent un niveau plus faible et variable, l'objectif visé étant la crue centennale.

Les digues syndicales présentent aujourd'hui un niveau de sécurité plus faible, mais qui est en voie d'amélioration grâce au programme de diagnostic, de confortement (incluant l'aménagement de tronçons déversants) et de surveillance qui se met en place depuis quelques années et qui est rendu possible par des évolutions préalables dans la maîtrise d'ouvrage.

Qu'appelle-t-on « crue de référence » ?

La notion de « crue de référence » renvoie à des dispositions réglementaires : c'est en effet sur cette base que sont élaborés les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI).

La définition qui en est donnée par de nombreuses circulaires interministérielles est celle de « la plus forte crue connue, ou si cette crue est plus faible qu'une crue centennale, cette dernière ».

Ce choix répond à une double volonté : d'une part se référer à des événements qui se sont déjà produits (et sont donc susceptibles de se produire de nouveau), et d'autre part privilégier la mise en sécurité de la population en retenant des crues de fréquence rare.

La crue de référence est donc soit une crue historique documentée (crue du 28 janvier 1910 de la Seine à Paris, crue de novembre 1840 dans le Val de Saône, crue du 2 novembre 1859 de l'Isère à Grenoble, etc.), soit une crue modélisée pour une occurrence centennale (basse vallée de l'Ain, Eyrieux, Lez, Bourbre, etc.).



Repères de crues (© DIREN Rhône-Alpes)

Quelle est la crue de référence du Rhône ?

■ **À l'amont de Lyon.** La crue de référence est, selon les secteurs, celle de 1927, 1944 ou 1990 ; toutes sont proches de la crue centennale ou supérieures.

■ **À l'aval de Lyon.** Dans la liste des grandes crues qui ont affecté le Rhône à l'aval de Lyon, l'événement de mai 1856 constitue le record depuis 1840, date des premières observations bien documentées ; elle est notamment supérieure aux crues de 1840 et 2003. Au titre de la plus forte crue connue, elle constitue donc la « crue de référence » à l'aval de Lyon.

Exemple parfait de crue généralisée, la crue de mai 1856 a affecté l'ensemble du bassin du Rhône, soumis à des pluies océaniques au nord et méditerranéennes au sud ; la concomitance quasi-généralisée des apports des affluents, Isère et Durance en particulier, conduisit à des combinaisons désastreuses. Pardé écrivit ainsi : « la crue de 1856 fut la plus simple et la plus brutale des crues généralisées du Rhône ; [...] par les désastres engendrés, elle compte parmi les plus terribles des cataclysmes qui aient dévasté les rives des fleuves français ».

Crue centennale : déterminée par traitement statistique, une crue centennale présente une probabilité d'être atteinte ou dépassée au moins une fois de 1 % sur 1 an (soit 1 « chance » sur 100) ; sur 100 ans continus, une telle crue présente une probabilité d'occurrence de 63 % (soit quasi 2 « chances » sur 3).

Aléa : phénomène naturel, d'occurrence et d'intensité données. Les inondations se caractérisent par leur nature (de plaine, crues rapides, crues torrentielles, par remontée de nappe...), notamment par leur hauteur d'eau, la vitesse de montée des eaux et du courant, la durée de submersion.

Quel est l'aléa de référence ?

La cartographie de l'aléa est un des éléments de base du PPRI. Elle fournit les limites de la surface inondable pour la crue de référence : en fonction du niveau de gravité de l'aléa, des règles relatives à l'urbanisation et à l'usage des sols peuvent être édictées.

L'aléa de référence du Rhône sera déterminé par une modélisation du débit de la crue de référence (donc selon les secteurs des crues de 1927, 1944 ou 1990 à l'amont de Lyon, et de la crue de 1856 à l'aval de Lyon) aux conditions d'écoulement actuelles.

En effet, les modifications de ces conditions d'écoulement ont été importantes depuis 1856 : évolution du lit mineur (épis Girardon, incision ou exhaussement des fonds, développement des marges boisées), aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), implantation dans le lit majeur d'infrastructures... Il convient donc maintenant de connaître comment les débits historiques s'écouleraient et quelles inondations ils occasionneraient dans le contexte actuel.

Ce qu'il faut retenir

La crue de référence est la plus forte crue connue, ou si cette crue est plus faible qu'une crue centennale, cette dernière.

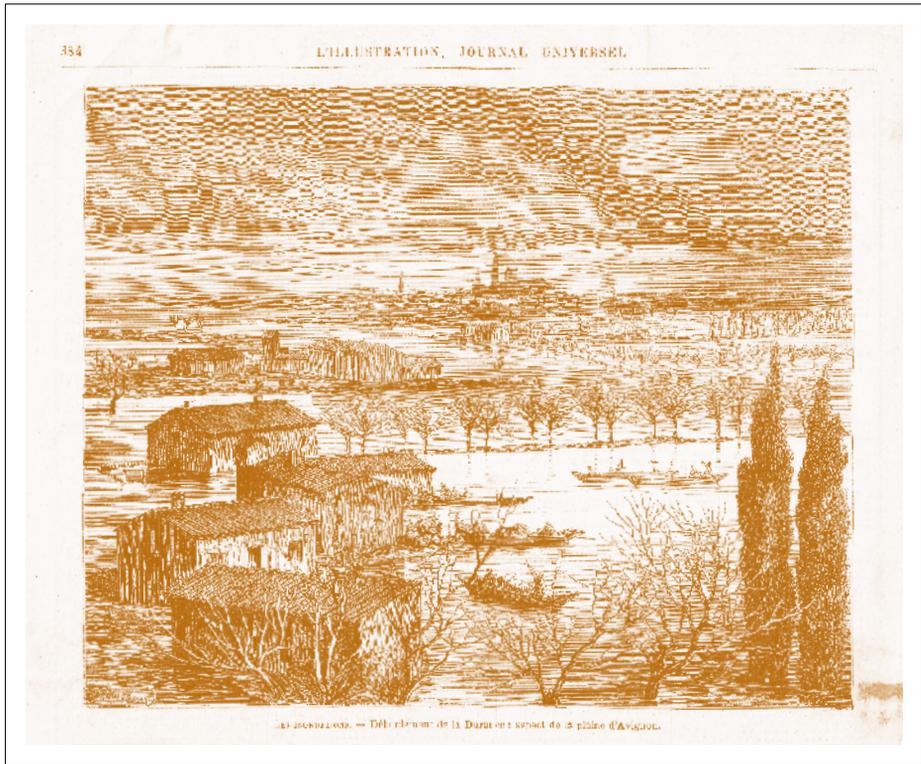
Elle est caractérisée notamment par son aléa de référence, qui dans le cas du Rhône est une modélisation du débit de la crue de référence aux conditions actuelles d'écoulement. Selon les secteurs du Rhône, les dates de crue de références sont donc différentes.

Peut-on construire en zone inondable ?

Historiquement, les habitants ont toujours cherché à mettre hors d'eau les constructions en zone inondable ou à permettre le refuge à l'étage, même s'il est sans doute illusoire de proposer une image idéale de la prise en compte du risque d'inondation par le passé.

Les nombreuses maisons détruites ou emportées par les eaux qui figurent dans la presse illustrée lors de la crue du Rhône de 1856 témoignent des limites de ces pratiques vernaculaires.

À Sablons, par exemple, les murs sont en maçonnerie jusqu'à la hauteur des plus hautes crues pour résister à l'eau et au-delà en pisé. Dans les archives, de nombreux récits témoignent des pratiques qui consistaient à monter le bétail à l'étage pour le sauver des eaux, comme l'écrit Armand Landrin en 1880 à propos de la crue de 1856 : «À Tarascon, la salle de spectacle où l'on avait abrité une partie des bestiaux a été envahie à une telle hauteur, qu'on a été obligé de placer aux premières et deuxième loges les porcs, les mulets et les brebis. Les barques chargées de fourrages arrivaient à rames déployées dans le parterre».



Gravure publiée dans *l'illustration* suite à la crue de 1856.

Comment luttait-on contre les inondations au XIX^e siècle ?

Après la crue généralisée du Rhône de 1856, Napoléon III annonce à Pourrières (83) la mise en place d'une politique de «défense du territoire contre l'invasion des eaux». La protection par les digues trouve en effet ses limites : «Aujourd'hui, chacun demande une digue quitte à rejeter l'eau sur son voisin. Or, le système des digues n'est qu'un palliatif ruineux pour l'État [...] car il faudrait toujours élever le niveau de ces digues, les prolonger sans interruption sur les deux rives et les soumettre à une surveillance de tous les instants. [...] Avant de chercher le remède à un mal, il faut en bien étudier la cause».

À l'époque, la cause des inondations est rapportée au déboisement des montagnes qui limite la rétention des eaux de ruissellement. Une vaste politique de restauration des terrains de montagne est donc lancée sur des milliers d'hectares à travers l'action des ingénieurs forestiers (dont George Fabre est une figure

emblématique) à partir de 1860-1870 ainsi que l'aménagement de retenues en amont. Les premiers documents réglementaires en matière d'occupation des sols en zone inondable remontent au début du xx^e siècle. Le Plan des zones inondables prévu par la loi du 28 mai 1858 et approuvé sur le Rhône en 1911 vise à contrôler la construction des digues ; le Plan des surfaces submersibles instauré par la loi du 30 octobre 1935 impose que les constructions nouvelles ne s'opposent pas au libre écoulement des eaux et ne restreignent pas les champs d'expansion de crue. La réglementation vise d'abord le bon fonctionnement hydraulique du fleuve, plus que la prévention du risque à proprement parler.

Comment s'est opérée la maîtrise de l'urbanisation en zone inondable au xx^e siècle ?

En 1955 les articles R111.2 et R111.3 du code de l'urbanisme donnent la possibilité de refuser ou d'imposer des prescriptions « si les constructions, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique ». La Loi d'orientation foncière de 1967 permet de définir des zones ND non urbanisables pour cause de risque naturel. Mais la maîtrise de l'aménagement dans des zones exposées à un risque naturel n'est véritablement lancée qu'à partir de la loi de 1982 relative à « l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ». L'idée est de lier la prévention et l'indemnisation : le fond « catastrophe naturelle » financé par une surprime sur l'assurance incendie est constitué en échange de la mise en place de Plan d'expositions aux risques qui imposent aux collectivités des mesures de prévention et de protection. Pour les particuliers, la meilleure indemnisation en cas de catastrophe naturelle doit s'accompagner de contraintes plus strictes sur la constructibilité dans les zones à risques. La loi Barnier de 1995 instaure les Plans de prévention des risques (PPR) qui établissent à l'échelle communale un zonage réglementaire relatif à l'urbanisation : pas de contrainte particulière en zone blanche en l'absence d'aléa, des prescriptions sur les constructions en zone bleue où l'aléa est modéré (en terme de hauteur et de vitesse des eaux) et enfin l'inconstructibilité en zone rouge où l'aléa est fort.

Quelle est la doctrine commune pour l'élaboration des PPRi du Rhône ?

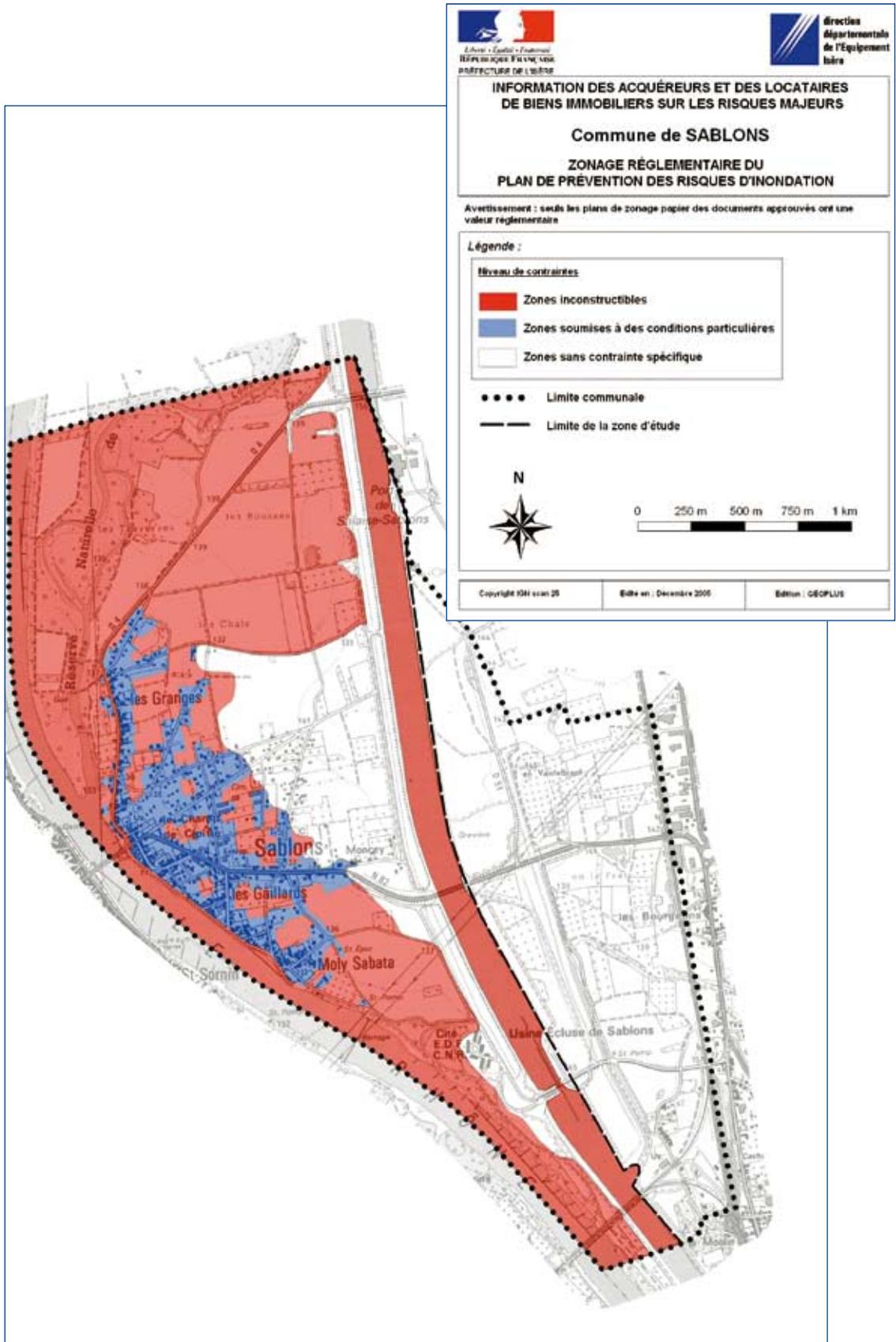
La crue de 2003, qui a causé la mort de sept personnes et qui représente plus d'un milliard d'euros de dommages, témoigne de la vulnérabilité du couloir rhodanien. Pour y répondre, la doctrine commune pour

		Zones urbanisées		Zones peu ou pas urbanisées
		Centre urbains	Autres zones urbanisées	
Espaces inondables	Aléa	Règles d'urbanisation		

Dans l'enveloppe de la crue de référence				
Par submersion, sans ouvrage de protection	Fort			
	Modéré			
Protégés par des digues non résistantes à la crue de référence	Fort			
	Modéré			
Protégés par des digues résistantes à la crue de référence	Bande de sécurité			
	Autres			
Protégés par des digues CNR	Bande de sécurité			
	Autres			

Interdit Possible avec prescriptions (sans prescriptions pour les espaces protégés par des digues CNR) Éventuellement possible avec prescriptions (pour assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain, en intégrant la réduction de la vulnérabilité)

Tableau synthétique des règles de constructibilité. Les règles de constructibilité dépendent de la gravité de l'aléa (fort ou modéré), de la nature des espaces considérés (urbanisés ou non urbanisés) et des éventuelles protections contre les inondations (digues ordinaires, digues qualifiées de résistantes à l'aléa de référence, digues de la CNR).



Le PPR de Sablons sur Rhône approuvé en 1997

Les espaces non urbanisés en zone inondable, qualifiés en rouge, sont inconstructibles. Dans les espaces déjà urbanisés en zone inondable, qualifiés en bleu, des constructions peuvent être possibles à condition de respecter une hauteur plancher et de limiter l'emprise au sol.

l'élaboration des PPRi du Rhône décline le cadre réglementaire national dans le contexte rhodanien de manière à ce que les mêmes règles soient appliquées de manière cohérente et équitable sur l'ensemble du fleuve, d'amont en aval, d'une rive à l'autre.

Les PPRi visent à ne pas augmenter les enjeux exposés en zone inondable et à préserver les champs d'expansion des crues. Dans un contexte de fort développement urbain et périurbain, les règles de constructibilité ne résultent pas seulement de l'emprise de la crue de référence mais sont modulées selon le type d'urbanisation des espaces concernés :

- les zones non urbanisées doivent le rester alors que dans les espaces déjà urbanisés, des constructions peuvent être autorisées sous conditions (selon que le projet est exposé à un aléa fort ou modéré, qu'il est en centre urbain ou pas, qu'il intègre des modalités de construction adaptées au risque...);
- les espaces protégés par des digues restent des zones soumises au risque car on ne peut avoir de garantie absolue sur l'efficacité des ouvrages. En conséquence, les espaces non urbanisés derrière les digues doivent le rester. Dans les secteurs déjà urbanisés et dans le respect du principe de limitation de l'extension de l'urbanisation en zone inondable, des constructions peuvent être autorisées sous conditions, en dehors d'une bande de sécurité à l'arrière immédiat des digues.

Pour les espaces protégés par des digues de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) qui assurent une très haute protection et sont l'objet d'un entretien et d'une surveillance continus, il n'y a pas de contrainte sur la constructibilité sauf pour les établissements publics nécessaires à la gestion de crise. Une bande de sécurité sera cependant conservée en arrière immédiat des digues de la CNR.

La construction de maisons sur pilotis ou l'aménagement de quartiers lacustres ne constituent pas des choix durables dans la mesure où ils augmentent la vulnérabilité des territoires exposés et ne protègent que très relativement la sécurité des personnes qui est davantage mise en jeu dans les déplacements automobiles qu'à l'intérieur de l'habitat.

La prévention des risques repose sur la maîtrise de l'urbanisation en zone inondable et doit s'accompagner d'une réflexion à une échelle intercommunale pour trouver des solutions alternatives.



Rhône en crue à Arles (© F. Eyrolle).

Ce qu'il faut retenir

La crue catastrophique de 1856 marque le début d'une politique générale de lutte contre les inondations qui s'oriente au xx^e siècle vers la prévention par la maîtrise de l'urbanisation en zone inondable.

Aujourd'hui, la doctrine Rhône donne les règles communes de constructibilité pour prendre en compte de manière cohérente et équitable le risque d'inondation dans l'aménagement des territoires.

Quelles sont les mesures préconisées pour réduire le risque ?

Suite aux crues récentes, l'État et les régions, ainsi que tous les acteurs du bassin, se sont engagés dans une politique volontariste de définition et de mise en œuvre d'une stratégie globale de prévention des inondations du Rhône et de ses affluents qui a été validée au niveau national en juillet 2005 : elle constitue le volet « inondations » du Plan Rhône.

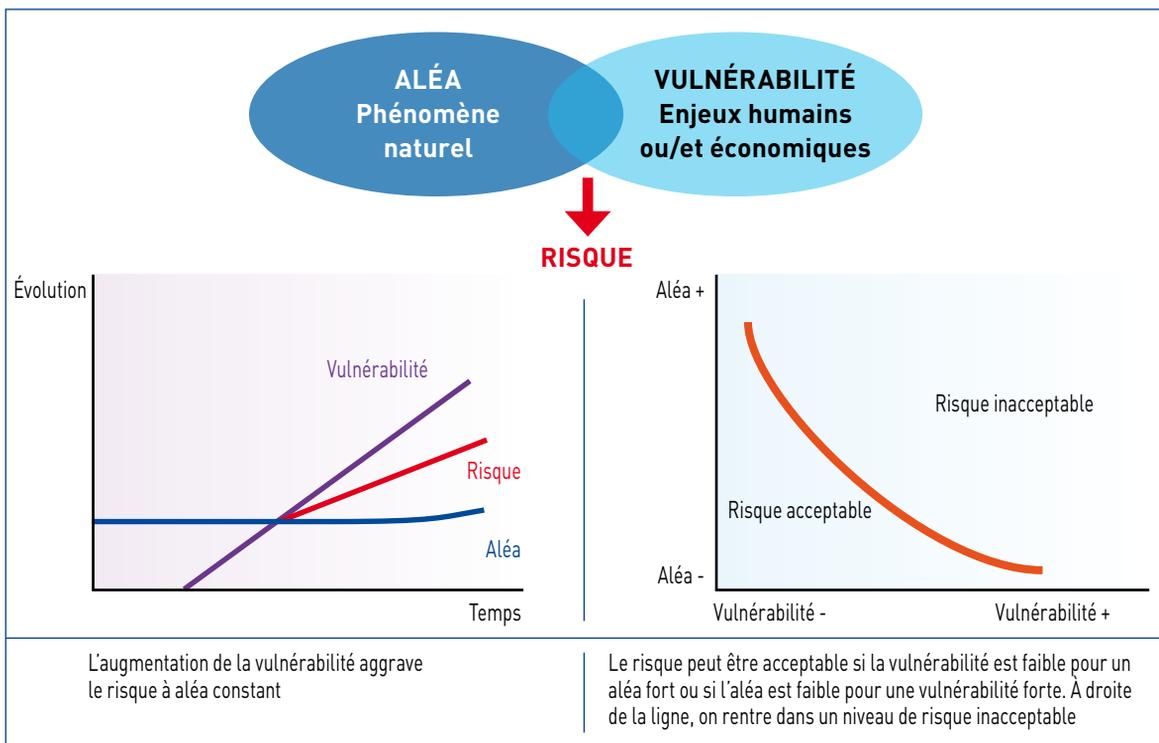
Mais d'abord, qu'entend-on par risque ?

Le risque se définit comme le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité ; plus exactement, il est fonction de l'aléa et de la vulnérabilité (cf. figure ci-dessous).

■ **L'aléa** désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène, il est également fonction de son intensité et de sa durée dans l'espace pris en compte.

■ **La vulnérabilité** s'évalue en fonction des dommages que cet événement peut engendrer, que ce soit sur les populations, les biens (le bâti privé, les bâtiments publics et les équipements tels les réseaux), les activités économiques (industrielles, agricoles, commerciales, artisanales) ou encore sur les ressources naturelles.

Les sociétés modifient donc certains aléas et apprécient différemment leur degré de vulnérabilité au cours du temps. La limite entre risque acceptable et risque inacceptable est donc fictive, floue et évolutive en fonction du temps et des acteurs.



La prévention du risque d'inondation est souvent prioritairement abordée à travers la réduction de l'aléa, c'est-à-dire tous les moyens permettant de favoriser l'écoulement maximum des débits de crue dans le lit du fleuve. Si cette démarche est logique, elle ne suffit cependant pas à protéger les populations. Toute protection, peut un jour ou l'autre être dépassée par une crue plus forte et mettre en danger des populations, ignorantes du risque. Chaque crue importante a ainsi vu se produire des ruptures de digue provoquant parfois des pertes de vies humaines et souvent de lourds dommages matériels.

Pour réduire le risque il faut agir dans trois directions :

- réduire les inondations, en agissant sur le phénomène lui-même ;
- réduire la vulnérabilité des personnes et des biens aux évènements ;
- savoir mieux vivre avec le risque en développant la connaissance et la compréhension des inondations.

Comment réduire les inondations ?

L'Étude globale des crues du Rhône, réalisée en 2002, a démontré qu'une protection totale et systématique tout au long du fleuve n'était possible que pour des gammes de crues modérées.

En cas de crue forte (centennale ou supérieure), elle ne pouvait être garantie : enfermer le Rhône entre des murs aggrave les débits aval et accentue les risques dans les secteurs très urbanisés, en particulier Lyon et Avignon ; pour ces gammes de crues fortes, des déversements par dessus les digues sont inévitables et doivent être organisés.

Il est nécessaire de préserver toutes les zones d'expansion des crues actuelles, de limiter les ruissellements et de coordonner les efforts faits sur le Rhône et ses affluents, afin de retenir le plus d'eau possible à la source. Il faut aussi fiabiliser le système d'endiguement existant en organisant les déversements et diminuer la durée de submersion des terrains inondés en renforçant les capacités de pompage et d'évacuation des eaux et en restaurant les chemins à la mer.



Pompage route de Fontvieille le 13 décembre 2003 (© E. Delahaye).

Comment réduire la vulnérabilité ?

La priorité est de ne pas exposer de nouvelles activités au risque et d'intégrer la problématique des inondations dans l'aménagement du territoire : imaginer le développement en priorité en dehors des zones inondables par exemple sur les piémonts et coteaux, élargir les possibilités par des démarches intercommunales... La maîtrise de l'urbanisation est un levier majeur de la politique de prévention, notamment grâce à l'élaboration de PPRI, qui engage l'État et les collectivités. La société civile et les activités économiques touchées par les inondations sont aussi des acteurs indispensables qui peuvent réduire la sensibilité de leurs biens par des dispositifs individuels : mise en place de batardeaux, surélévation des équipements, création d'un niveau refuge dans les habitations, modification des lieux de stockage...

Savoir mieux vivre avec le risque

Une vigilance accrue des populations, par une meilleure connaissance des phénomènes (cartographie des zones inondables, repères de crue, information des locataires et acquéreurs) et des consignes à prendre en cas de crise, alliée à une amélioration du dispositif de prévision des crues, réduisent notablement le risque.

Plus globalement, c'est la culture du fleuve et la conscience du risque qu'il faut conforter pour généraliser les comportements individuels et collectifs appropriés, en lien avec le Rhône mais pas en l'occultant.

Ce qu'il faut retenir

La contribution de chacun est nécessaire pour réduire le risque : de l'État, qui a l'obligation d'élaborer les règles générales en matière de prévention et d'urbanisme, d'organiser la prévision des crues, au maire qui veille à la sécurité et à l'information des populations jusqu'aux entreprises et particuliers, qui doivent prendre les précautions nécessaires en s'informant, en s'assurant, en se protégeant individuellement et collectivement.

La qualité de l'eau du Rhône



L'eau du Rhône est-elle de bonne qualité ?

La qualité d'un fleuve ou d'une rivière est une notion difficile à appréhender. Qualité pour qui, pour quoi ? Certains s'intéressent à l'aspect sanitaire au regard de la baignade ou des besoins en eau potable, d'autres à la valeur paysagère, d'autres encore à la vie aquatique et à la pêche, avec des critères d'appréciation différents selon qu'on porte l'attention sur la quantité de prises de poissons ou sur la capture d'espèces recherchées.

Parler de qualité du Rhône suppose donc un minimum de connaissance des moyens d'évaluation et les conditions et modalités de leur mise en œuvre sur le fleuve.

Des altérations et perturbations variées

La pollution est définie au sens large comme une altération du fait de l'homme, entraînant des effets nuisibles. Elle n'est pas limitée au seul aspect physico-chimique et à la présence ou non de substances indésirables apportées par les rejets d'égouts et les ruissellements diffus d'eaux sales. D'autres perturbations, liées aux conditions d'écoulement des cours d'eau (retenues, dérivations, prélèvements d'eau...) ou d'habitat pour les organismes aquatiques (artificialisation du lit et des berges...) peuvent affecter tout autant les équilibres naturels et la qualité des écosystèmes.

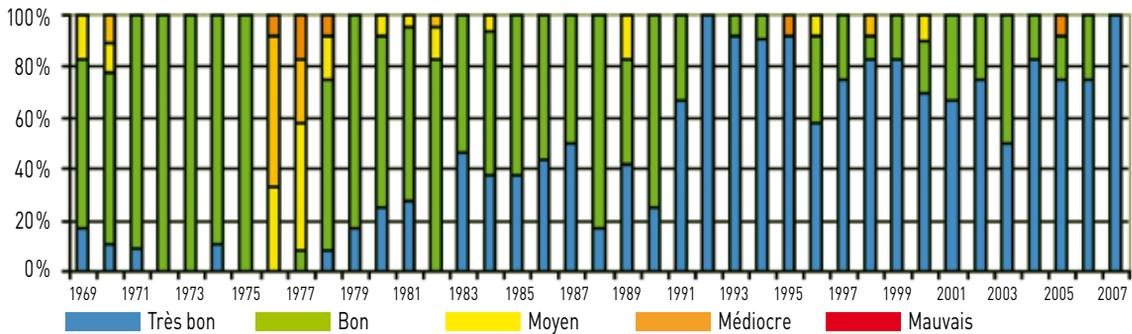
Quelle qu'en soit l'origine, urbaine, industrielle, agricole, la pollution de l'eau proprement dite peut revêtir plusieurs formes, chacune avec des effets spécifiques :

- pollution physique par les matières en suspension (MES) à l'origine de dépôts, plus ou moins nocifs selon leur composition ;
- pollution organique consommatrice de l'oxygène, élément vital (estimée notamment par les paramètres DBO5 et DCO) ;



Prélèvements de faune invertébrée de fond dans le Rhône à Vernaison, pour le calcul d'un indice biologique de qualité
(© C. Chevret, Agence de l'Eau RM&C)

Évolution des teneurs en matières organiques et oxydables (MOOX) à la Station de Chasse-sur-Rhône à l'aval de Lyon depuis 1969.



Les MOOX sont parmi les indicateurs les plus caractéristiques de la pollution urbaine. Ils font l'objet de 12 campagnes de mesure par an depuis 4 décennies. Le graphique montre d'une part la variabilité des teneurs au cours de l'année et d'une année sur l'autre en fonction des saisons et de l'hydrologie (cf. sécheresse 1976), d'autre part et plus globalement leur diminution jusqu'au niveau très bas de 2007, suite à la mise en œuvre de la réglementation relative aux eaux résiduaires urbaines. Source Agence de l'Eau RM&C

DBO Demande Biologique en Oxygène : consommation en oxygène des micro-organismes présents leur permettant d'assimiler les substances organiques présentes. Elle est très souvent mesurée après 5 jours à 20 °C, on parle alors de DBO 5.

DCO Demande Chimique en Oxygène : Oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique des substances organiques et minérales de l'eau.

- pollution nutritive par les sels d'azote (nitrates) et de phosphore (phosphates), éléments indispensables pour les végétaux mais nocifs en cas d'excès ;
- pollution toxique, principalement par les micropolluants métalliques et organiques ;
- pollutions diverses : bactériologique, saline, thermique, radioactive...

Les pollutions dites «classiques» liées aux rejets domestiques et à certains apports industriels et agricoles sont à dominante organique et nutritive. Elles sont souvent associées à des pollutions bactériologiques et toxiques. Combinées aux perturbations physiques et hydrauliques, ces pollutions affectent la vie aquatique. C'est donc au travers d'une double approche, celle des facteurs d'altération eux-mêmes notamment par l'analyse chimique, et celle de leurs effets sur la biologie, que peuvent être menés les diagnostics de qualité.

Quels sont les outils d'évaluation de la qualité ?

Les premières données de suivi national de la qualité des eaux et notamment du Rhône remontent à 1971. Le dispositif, repris pour l'essentiel en 1987 par le Réseau National de Bassin (RNB) et progressivement consolidé, est depuis 2007 intégré au «contrôle de surveillance» demandé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et géré par la DIREN de Bassin et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse.

Basées à l'origine sur l'analyse des paramètres «classiques» de l'eau, les mesures se sont élargies à une gamme de plus en plus complète de micropolluants, selon des techniques complexes. Parallèlement, les observations biologiques, restreintes initialement à la faune invertébrée des rives (larves d'insectes, vers, mollusques...) se sont étendues aux différentes parties du fleuve et à ses divers compartiments biologiques, des algues microscopiques aux poissons.

Aujourd'hui, la surveillance s'exerce en vingt et un points : huit sur le Haut Rhône, treize sur le Rhône moyen et le Bas Rhône, auxquels s'ajoutent les points sur les affluents avant leur confluence (voir page suivante).

Ce suivi combine l'analyse de près de cinq cents paramètres chimiques dans l'eau et les sédiments (dont plusieurs centaines de micropolluants parmi lesquels les pesticides) et la détermination d'indices biologiques. Les campagnes sont effectuées mensuellement pour les analyses d'eau et à des fréquences adaptées pour les autres paramètres (prise en compte de durée de cycle biologique par exemple). Des observations sur l'état physique des milieux viennent compléter ce dispositif.

S'y ajoutent des points de contrôle «opérationnel» sur les secteurs présentant un risque de non atteinte des objectifs 2015 de la DCE.

Les données chimiques, basées sur des prélèvements instantanés, sont calées par les stations automatiques de prélèvement et de mesures en continu installées à Ternay (aval de Lyon) et à Arles. Cette dernière assure également un suivi de la radioactivité.

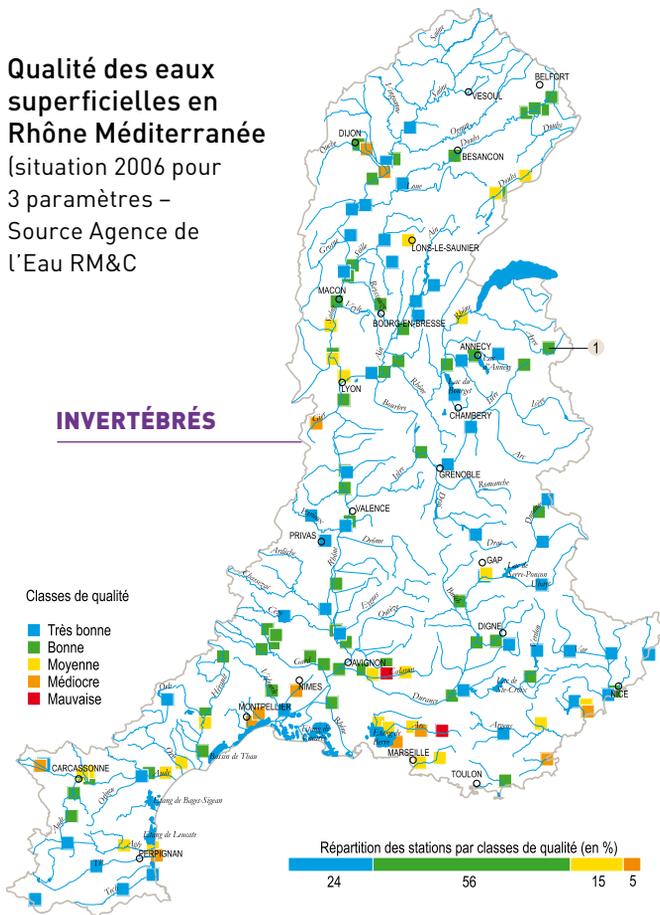
L'interprétation des résultats s'appuie sur deux types distincts de référentiels exprimant sous forme de grilles ou indices, les niveaux de qualité par rapport à des seuils de valeurs. Les uns se rapportent aux usages de l'eau et indiquent l'aptitude de cette dernière à les satisfaire. Les autres s'intéressent à la qualité générale du milieu aquatique, au regard principalement de son état écologique, selon une hiérarchie à cinq niveaux ajustée sur les critères de «bon état» de la DCE.

D'autres mesures, non continues ou à caractère ponctuel et spécifique, effectuées dans le cadre de programmes particuliers (CNR, EDF, travaux de recherche, études de définition des programmes de restauration...), permettent d'affiner le diagnostic.

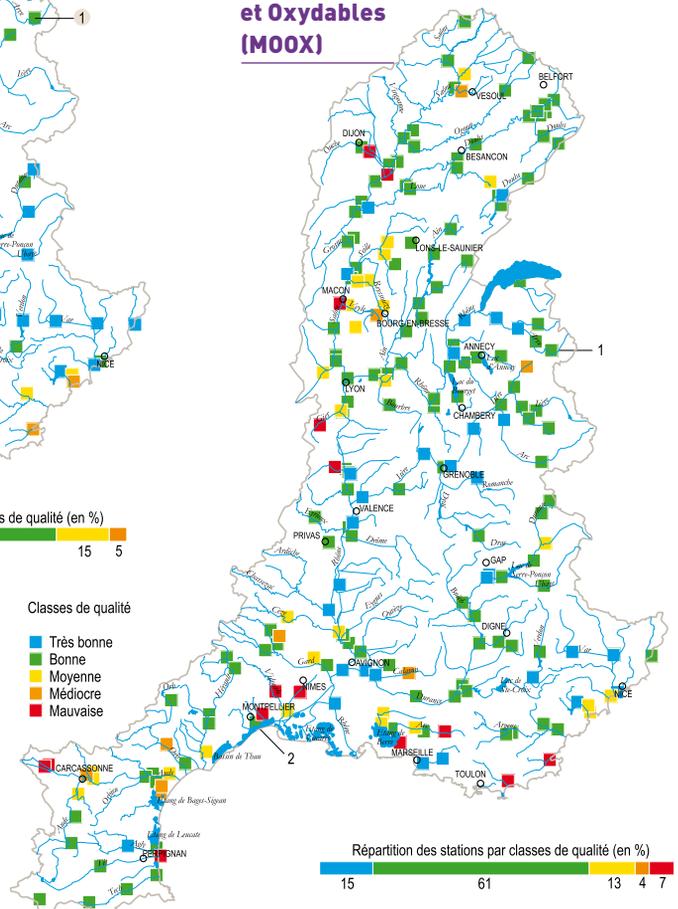
Qualité des eaux superficielles en Rhône Méditerranéenne

(situation 2006 pour 3 paramètres –
Source Agence de l'Eau RM&C

INVERTÉBRÉS



Matières Organiques et Oxydables (MOOX)



Au final quelle est la qualité des eaux du Rhône ?

Du fait de la puissance de son débit, le Rhône possède une forte capacité de dilution et donc de défense vis-à-vis des rejets d'eaux usées. Doté au cours des ans d'un équipement d'épuration urbaine et industrielle de plus en plus complet, il présente aujourd'hui une bonne qualité sous l'angle de la pollution classique.

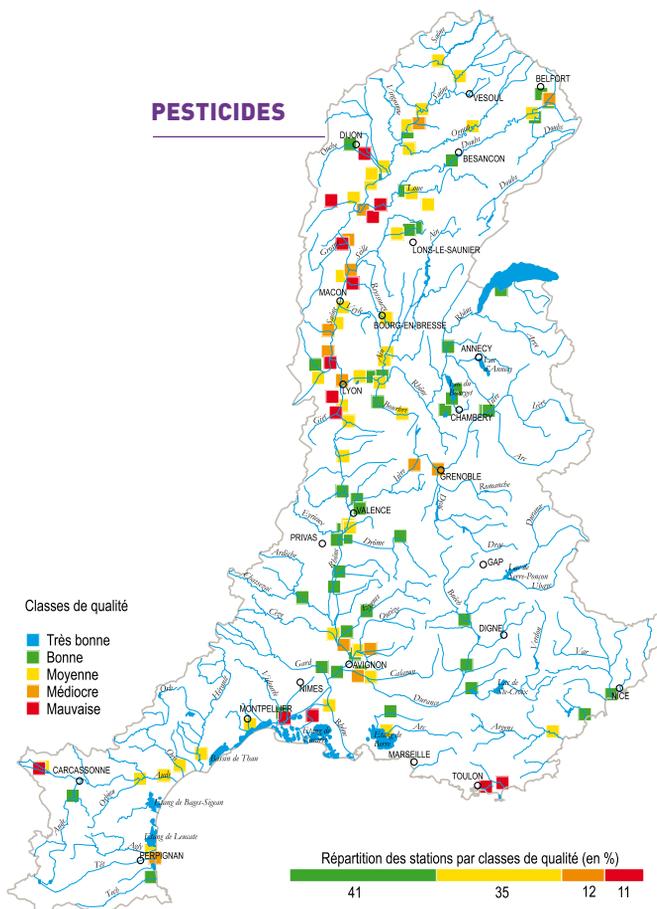
La situation est plus contrastée pour les micropolluants toxiques, sous leurs diverses formes : métaux (mercure, zinc...), pesticides et autres micropolluants organiques (PCB par exemple), avec pour ces derniers, des préoccupations locales et plus ou moins conjoncturelles, ou générales et permanentes (HAP liés aux résidus divers de combustion, notamment). La qualité biologique, dépendante de toutes les formes de perturbation, y compris physiques, est en retrait. Correcte sur le Haut Rhône à l'exception des poissons, elle reste médiocre pour tous les organismes étudiés sur le reste du cours. Un diagnostic biologique global et précis est cependant difficile pour le Rhône à cause des limites de performances des indicateurs pour décrire la complexité des milieux dans leur diversité et du manque de références sur ce que pourrait être le fleuve en situation normale non aménagée. Les signes de réchauffement du Rhône, autre composante de la qualité, sont également préoccupants. Sur le plan sanitaire par contre, la situation est diverse, correcte sur les sites de baignade déclarés et contrôlés du Haut Rhône, médiocre sur le Rhône moyen et aval.

Par ailleurs et bien que le Rhône ait été exempt d'événements graves récents, les pollutions accidentelles (rejets toxiques...) ou occasionnelles (vidanges de barrages, travaux...) ont des conséquences sur les organismes vivants, qui en enregistrent les effets parfois sur des années.

Enfin, le Rhône est le premier apport fluvial à la Méditerranée ; une contamination chimique même très faible et sans effet sur sa qualité propre, peut représenter un flux très important et nocif pour le milieu marin s'il s'agit d'éléments persistants et accumulables par les organismes vivants.

Ce qu'il faut retenir

La qualité des eaux du Rhône est globalement bonne, bien meilleure que celle des autres grands fleuves français. Pour autant des efforts importants restent à accomplir pour limiter les effets combinés et à long terme d'une micropollution toxique, relativement modérée mais indésirable. La qualité biologique d'ensemble ne paraît encore pas à la hauteur de ce qu'elle pourrait être pour un fleuve, certes fortement aménagé, mais qui conserve de larges espaces naturels ou semi-naturels. Les informations sont disponibles sur le site du Système d'Information sur l'Eau (SIE) du bassin Rhône-Méditerranée (www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr).



Où sont les secteurs altérés et quelles sont les causes ?

Colonne vertébrale d'une zone fortement urbanisée, industrialisée, d'agriculture intensive et site d'axes de transport de niveau européen, le Rhône et ses milieux aquatiques sont soumis à une pression polluante mais aussi physique du fait de l'aménagement du fleuve.

Les pressions polluantes

Le corridor fluvial rhodanien représente 10% de la surface du bassin Rhône Méditerranée mais le quart de la population et des emplois, plus du tiers de l'industrie, 80% de la production d'électricité et l'essentiel du trafic fluvial de marchandises. Il produit près du quart de l'énergie hydroélectrique française et quatre centres nucléaires de production d'électricité sont installés sur ses rives. Il supporte en outre un réseau de transports d'échelle européenne. La pression urbaine et industrielle est de plus inégalement répartie puisque concentrée dans l'aire urbaine de Lyon, soit sur environ 60 km du cours du fleuve.

Le Rhône constitue par ailleurs le drain ultime et structurant du district hydrographique, ce qui le place sous l'influence non seulement des activités du corridor fluvial mais aussi des pressions polluantes de l'ensemble du bassin versant par l'intermédiaire notamment de ses deux principaux affluents, la Saône et l'Isère.

Un fleuve fortement aménagé

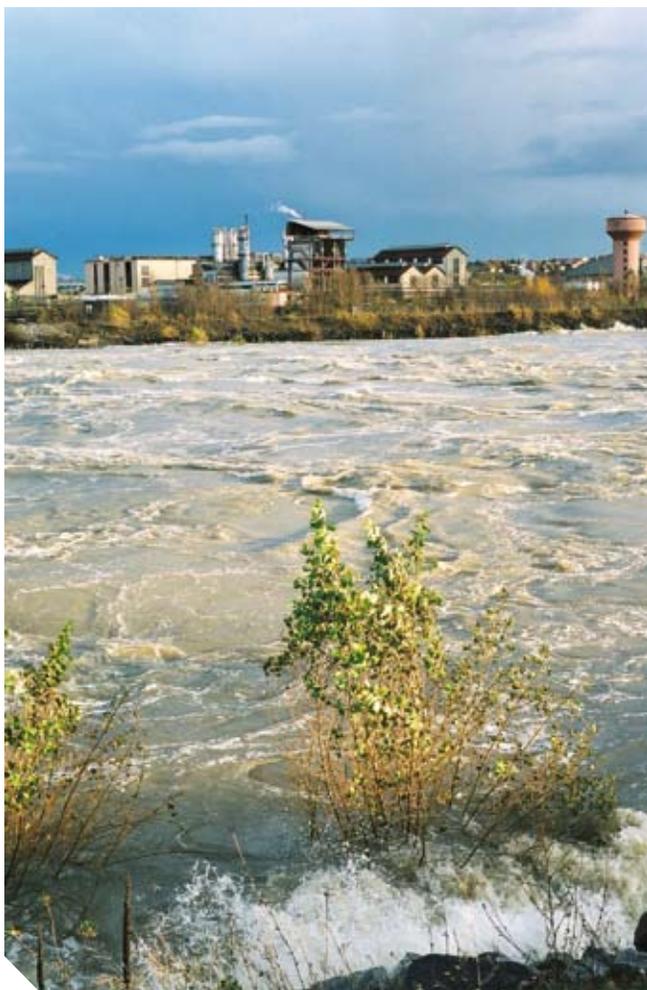
Le Rhône est aménagé depuis plusieurs siècles, d'abord pour les besoins de la navigation, puis pour l'hydroélectricité et l'irrigation au milieu du xx^e siècle. Si cet aménagement ne joue guère sur la qualité physicochimique des eaux, il est source d'appauvrissement biologique par banalisation des milieux et rupture de la continuité biologique.

Des avancées notables, mais des problèmes encore non réglés

■ En termes de pollution classique si les rejets domestiques de l'aire urbaine de Lyon restent prépondérants sur plus de la moitié de l'ensemble du corridor, ils sont en nette diminution. Cette tendance devrait se confirmer à court terme pour l'ensemble du fleuve du fait de la mise en œuvre de la directive européenne « eaux résiduaires urbaines ».

La source essentielle d'azote et de phosphore est maintenant constituée par la Saône du fait des pollutions diffuses agricoles. Les principaux rejets industriels de matières oxydables se situent sur le Rhône aval entre Avignon et Arles.

L'impact des rejets est faible pour ces paramètres classiques au regard desquels la qualité reste bonne.



La vallée de la chimie, vue de Vernaison (© G. Poussard)



Usines de la vallée de la chimie, en aval de Lyon (© G. Poussard)

■ Le principal problème est constitué par la pollution toxique. Il est toutefois difficile de la quantifier du fait de la multiplicité des substances (des centaines de molécules différentes) et de leur devenir dans le milieu, des sources (diffuses, ponctuelles) et des origines (agricole, industrielle, domestique).

C'est essentiellement le Rhône en aval de Lyon qui est concerné par les produits phytosanitaires, principalement du fait des apports diffus agricoles de la Saône, même si d'autres sources existent à l'aval. Les émissions de micropolluants métalliques et organiques sont quant à elles, concentrées sur l'aire urbaine de Lyon et le couloir de la chimie, prolongées par des apports ponctuels sur le Rhône aval. Elles proviennent d'industries et de stations d'épuration urbaines qui collectent les rejets d'un tissu artisanal et industriel dense. Il existe également, de façon sous-jacente et principalement sur le Rhône en aval de Lyon, une pollution toxique historique des sols et des nappes au niveau de certaines installations. Dans le lit même du fleuve, les toxiques (métaux, PCB...) stockés dans les sédiments constituent une autre préoccupation.

■ En parallèle à ces menaces sur le Rhône, le flux de pollution amené à la mer est un élément essentiel de gestion à prendre en compte. Concernant la continuité biologique, les actions de redynamisation du peuplement piscicole sont abordées à la question 07-07 «Quelles sont les actions engagées pour redynamiser le peuplement piscicole?». Par ailleurs les éventuelles évolutions climatiques défavorables, et leur impact sur la température et le régime des eaux, bien que difficiles à caractériser, sont à considérer.

Ce constat ne doit pas masquer les progrès considérables réalisés et l'étendue des potentialités. Une évolution favorable est possible si l'intérêt renouvelé des gestionnaires, des collectivités riveraines, des scientifiques et du public, vis-à-vis du Rhône, se maintient.

Ce qu'il faut retenir

Le Rhône est soumis à une forte pression anthropique en termes de pollution et de perturbations physiques des milieux aquatiques.

La situation est globalement en amélioration constante mais l'effort doit être poursuivi du fait de menaces dues aux perspectives d'accroissement des activités ou à l'apparition de nouveaux dangers, tel le changement climatique. Les potentialités restent toutefois remarquables.

Qu'appelle-t-on « objectifs de qualité » et qu'impose la réglementation ?

Jusqu'à présent les objectifs de qualité se fixaient sur la base d'un petit nombre de paramètres physico-chimiques représentatifs de la qualité de l'eau. Si la démarche est comparable, la situation évolue très fortement avec l'adoption de la DCE puisqu'il s'agit maintenant de qualité des milieux aquatiques, d'objectifs environnementaux élargis à l'ensemble des milieux.

Les « objectifs de qualité » de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Avec la DCE, l'objectif de qualité devient un objectif de « bon état » à atteindre en 2015.

Des reports de délai sont possibles (report des objectifs en 2021, 2027), de même que sont envisageables des objectifs moins ambitieux mais à condition d'être justifiés par des raisons de faisabilité technique, de conditions naturelles (réponse du milieu) ou de coûts disproportionnés.

Rappelons toutefois que les objectifs de qualité doivent respecter l'objectif général de non dégradation.

L'état global des masses d'eau superficielles naturelles est déterminé par la plus mauvaise valeur de son état écologique et de son état chimique.

L'état global des masses d'eau souterraine est fixé par la plus mauvaise valeur de son état quantitatif et de son état chimique.

Le bon état des eaux superficielles

Pour les masses d'eau superficielles naturelles, le « bon état » au sens de la directive cadre sera obtenu lorsque seront atteints à la fois :

- le bon état écologique, qualifié au travers d'éléments de qualité biologique (flore aquatique, faune benthique, ichtyofaune), mais également de qualité physico-chimique et hydromorphologique soutenant la biologie, c'est-à-dire permettant un bon équilibre de l'écosystème ;
- le bon état chimique, atteint lorsque les normes de qualité environnementales, basées sur une liste de substances établie au niveau européen, sont respectées. Au niveau national cette liste sera complétée par d'autres paramètres pour répondre au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses.

La directive identifie par ailleurs des masses d'eau sur lesquelles s'exercent une ou plusieurs activités humaines qui modifient fortement leurs caractéristiques hydromorphologiques originelles, à un point tel qu'il ne serait pas possible d'atteindre le bon état écologique sans induire des incidences importantes sur ces activités. Ces masses d'eau « fortement modifiées » (MEFM), se verront donc attribuer des objectifs biologiques adaptés, qui tiendront compte de la part irréductible de ces modifications physiques. Il s'agira du bon potentiel écologique (au lieu du bon état écologique) et du bon état chimique (identique à celui des masses d'eau naturelles). Tous les linéaires endigués aménagés du Rhône sont identifiées MEFM.

Le bon état des eaux souterraines

Le bon état des masses d'eau souterraine résulte de l'atteinte à la fois du :

- bon état quantitatif : c'est le niveau d'eau tel « que le taux annuel moyen de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine » ;
- bon état qualitatif : contrairement



Le barrage de Pierre-Bénite lors d'une crue (© G. Poussard)

aux autres types de masses d'eau, il repose exclusivement sur l'état chimique de ces eaux, selon des normes de qualité fixées par la directive.

Pour la plupart, les valeurs seuils servant à définir les différents états ont été fixées provisoirement au niveau national en l'attente des valeurs définitives communes au niveau européen, qui seront arrêtées au mieux en 2009.

L'application au Rhône

Pour le Rhône comme pour tous les autres milieux aquatiques, les objectifs de qualité ne seront définitivement fixés qu'en 2009 dans le «Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) révisé» du bassin Rhône-Méditerranée, en conformité avec la DCE. La procédure d'élaboration de ce SDAGE prévoit des étapes de consultation institutionnelle et du public. Un «État des lieux» a été établi en 2005, duquel se dégagent des tendances, actuellement en cours d'approfondissement et d'analyse.

Une réglementation nationale en accord avec le droit communautaire

Dans le domaine de l'environnement comme dans d'autres, le droit communautaire prime sur le droit national. La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) d'octobre 2006, répond à cette nécessité de recadrage de la politique de l'eau dans ce contexte européen.

D'autres directives imposent à la France la mise en place d'équipements ou de dispositifs visant à la protection et à la restauration des milieux aquatiques. Elles concernent notamment les sites naturels importants, les eaux destinées à la production d'eau alimentaire, la baignade, le déversement de substances dangereuses, la pollution par les nitrates d'origine agricole, la collecte et le traitement des eaux résiduaires urbaines.

La DCE quant à elle, innove en introduisant une obligation de résultat, c'est-à-dire d'atteinte effective des objectifs de qualité qui seront fixés en 2009 par les SDAGE révisés (nommés plan de gestion dans la DCE). D'ici 2009, les cartes d'objectifs de qualité du SDAGE 1996 restent la référence, étant entendu que les autorisations nouvelles (d'équipements, de rejets, de prises d'eau...) doivent déjà intégrer cette perspective 2009 de recadrage des objectifs. Un dispositif de surveillance renforcé (voir question 06-01 : «L'eau du Rhône est-elle de bonne qualité?») est mis en place pour juger de l'évolution des milieux et de l'atteinte des objectifs.

En cas de non respect des dispositions communautaires, au titre de la DCE comme des autres directives, la France peut se voir condamner par la Cour de Justice Européenne à des astreintes par jour de retard, puis des amendes. De nombreux contentieux sont déjà en cours.

Ce qu'il faut retenir

La DCE impose la révision des objectifs de qualité du SDAGE 1996. Désormais l'objectif pour le Rhône comme pour les autres cours d'eau, intégrera la dimension écologique et devra respecter des critères précis de «bon état», sauf pour certains secteurs aménagés où l'objectif pourra être le «bon potentiel».

L'horizon visé est 2015 sauf dérogation justifiée, et l'obligation porte sur l'atteinte des objectifs et pas seulement sur les moyens d'y parvenir.

Ils seront fixés en 2009 par le SDAGE révisé et s'imposeront à toute autorisation administrative. Leur non-atteinte se traduira, comme pour toute autre directive européenne, par des pénalités financières à l'encontre de l'État français.

La notion de bon état pour les eaux superficielles

État écologique (physicochimie, biologie)

- Très bon
- Bon
- Moyen
- Médiocre
- Mauvais



et



État chimique (normes)

- Respect des normes



- Non respect des normes

Une situation appréciée par rapport aux conditions de référence (très bon état)

La notion de bon état pour les eaux souterraines

État quantitatif

- Respect de l'équilibre quantitatif
- Non respect de l'équilibre quantitatif



et



État chimique

- Respect des normes



- Non respect des normes

D'après Agence de l'Eau RM&C

Les villes polluent-elles le fleuve ?

Les dépenses associées aux systèmes d'assainissement urbain sont très importantes (entre 40 et 50% du coût de l'eau distribuée). Elles évitent globalement l'apport de grandes quantités de polluants au fleuve. Les stratégies d'assainissement actuelles ne traitent cependant que certains types de rejets et certains types de polluants. Elles devront nécessairement évoluer si l'on veut redonner au fleuve la possibilité de retrouver un bon état écologique.

Qu'est ce qu'un système d'assainissement urbain ?

Les systèmes d'assainissement urbain répondent à deux fonctions principales :

- gérer les flux d'eaux usées sans risque pour la santé des citoyens, avec le minimum de nuisances (odeurs), et sans porter préjudice aux milieux naturels ;
- gérer les flux d'eaux de ruissellement produits par les précipitations, en empêchant l'eau de résider longtemps sur des espaces où elle est indésirable et en limitant la dégradation des sols et les risques d'inondation lors des pluies violentes.

Pour atteindre ces objectifs, il est possible d'utiliser des systèmes collectifs (réseaux de collecte et stations d'épuration de grande taille) ou des systèmes non collectifs (aussi bien pour les eaux usées que pour les eaux pluviales). Dans la plupart des grandes villes du bassin du Rhône les systèmes collectifs dominent.

Quels sont les polluants dans les eaux produites par la ville ?

- Les eaux usées d'origine domestique contiennent différentes substances polluantes : matière organique carbonée, azote, en particulier sous forme ammoniacale (urines), phosphore (excréments, lessives), bactéries ou virus pathogènes (excréments), mais aussi des produits introduits involontairement ou volontairement (pour s'en débarrasser) par les usagers dans le réseau d'égouts (médicaments, produits ménagers, peintures, diluants, produits phytosanitaires, etc.).



Station d'épuration de Pierre-Bénite (© Le Grand Lyon/J. Léone)

■ Les eaux de ruissellement pluvial sont également polluées, mais de manière différente, par d'autres substances : hydrocarbures, plomb, caoutchouc, oxydes d'azote, métaux divers provenant de la circulation automobile, sels de déverglaçage, dépôts atmosphériques divers d'origine industrielle (plomb, cadmium, zinc, chrome, solvants...), déchets solides multiples (débris végétaux, poubelles non étanches, nettoyage et balayage des places de marchés et des caniveaux, etc.), déjections animales, produits d'érosion des sols ou des matériaux de construction (zinc des toitures et glissières de sécurité), résidus du traitement de la végétation (désherbants, engrais, insecticides...).

■ Ces eaux peuvent être :

- soit gérées par deux réseaux différents (système séparatif), un pour les eaux usées vers la station d'épuration, l'autre pour les eaux de ruissellement rejetées au fleuve sans traitement lors des pluies ;
- soit mélangées dans un réseau unique (système unitaire) allant à la station d'épuration, une partie du mélange eaux usées – eaux pluviales étant rejetée sans traitement par des ouvrages spécifiques (déversoirs d'orage) lorsque le débit excède la capacité de transport du réseau (un diamètre de canalisation a un débit limité). En pratique, dans la plupart des villes, les systèmes sont mixtes, avec des zones collectées par un réseau unitaire et d'autres par des réseaux séparatifs.



Déversoir d'orage de Grézieux-la-Varenne – 69 (© Cemagref)

■ La pollution doit donc être envisagée de façon différente selon les situations.

- Pendant les périodes de temps sec, seules sont rejetées (normalement) des eaux traitées par une station d'épuration.
- Pendant les périodes pluvieuses, sont rejetées les eaux traitées par la station d'épuration, celles rejetées par les déversoirs d'orage (mélange eau usée – eau pluviale non traité) et celles rejetées par les réseaux séparatifs pluviaux (eaux de ruissellement).

Les systèmes actuels d'assainissement sont-ils efficaces ?

Des efforts considérables ont été effectués au cours des quarante dernières années, et l'on peut considérer que la plupart des villes sont aujourd'hui dotées de stations d'épuration capables de traiter l'essentiel des flux produits par temps sec. De plus, les taux de raccordement et les performances des réseaux collecteurs s'améliorent, les infiltrations et exfiltrations d'eau dans les réseaux sont de mieux en mieux corrigées.

Les rendements épuratoires des stations actuelles sont très bons sur les matières carbonées (DCO) et satisfaisants sur l'azote et le phosphore. Vis-à-vis de ces indicateurs, les flux rejetés directement par les exutoires pluviaux et les déversoirs d'orage sont faibles et on peut considérer, au vu du débit du fleuve, qu'ils ne dégradent que de façon infime la qualité du Rhône (ce n'est pas encore le cas de tous ses affluents).

L'ensemble des problèmes n'est cependant pas encore résolu.

- Les stations d'épuration ont un rendement faible, même par temps sec, d'élimination des germes pathogènes et des micropolluants organiques et minéraux, qui nécessitent des traitements spécifiques. Or ces polluants (également d'origine agricole ou industrielle), sont actuellement ceux qui dégradent le plus la qualité du fleuve.
- Les risques de panne d'un élément du système ou d'arrivée accidentelle d'une pollution toxique sont toujours présents et peuvent conduire à sauter le traitement secondaire biologique, voire l'ensemble de la station et à rejeter des eaux mal ou non traitées.

– Les hydrocarbures, les métaux toxiques et les produits phytosanitaires sont majoritairement contenus dans les eaux de ruissellement et rejetés sans traitement par les déversoirs d'orage et les exutoires pluviaux. La contribution urbaine à la pollution du fleuve reste forte pour ces indicateurs.

Quelles évolutions souhaiter pour diminuer les impacts sur le fleuve ?

Elles sont essentiellement tournées vers une meilleure gestion des rejets urbains de temps de pluie. Deux stratégies complémentaires doivent être utilisées :

- Gérer localement les eaux pluviales en déconnectant les surfaces imperméables des réseaux d'assainissement. Les techniques alternatives au réseau, reposant sur le stockage local et/ou l'infiltration des eaux pluviales doivent être encouragées : toitures stockantes, micro-stockages locaux, chaussées à structure réservoir, tranchées de rétention ou d'infiltration, bassins de retenue sec ou en eau, etc. Ce type de solutions, d'un coût souvent inférieur à celle par réseaux, réduit les risques d'inondation et présente d'autres avantages : économie d'eau, recharge des nappes, création de paysages valorisables, rôle bioclimatique.



Noue ou fossé d'infiltration intégré aux espaces verts d'une zone pavillonnaire à l'Isle d'Abeau – 38 (© GRAIE)



Aménagement paysager d'un bassin de rétention d'eaux pluviales, Porte des Alpes - 69 (© GRAIE)

■ Traiter les rejets de temps de pluie, dont la pollution est très différente de celle des rejets de temps sec. Des techniques spécifiques reposant sur la décantation ou la filtration (y compris dans les procédés biologiques de type filtres plantés de roseaux) semblent économiquement et techniquement adéquates.

À ces mesures, s'ajoutent celles relatives à la préservation des potentialités naturelles d'acceptation des rejets par les milieux récepteurs. On n'oubliera pas en effet, qu'un rejet de station d'épuration, même aux normes, reste de qualité comparable à celle des rivières les plus polluées (classe rouge la plus mauvaise) et la comparaison s'applique tout autant aux rejets de temps de pluie. Seules, les capacités de dilution, d'auto-épuration et d'auto-défense des milieux aquatiques permettent de limiter les effets de ces pollutions résiduelles.

D'où l'importance du maintien d'un débit minimum suffisant et d'un édifice biologique équilibré et diversifié (producteurs, consommateurs, décomposeurs) pour assurer ce service «de finition» gratuit, étant précisé que ce qui n'est pas «assimilable» arrive tôt ou tard à la Méditerranée.

Ce qu'il faut retenir

La plupart des villes installées sur les rives du Rhône et de ses affluents disposent de systèmes d'assainissement (réseau et station) performants qui éliminent une grande partie de la pollution carbonée produite pendant les périodes de temps sec.

La qualité du fleuve est cependant encore affectée par des rejets de substances, soit mal éliminées par les stations d'épuration, soit rejetées sans traitement pendant des périodes pluvieuses (hydrocarbures, métaux lourds, micropolluants organiques).

Dans les années à venir les efforts devront porter sur la gestion des rejets urbains de temps de pluie en développant des techniques reposant davantage sur le stockage local et l'infiltration des eaux de ruissellement et des moyens adaptés de traitement.

Comment les polluants affectent-ils la santé humaine ?

Pour affecter la santé humaine, les agents néfastes présents dans l'eau, d'origine naturelle ou anthropique, doivent être mis en présence d'un individu à des doses et pendant une durée qui dépendent à la fois de la nature de l'agent néfaste et de la sensibilité de l'individu.

Des normes réglementaires fixent des concentrations et doses à ne pas dépasser. Elles sont susceptibles d'évoluer en fonction des avancées des connaissances sur les effets des polluants.

Les voies de contamination

Les agents microbiologiques, chimiques ou radiologiques présents dans l'eau peuvent pénétrer dans le corps humain essentiellement par contact cutané (loisirs nautiques) et par ingestion.

L'ingestion peut être directe ou indirecte :

- directe et involontaire dans le cas de loisirs nautiques, en particulier pour les enfants ;
- directe et volontaire par consommation d'eau potabilisée. Cette voie d'exposition est le plus souvent non significative dans la mesure où les polluants présents sont normalement éliminés lors du traitement de l'eau potable avant distribution ;
- indirecte lorsqu'on consomme des produits qui ont été en contact avec l'eau du cours d'eau. Il s'agit le plus souvent de poissons du cours d'eau ou de végétaux terrestres arrosés/irrigués avec l'eau du cours d'eau, qui vont véhiculer les agents microbiens et accumuler les produits toxiques (la forme néfaste pouvant être un produit de dégradation du composé d'origine).



Déversoir d'orage : ouvrage rejetant directement et sans traitement, dans le milieu naturel, par temps de pluie, une partie des effluents des réseaux d'assainissement unitaires lorsque le débit amont dépasse une certaine valeur (© Le Grand Lyon/J. Léone)

Les durées d'exposition

Les agents microbiologiques vont généralement affecter la santé humaine par exposition aiguë (exposition de courte durée, voire ingestion unique). Les effets des agents chimiques ou radiologiques s'exercent également en exposition aiguë lors de pollutions accidentelles (rejets ponctuels), ou en exposition chronique (exposition prolongée et/ou répétée) lors de pollutions diffuses (rejets diffus).



Bras préleveur des eaux du Rhône à la station d'alerte et de suivi de Ternay (© Burgeap - G. Boudin 2005)

Le cas particulier du Rhône

Les principaux points de surveillance actuels et à développer dans le contexte du bassin du Rhône concernent :

- le suivi de la qualité de la nappe phréatique d'accompagnement du Rhône lorsqu'elle est utilisée pour la production de l'eau de boisson. En effet, il faut veiller aux performances de filtration/épuration des interfaces « cours d'eau/nappe », décrites dans le chapitre 8, et si elles sont insuffisantes, adapter le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine en conséquence ;
- le développement de la recherche de micro-polluants non encore dosés en routine dans les eaux de surface ou les eaux d'alimentation (médicaments...);
- le suivi analytique régulier de la chair des poissons pêchés dans le fleuve et consommés par les populations, ainsi que des autres parties de l'organisme (foie...) en vue d'une évaluation des risques sanitaires pour les communautés qui utilisent la totalité du poisson dans certaines préparations culinaires ;
- le suivi analytique régulier des cultures irriguées par les eaux du Rhône (arbres fruitiers...), ou soumises aux inondations (Camargue...);
- le suivi des plans d'eaux artificiels alimentés par les eaux du Rhône qui peuvent être le siège du développement de micro-organismes pathogènes (voir question 06-07 «Quels liens entre la baignade et la qualité bactériologique des eaux ?»).

Les données actuelles et attendues de ces suivis seront à reconsidérer au vu des résultats des travaux de recherches scientifiques en cours sur les effets pathogènes des agents, aux teneurs observées. Si au regard des normes actuelles de santé publique, la qualité du Rhône apparaît globalement bonne, on ne perdra pas de vue que ces normes peuvent évoluer. Les performances analytiques toujours croissantes conduisent inmanquablement à la détection d'un nombre de plus en plus grand de contaminants et à des ajustements des bases d'interprétation.

Le cas particulier des risques sanitaires liés au PCB est traité dans la question 06-13 « Les PCB dans le Rhône : où en est-on ? ».

Ce qu'il faut retenir

La recherche des agents microbiologiques, chimiques et radiologiques présents dans l'eau, la connaissance de leurs effets, la détermination de leurs concentrations, le contrôle de l'accès à la baignade et aux produits alimentaires ayant eu un contact avec l'eau du fleuve, sont autant de clefs pour limiter les impacts des défauts de la qualité de l'eau.

Pour le Rhône, l'accent sera plus particulièrement mis sur la connaissance de la qualité de la nappe phréatique d'accompagnement du fleuve, des micro-polluants dans les eaux de surface, les eaux d'alimentation, les poissons, les cultures irriguées ou inondées, et des microorganismes pathogènes des plans d'eaux artificiels alimentés par le fleuve. Les connaissances seront à exploiter à la lumière des résultats des recherches scientifiques en cours sur les effets de ces agents.

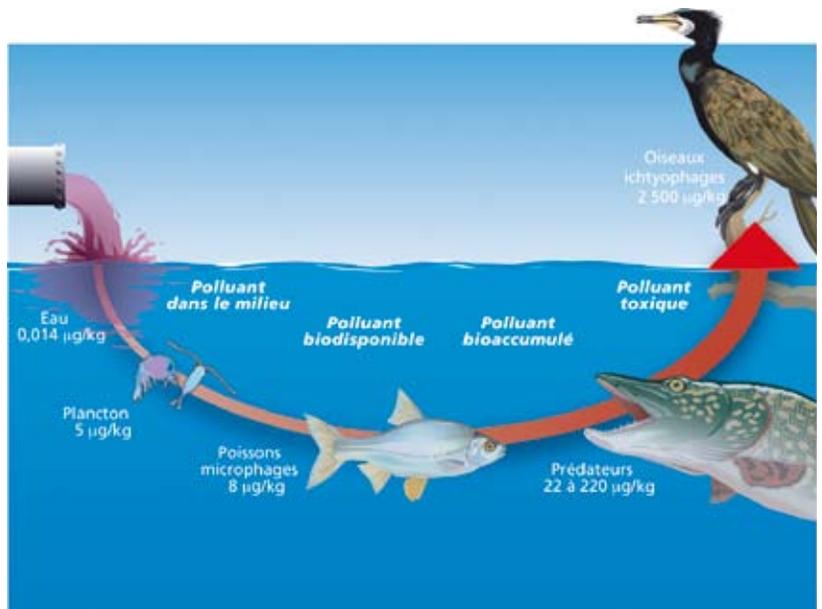
Comment les polluants affectent-ils les écosystèmes ?

La qualité des eaux dépend de nombreux facteurs et la pollution a des origines multiples (voir question 06-01 « L'eau du Rhône est-elle de bonne qualité? »). Au regard des écosystèmes, les micropolluants, aux effets souvent insidieux, méritent une attention toute particulière.

D'origines très diverses, ils contaminent l'eau, les sédiments et les organismes vivant dans le milieu. Ils sont présents au sein des différentes phases (aqueuse, solide et biotique) sous différentes formes chimiques. La plupart des espèces sont mises en danger par les micropolluants. Même certains métaux, comme le cuivre ou le zinc, essentiels pour le fonctionnement des organismes vivants, deviennent toxiques au-delà d'une certaine concentration. La plupart des autres métaux (ex : mercure, plomb, cadmium) et les micropolluants organiques n'ont pas de rôle biologique et sont toxiques même à très faibles teneurs.

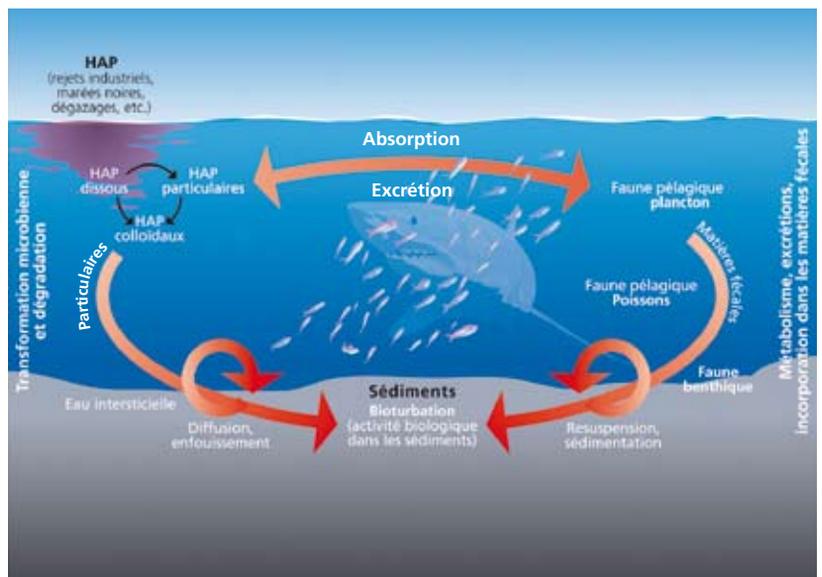
Bioaccumulation d'un micropolluant

Niveaux de concentrations d'un polluant le long de la chaîne alimentaire (© Cemagref / Graphies 38190)



Comportement du HAP en milieu naturel

Les polluants émis dans l'eau subissent deux types de transformation, l'une due aux dégradations microbiennes, l'autre aux échanges et activités métaboliques au sein des chaînes alimentaires. L'examen des formes dissoutes et particulaires est nécessaire pour un bon diagnostic (d'après graphique © Cemagref / Graphies 38190)



Que sait-on des effets des micropolluants sur les écosystèmes ?

Les effets sur les organismes dépendent des concentrations de micropolluants dans le milieu, mais aussi de leur persistance (caractère plus ou moins dégradable) et de leur mode d'action. De plus, les différentes formes physico-chimiques d'un micropolluant n'ont pas la même toxicité vis-à-vis des organismes vivants. Les formes biodisponibles sont susceptibles d'être assimilées et/ou adsorbées et peuvent induire un effet.

Les organismes peuvent accumuler la plupart des métaux et les contaminants hydrophobes (peu ou pas solubles dans l'eau et qui se concentrent dans les sédiments et tissus gras des organismes) via le milieu aquatique. Certains micropolluants bioaccumulables peuvent être dangereux pour les organismes et notamment pour les prédateurs situés en bout de chaîne alimentaire (ex : mercure, PCB).

La présence dans les effluents d'épuration et les milieux aquatiques de composés actifs sur le système endocrinien humain et animal, dont par exemple des oestrogènes comme l'éthynilœstradiol, peut avoir des effets biologiques associés sur des organismes non-cibles. Les perturbateurs endocriniens sont des substances susceptibles de modifier le fonctionnement d'une partie du système endocrinien et d'entraîner ainsi des conséquences sur la reproduction et le comportement des organismes. Ces effets peuvent ainsi générer des modifications de la productivité des écosystèmes.



Daphnie, bioindicateur permettant de qualifier un état
(© Cemagref/ B. Pellet).

A t-on observé un effet des micropolluants dans le Rhône ?

L'effet combiné des micropolluants sur les populations aquatiques du Rhône est encore mal connu. Des avancées récentes permettent toutefois déjà, pour certains polluants, de mettre en relation les concentrations dans des poissons avec les voies de contamination. C'est le cas des PCB, traités dans la question 06-13 de ce chapitre.

Des études ont aussi montré que des chevaines mâles, pêchés à l'aval de Lyon, présentent des anomalies de l'appareil génital. Il reste à contrôler si cela a un impact sur la fertilité des poissons et sur l'équilibre des populations. Des pesticides organochlorés, des plastifiants, des produits de dégradation de détergents industriels et certains médicaments comme les hormones de synthèse utilisées dans les contraceptifs sont en effet capables d'avoir des effets similaires à ceux des hormones sexuelles, et peuvent perturber le développement sexuel des poissons.

La recherche de ces composés dans les rejets des stations d'épuration et dans les eaux de surface est délicate du fait de leurs concentrations très faibles. Des programmes de mesure ont été lancés récemment, notamment dans le Rhône, et les résultats devraient permettre de mieux cerner la cause de ces perturbations.

Ce qu'il faut retenir

Les effets des micropolluants sur les écosystèmes sont encore mal connus et dépendent de leurs persistance, biodisponibilité et toxicité.

Il est toutefois admis que leur présence dans le Rhône constitue un danger pour la santé de la faune et des effets ont déjà été observés en particulier sur les poissons.

Les données sont toutefois trop parcellaires pour se prononcer sur les effets à long terme des mélanges de micropolluants.

Quels liens entre la baignade et la qualité bactériologique des eaux ?

La qualité des eaux de baignade est une préoccupation des pouvoirs publics, comme le montre l'objectif de « diminuer les risques sanitaires dus à la baignade » inscrit dans le Plan National Santé Environnement 2004-2008. Le Rhône représente une potentialité forte en matière de baignade, en particulier dans ses parties les moins domestiquées. Les conditions requises en limitent toutefois la pratique.

La baignade dans le Rhône

Les seuls sites déclarés en tant que points de baignade sur le Rhône, et donc suivis par un contrôle de la qualité des eaux, sont situés sur la partie amont du Rhône amont, dans le département de l'Ain. Sur le Rhône moyen et le Rhône aval, il n'y pas de site de baignade déclaré. Ceci peut s'expliquer par la qualité bactériologique dégradée du fleuve.

ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE SITES DE BAINNADES SITUÉS SUR LE HAUT RHÔNE

(A : bonne qualité ; B : qualité moyenne ; C : momentanément pollué)

Commune	Nom de la baignade	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Cressin-Rochefort	Plage de l'Écoinçon	B	B	B	B	B	B
Massignieu-de-Rives	Plage du « Lit au Roi »	B	B	B	A	B	B
Murs-et-Gélignieux	Plan d'eau du Cuchet	C	B	B	B	B	B
Serrières-de-Briord	Plage du Point Vert	B	C	B	B	B	B

De manière plus générale, la prévention des risques liés à la baignade passe par les recommandations suivantes :

- se baigner dans des sites contrôlés, dont les eaux sont de qualité conforme ;
- éviter de se baigner après les orages et autres fortes précipitations ou quand l'eau ne semble pas engageante ;
- se renseigner préalablement auprès de la mairie concernée et respecter les interdictions, dont celles figurant sur la signalisation mise en place

Les baignades pratiquées de façon plus ou moins « sauvage » sur les sites non déclarés et fréquentés par un nombre limité de baigneurs occasionnels ne sont pas contrôlées. L'amélioration progressive de la qualité sanitaire du Rhône, consécutive aux mesures d'assainissement des eaux usées, se traduit toutefois par une augmentation de la demande et de la fréquentation.

Certains tronçons du Rhône sont interdits à la baignade, par arrêté préfectoral ou municipal, en raison de la mauvaise qualité bactériologique des eaux liée aux rejets des collectivités. Il convient de se rapprocher de la commune ou de la préfecture pour connaître les situations particulières. D'autres interdictions sont prises pour raison de sécurité, liée à l'état des berges, au courant ou aux aménagements hydroélectriques.

Il existe de nombreux lieux de baignade surveillés à proximité du Rhône, dans des anciennes gravières creusées dans sa nappe alluviale. Leur qualité bactériologique n'est pas influencée directement par l'eau du fleuve, la filtration naturelle par les berges et les alluvions étant très souvent suffisante.

Les risques liés à la baignade

Le risque de noyade n'a pas de lien direct avec la qualité de l'eau. Il est cependant celui qui provoque le plus de mortalité et de morbidité (1207 victimes dont 401 décès en France en 2006).

Les risques d'ordre sanitaire sont principalement liés à la présence dans l'eau de germes pathogènes, de virus et de parasites. Ceux-ci proviennent principalement des rejets d'eaux usées urbaines et industrielles. Le ruissellement sur les terres agricoles, les routes ou les espaces naturels y contribue. Ces germes présents

dans l'eau peuvent entraîner, par contact ou ingestion, des pathologies liées à la sphère ORL, l'appareil digestif, les yeux et la peau. Le risque est fonction de plusieurs facteurs comme le degré de contamination de l'eau, l'état de santé du baigneur et les modalités de baignade (durée, immersion de la tête...).

Des sujets nouveaux de sécurité sanitaire apparaissent. Certaines algues, les cyanobactéries, peuvent produire des toxines susceptibles de provoquer, par ingestion ou contact, des démangeaisons, des gastro-entérites, voire des atteintes neurologiques. Des études sont en cours sur ce sujet. On citera aussi la leptospirose, maladie causée par des bactéries capables de pénétrer l'organisme par l'intermédiaire de plaies ou d'érosions cutanées. Enfin, des micropolluants émergents, tels que les perturbateurs endocriniens ou des substances médicamenteuses, font actuellement l'objet de travaux de recherche.

Le contrôle sanitaire des eaux de baignade

Ce contrôle, défini par une directive européenne de 1976, est assuré, sous l'autorité du préfet, par les services santé-environnement des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS). Il est effectué sur l'ensemble des baignades habituellement pratiquées par un nombre important de baigneurs, aménagées ou non, et qui n'ont pas fait l'objet d'une interdiction portée à la connaissance du public. Celles aménagées par une commune ou un gestionnaire privé doivent être déclarées à la mairie du lieu de leur implantation. La surveillance porte sur :

- des indicateurs bactériologiques de contamination fécale (coliformes fécaux et entérocoques intestinaux) qui laissent suspecter, par leur présence, celle simultanée de virus ou de germes pathogènes ;
- des paramètres physico-chimiques : coloration de l'eau (changement anormal de couleur), présence d'huiles minérales, de substances tensioactives (mousses), de matières flottantes, d'odeurs de phénols et transparence de l'eau.

Elle permet d'établir, en fin de saison en France, un classement des eaux en quatre catégories :

- A : bonne qualité,
- B : qualité moyenne,
- C : eaux momentanément polluées,
- D : mauvaise qualité.

Les catégories A et B correspondent à des eaux conformes selon la classification de l'union européenne. Les données sont portées à la connaissance de la population par affichage sur les sites de baignade et dans les mairies concernées. Elles sont également disponibles sur un site Internet national dédié : <http://baignades.sante.gouv.fr>. Des bilans sont produits par les DDASS et DRASS (Direction Régionale des Affaires Sanitaires et sociales).



Plage de l'Écoïçon à Cressin-Rochefort - 01
(© Ministère chargé de la Santé).

La directive européenne de février 2006, introduite dans le droit français par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, remplacera progressivement la directive actuelle. Les principales évolutions sont :

- des valeurs seuils de qualité plus contraignantes et de nouvelles classes de qualité (excellente qualité, bonne qualité, qualité suffisante, qualité insuffisante). Les trois premières catégories définissent une eau conforme ;
- la notion de profil des eaux qui s'intéresse aux sources de pollution et à leur prévention ;
- le recensement des baignades, mené par les communes en 2007 avec la participation du public, qui servira à définir les sites de surveillance sanitaire ;
- la responsabilité accrue des collectivités territoriales dans la gestion des sites de baignade et leur suivi sanitaire.

Ce qu'il faut retenir

Excepté dans sa partie en amont de Lyon, la qualité bactériologique du Rhône ne permet pas la baignade avec un niveau de sécurité sanitaire suffisant. Certains secteurs sont à ce titre interdits à la baignade.

Les activités industrielles actuelles et anciennes polluent-elles le fleuve ?

S'il existe encore des rejets polluants dans le Rhône, ils font l'objet d'un encadrement et d'une surveillance réglementaires extrêmement stricts, et les industriels ont engagé des efforts très importants dans les dernières décennies pour en réduire le volume et les effets.

Des problèmes particuliers subsistent, mais des actions sont engagées pour les résorber. Nous héritons aussi des pollutions issues de notre industrie passée et celles-ci doivent faire l'objet d'une gestion rigoureuse et pérenne.

L'évolution du lien entre l'industrie et le Rhône

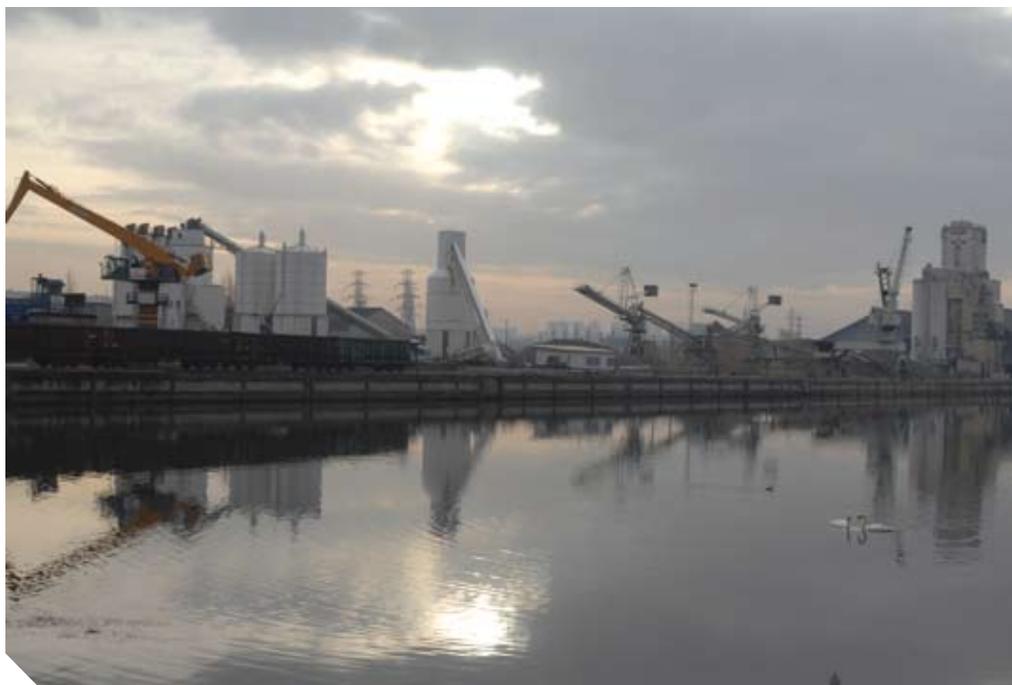
Historiquement, l'industrie s'est implantée le long du Rhône et ses affluents, pour utiliser cette eau dans les procédés mis en œuvre (teinturerie, papeterie, refroidissement...) et bénéficier de l'énergie issue du travail de l'eau. Dans le même temps, les eaux polluées issues des fabrications, des lavages, voire des écoulements de pluie sur des zones souillées, étaient directement rejetées au fleuve. Nous avons donc hérité des conséquences de cette industrie en plein développement au cœur du xx^e siècle.

À peu près tous les secteurs industriels sont potentiellement des émetteurs de substances polluantes : agroalimentaire, chimie, mécanique, papeterie, pétrochimie, pharmacie, traitement des métaux, teinturerie, traitement des déchets...

Guidés par l'encadrement réglementaire de plus en plus strict et par le système de « redevance, pollution » et d'aide financière de l'Agence de l'Eau pour le traitement des eaux, des progrès notables ont été obtenus ces dernières décennies. Ces progrès concernent deux volets : la prévention du risque de pollution accidentel et incidentel, et les actions curatives.



Industries en bordure du canal de l'aménagement de Pierre-Bénite (© Le Grand Lyon/J. Léone)



Vue du port Édouard-Herriot (© Le Grand Lyon/J. Léone)

- Des mesures de prévention ont été prises au sein des entreprises pour :
 - récupérer les fuites des produits dangereux grâce à des capacités de rétention installées sous les réservoirs de stockage des produits,
 - détourner les rejets accidentels (incendie, dérive de procédé...) vers des bassins de secours,
 - former les personnels des entreprises au risque pour l'environnement et aux conduites à tenir en cas d'accident.

■ Des efforts continus ont été menés parallèlement pour la réduction des rejets chroniques constitués des eaux de procédés, des eaux de nettoyage, des eaux de lavage des effluents gazeux, et des eaux de pluies souillées. Ils portent sur :

- des modifications de procédés et l'arrêt d'utilisation de produits polluants,
- la séparation des eaux de refroidissement (ou des eaux pluviales) d'avec les eaux de procédés afin de concentrer les traitements,
- la mise en place de traitements globaux des effluents aqueux (station physico-chimiques, station biologique...),
- la mise en place de traitements spécifiques à un polluant ou à un procédé (exemples : précipitation des métaux, stripping puis condensation de composés organiques, micro-filtration, osmose inverse...),
- le traitement de certains effluents en tant que déchets (exemple : bains de traitement de surface des métaux).

Les rejets industriels aujourd'hui et demain

Aujourd'hui, les rejets industriels sont réglementés dès lors que les établissements sont des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). À ce titre, des prescriptions sont édictées par le préfet du département sur les conditions de rejet avec des valeurs limites (en termes de concentration et de flux) par type de polluants. Ces valeurs sont fixées en tenant compte à la fois de la réglementation nationale et européenne et des impacts potentiels locaux liés à ce rejet.

Par ailleurs, les rejets industriels dans les réseaux publics d'eaux usées doivent obligatoirement faire l'objet d'une autorisation de raccordement entre le gestionnaire du réseau et l'entreprise, qui encadre la nature des rejets. Elles sont particulièrement importantes pour les activités industrielles de faibles importances (PMI, artisanat) qui ne relèvent généralement pas de la réglementation des ICPE.



Port Saint-Louis (© P. Gaydou)

Dans le cadre de l'état des lieux du bassin Rhône Méditerranée, récemment établi en application de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE), deux constats sont faits :

- des réductions des rejets sont possibles dans la «petite» industrie, encore peu touchée par les contraintes réglementaires et qui a rarement utilisé les possibilités d'aide de l'Agence de l'Eau notamment du fait de sa faible implication dans les structures administratives de gestion de l'eau ;
- la réduction des rejets de micropolluants toxiques doit être poursuivie dans le domaine industriel pour atteindre l'objectif de « bon état des eaux » fixé par la DCE.

Sur le premier point, des actions collectives de mobilisation de la «petite» industrie seront menées au travers de structures de concertation et d'accompagnement. Cette mobilisation sera accompagnée de remises à jour des conventions de raccordement aux réseaux publics d'eaux usées.

Pour le deuxième point, une action conjointe des services de l'État et de l'Agence de l'eau (en tant que soutien technique et financier), devrait permettre une nouvelle réduction notable des rejets de micro-polluants.

Enfin, un effort continu est demandé aux industriels ayant les rejets les plus importants. Ils doivent remettre à l'administration au maximum tous les dix ans un bilan de fonctionnement en se positionnant par rapport aux meilleures techniques disponibles de réduction des rejets, à un coût économiquement acceptable. L'examen de ce bilan par l'administration conduit dans la plupart des cas à réviser les autorisations de rejet.

La gestion des pollutions anciennes

Ces pollutions ont des causes multiples : accidentelles, conditions d'exploitation du moment, faits de guerre (sabordage de dépôts d'hydrocarbures par exemple). Elles concernent principalement les sols et par suite les nappes phréatiques, et dans certains cas les eaux de surface comme celles du Rhône.



Le Rhône en crue
à Vernaison
(© G. Poussard)

Les sites potentiellement pollués ont été recensés (consultation sur internet de la base de données BASOL) et font désormais l'objet de plans de gestion afin de maîtriser les impacts éventuels et d'en assurer le suivi et la mémoire.

Ces plans de gestion portent sur la dépollution des sols ou des eaux souterraines, la maîtrise des sources de pollution, la surveillance des évolutions (qualité des eaux souterraines par exemple) et aussi le contrôle de l'usage des sols (en instaurant des servitudes).

Ce qu'il faut retenir

Oui, des polluants sont encore aujourd'hui rejetés dans le fleuve par les activités industrielles mais ces rejets ont fortement décru dans les dernières décennies et font l'objet d'un fort encadrement réglementaire et d'une surveillance renforcée. L'effort doit porter aujourd'hui sur la « petite industrie » plus diffuse et moins réglementée, sur les rejets de micro-polluants et sur l'amélioration continue par la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable.

Contrairement aux pollutions anciennes des sols, les pollutions historiques internes au Rhône sont encore mal appréhendées pour l'instant et devront faire l'objet d'une attention particulière.

Quels sont les risques de pollution accidentelle du Rhône ?

Les risques de pollution accidentelle du Rhône sont principalement liés aux transports (route, fleuve, pipe-lines et rail), à l'activité industrielle, aux dysfonctionnements des stations d'épuration urbaine et aux particuliers. Pour chacune de ces origines, des moyens de prévention et d'actions spécifiques existent.

Le risque de pollution accidentelle en milieu industriel

Il se caractérise par le stockage et l'utilisation, parfois en quantité importante, de produits concentrés. Aussi, afin de se prémunir du risque de pollution des sols, des eaux souterraines ou des eaux superficielles, la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) impose la mise en place sur les sites industriels :

- de capacités de rétention sous les réservoirs de stockage pour récupérer les fuites des produits dangereux pour l'environnement ou pour l'homme ;
- de dispositifs de détournement des rejets vers un bassin de secours pour les situations accidentelles de tous types (incendie, dérive de procédé...).

De plus, les personnels des entreprises doivent être formés au risque pour l'environnement et aux conduites à tenir en cas d'accident. Le cas échéant, les entreprises peuvent faire appel aux services d'incendie et de secours pour les assister en cas d'incident important.

En outre, les exploitants d'ICPE ont l'obligation de déclarer sans délai à l'inspection des installations classées et au préfet les incidents susceptibles de porter atteintes au milieu.

Le risque de pollution accidentelle en milieu urbain

Les risques de panne d'un élément du système d'assainissement (poste de relevage, station d'épuration...), d'une fausse manœuvre sur un organe (vanne anti-crue, déversoir d'orage...) ou d'arrivée accidentelle d'une pollution toxique (transport, industrie) peuvent conduire à court-circuiter le traitement secondaire biologique, voire dans des situations extrêmes, l'ensemble de la station.

La mise en place de conventions de déversement dans le réseau public pour des effluents à caractère non domestique, le contrôle de la conformité des installations et la mise en œuvre de plans d'alerte conduisent à une meilleure maîtrise des apports industriels accidentels.



Mortalité de poissons suite à une pollution
(© J. Faure Brac - Agence de l'Eau RM&C)

Les systèmes collectifs d'assainissement pluvial, notamment en zone à risques (activités, axes de transport...), sont désormais munis d'organes de mesure et/ou d'alerte et d'ouvrages de rétention avant rejet au milieu naturel.

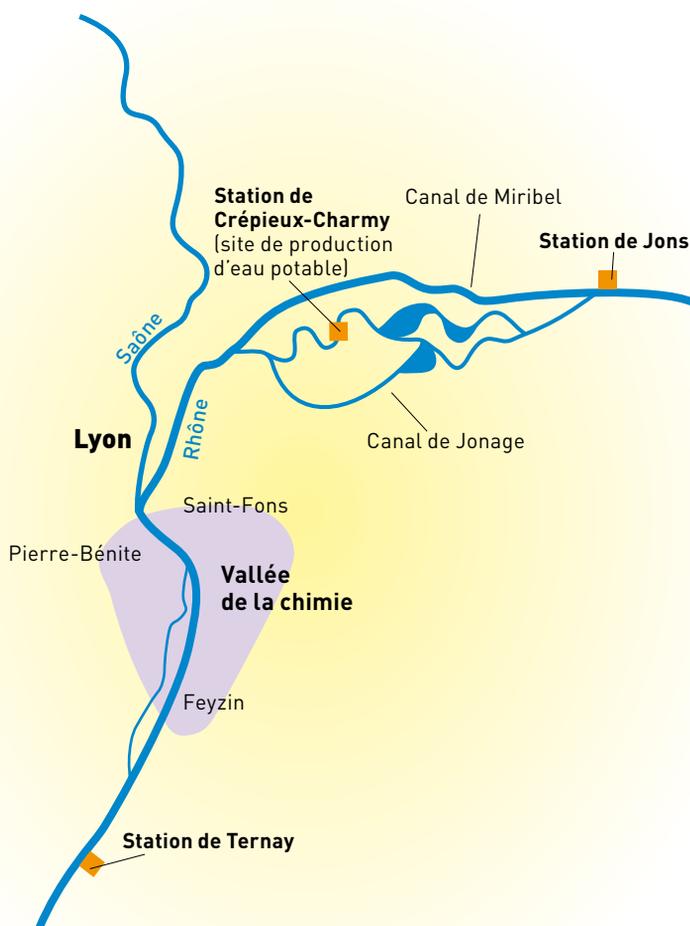
Les nouvelles stations d'épuration font l'objet de mesures de fiabilisation renforcée, avec notamment plusieurs filières de traitement en parallèle pour pallier une panne ou un arrêt pour intervention.

Un dispositif d'alerte et de crise pour l'aval de l'agglomération lyonnaise

En 1993, suite à une importante pollution du Rhône, le préfet a confié au groupe EAU du SPIRAL (Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles et des Risques dans l'Agglomération Lyonnaise) la mise au point d'un dispositif automatique d'alerte et de surveillance de la qualité des eaux du fleuve à l'aval de l'agglomération, dans le but de prévenir les pollutions et de prendre rapidement les mesures nécessaires pour protéger les captages (d'eau potable, d'irrigation, industriels), les zones écologiques sensibles et les zones de loisirs.

La station, située à Ternay, mesure en continu une quinzaine de paramètres physico-chimiques dont plusieurs métaux lourds. Elle dispose également d'un détecteur d'hydrocarbures et d'un truitotest comme système d'alerte biologique.

Une procédure de validation des données et une astreinte ont été mises en place en cas de dépassement d'un seuil d'alerte, afin d'informer les organismes et autorités compétentes. Un protocole d'alerte codifie les actions à mettre en place. Chaque partenaire dispose d'un accès direct et permanent aux données d'analyses en continu. La station n'a depuis sa mise en service détecté aucune pollution importante.



Le dispositif d'alerte, de surveillance et de suivi de la qualité des eaux du Rhône dans l'agglomération lyonnaise.

Source d'après G. Boudin, BURGEAP/Camaly - Étude des stations d'alerte et de surveillance de la qualité des eaux de surface dans l'agglomération lyonnaise.

Ce qu'il faut retenir

Le risque de pollution accidentelle existe toujours mais il a été fortement réduit par les mesures prises au niveau des activités industrielles, des modes de gestion des eaux pluviales, des axes de transport et des systèmes d'assainissement.

De même les procédures d'alerte et d'intervention en cas de rejet accidentel doivent permettre d'éviter que la crise ne se transforme en catastrophe pour le fleuve et ses différents usages.

Les micropolluants sont-ils un enjeu pour le Rhône ?

Les micropolluants ont une caractéristique particulière : ils sont difficiles à appréhender (faibles concentrations, difficilement détectables et analysables) et concernent une très large gamme de produits. Les vecteurs de pollution sont nombreux et les effets variés.

Malgré les difficultés techniques, des avancées importantes ont été enregistrées en termes de connaissance et de lutte.

Pourquoi parle-t-on de micropolluants ?

La catégorie des micropolluants rassemble des produits synthétiques et des éléments minéraux.

On parle de «micropolluants» car ces contaminants ont des impacts nocifs même en très petite quantité, avec des effets toxiques divers : l'inhibition de la croissance, de la respiration, de la reproduction, voire la mort. L'ordre de grandeur des concentrations auxquelles ils peuvent agir est le microgramme par litre (10^{-6} g/l) ou le nanogramme par litre (10^{-9} g/l).

De quels produits s'agit-il ?

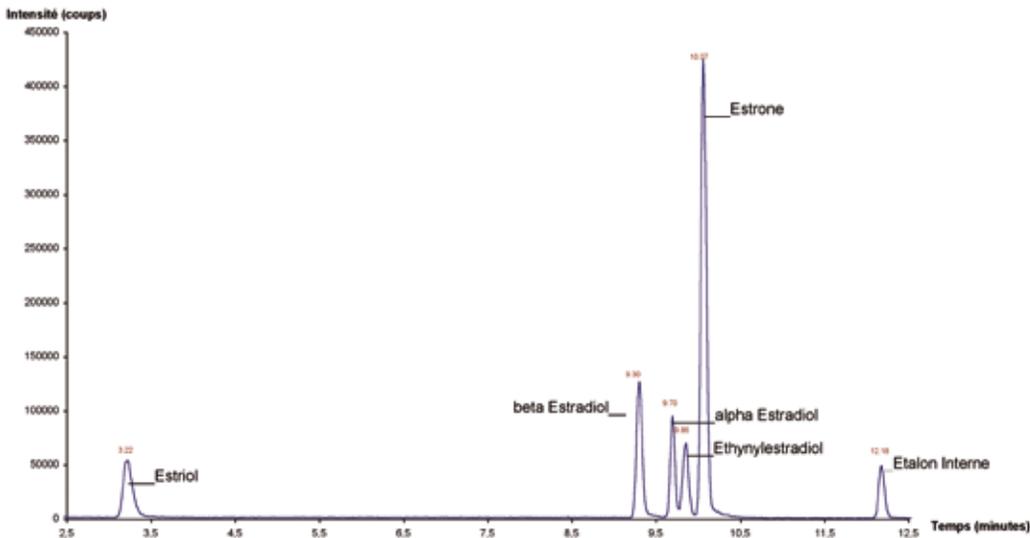
Le terme générique de micropolluant englobe un nombre très important de produits. Potentiellement ce sont des dizaines de milliers de substances qui sont émises par les activités industrielles, les pratiques agricoles ou les rejets domestiques.

Dans les milieux aquatiques, le nombre de substances retrouvées est de l'ordre de quelques centaines. Il s'agit de métaux et métalloïdes, de pesticides (herbicides, insecticides, fongicides et autres biocides) et d'autres micropolluants provenant des activités industrielles ou artisanales, de la combustion des produits pétroliers et des usages domestiques. Ils ont pour nom : HAP, PCB, peintures, solvants, désinfectants, vernis, détergents... Les résidus de produits pharmaceutiques sont également considérés, ainsi que les radioéléments.



Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS-MS) (© P. Bados, Cemagref)

Chromatogramme de 6 composés estrogéniques à 100 µg/L mesuré par chromatographie (LC-MS-MS)



Source P. Bados, Cemagref

Quels risques pour la nature et les humains ?

Les risques s'apprécient en combinant le niveau d'exposition des organismes aquatiques ou de l'homme avec la toxicité des substances. La présence des micropolluants dans les milieux aquatiques entraîne un risque d'appauvrissement biologique, les espèces les plus sensibles régressant au profit des plus tolérantes.

Pour l'homme, les cas d'intoxication sont rares à l'exception des cas de pollution accidentelle ou de pollution chronique forte. Des normes de qualité sont fixées pour la production d'eau potable et les poissons, afin de protéger le consommateur.

Le Rhône et les micropolluants

Le Rhône est un fleuve exposé. Les activités industrielles sont très développées dans le domaine de la chimie tout le long de son linéaire et au-delà sur son bassin versant. La présence des grosses agglomérations est une source d'apport de micropolluants d'origine domestique, artisanale, ou liés à l'entretien des infrastructures et voiries. L'existence dans son bassin versant de secteurs d'agriculture intensive ajoute à sa vulnérabilité. Enfin, la proximité de grands axes routiers très fréquentés est également un facteur de risque. Il est donc pertinent de considérer que la problématique des micropolluants est un enjeu fort pour le Rhône.

La mobilisation des différents acteurs a permis un diagnostic par différentes techniques d'analyse chimique et des études d'écotoxicité. La présence de différentes substances a été identifiée, en particulier en aval de Lyon. Grâce à la capacité du Rhône à diluer, la contamination s'observe essentiellement dans les sédiments et relativement peu dans l'eau. Des effets sur les organismes ont toutefois été mis en évidence.

Des actions ont été engagées pour limiter les rejets en micropolluants, avec des opérations comme le SPIRAL-Eau dans l'agglomération lyonnaise. Pour autant, il s'agit encore d'un chantier nécessitant une forte mobilisation.

Ce qu'il faut retenir

Un micropolluant a un effet toxique à très basse concentration. Il s'agit essentiellement de produits chimiques complexes de synthèse mais aussi de certains éléments minéraux.

Le Rhône est particulièrement exposé. Une contamination a été observée, ce qui a mobilisé les acteurs pour limiter les rejets, industriels notamment. L'enjeu est important et justifie de poursuivre la lutte sur toutes les sources d'émission.

Le Rhône est-il pollué par les radionucléides artificiels ?

Les radionucléides artificiels ont été émis dans l'environnement à partir du milieu du siècle dernier par l'utilisation militaire puis industrielle de l'énergie nucléaire. Le suivi mis en place depuis quelques années permet de dresser un bilan fiable de son niveau de contamination. Les données sont consultables par le public sur le site de l'IRSN <http://eau.irsn.org/nucleaire.php>.

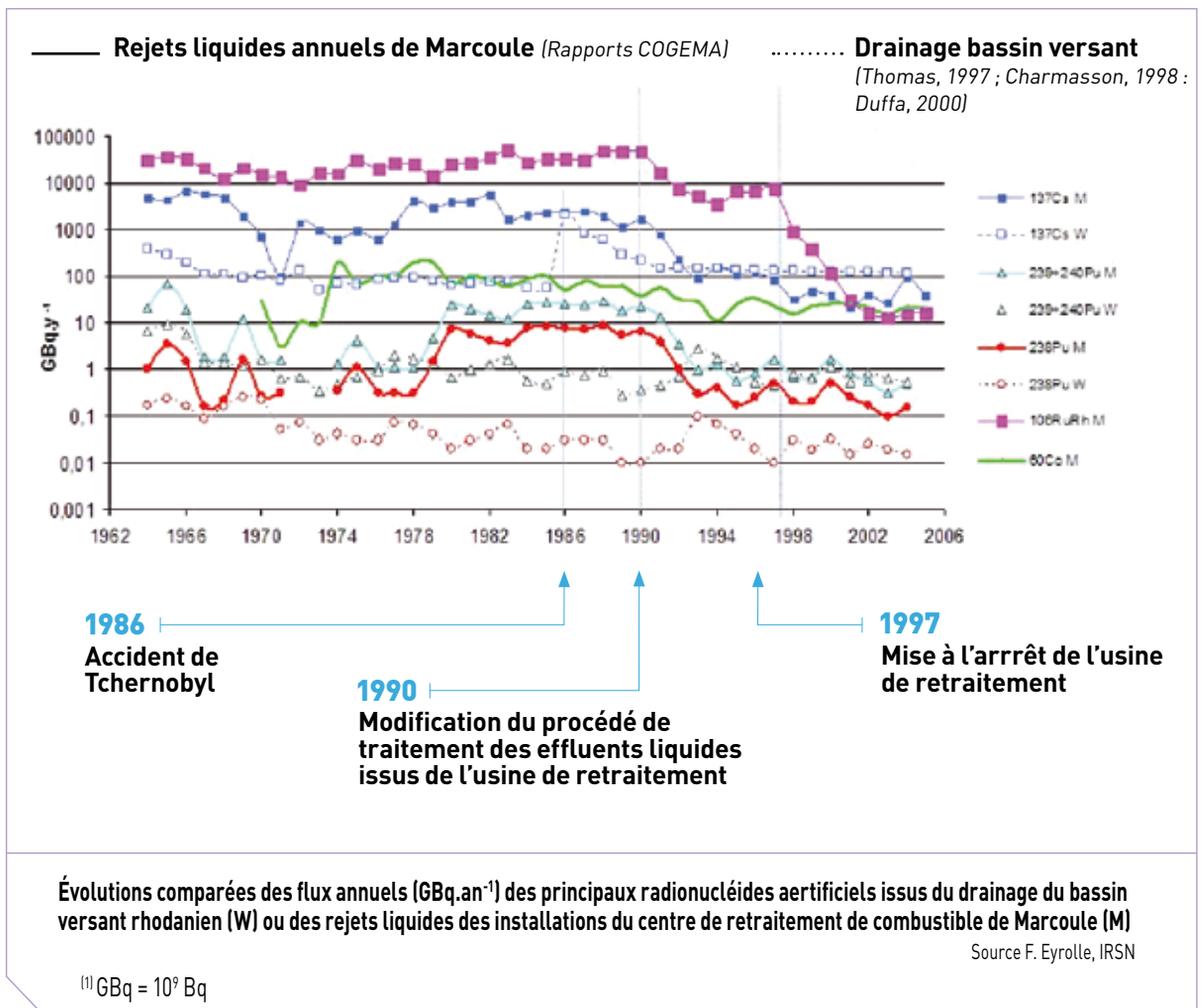
Quelle est l'origine des radionucléides artificiels dans le Rhône ?

Les radionucléides (éléments radioactifs) artificiels présents aujourd'hui dans le Rhône proviennent :

- **des retombées atmosphériques** globales liées aux essais nucléaires effectués entre 1945 et 1980 sur tout l'hémisphère Nord, ainsi que des retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, notamment en ce qui concerne l'isotope 137 du césium (^{137}Cs), plus importantes sur ce bassin versant que sur ceux des autres fleuves français.

Si la majeure partie des éléments à vie courte (moins d'un an) et moyenne issus de ces retombées a aujourd'hui disparu de l'environnement par désintégration, des activités rémanentes en ^{137}Cs ou en plutonium (^{238}Pu , ^{239}Pu et ^{240}Pu) sont observées dans les sols du bassin rhodanien.

Par érosion, altération et drainage des sols, ces radionucléides artificiels se retrouvent petit à petit dans les cours d'eau.



– **des rejets liquides de l'industrie nucléaire**, réalisés dans le cadre d'autorisations de rejet. Parmi toutes les installations nucléaires implantées le long du Rhône ou de ses affluents, le centre de retraitement du combustible irradié de Marcoule, mis en opération au début des années soixante, a constitué pendant longtemps le terme source prépondérant de radioactivité artificielle (^{238}Pu , $^{239} + ^{240}\text{Pu}$, ^{137}Cs , et américium ^{241}Am).

Actuellement, la majorité du ^{137}Cs mesuré à l'aval du Rhône provient du drainage des sols du bassin versant rhodanien. Pour le ^{238}Pu , la source principale reste d'origine industrielle. On observe néanmoins une diminution importante des rejets à partir de 1990.

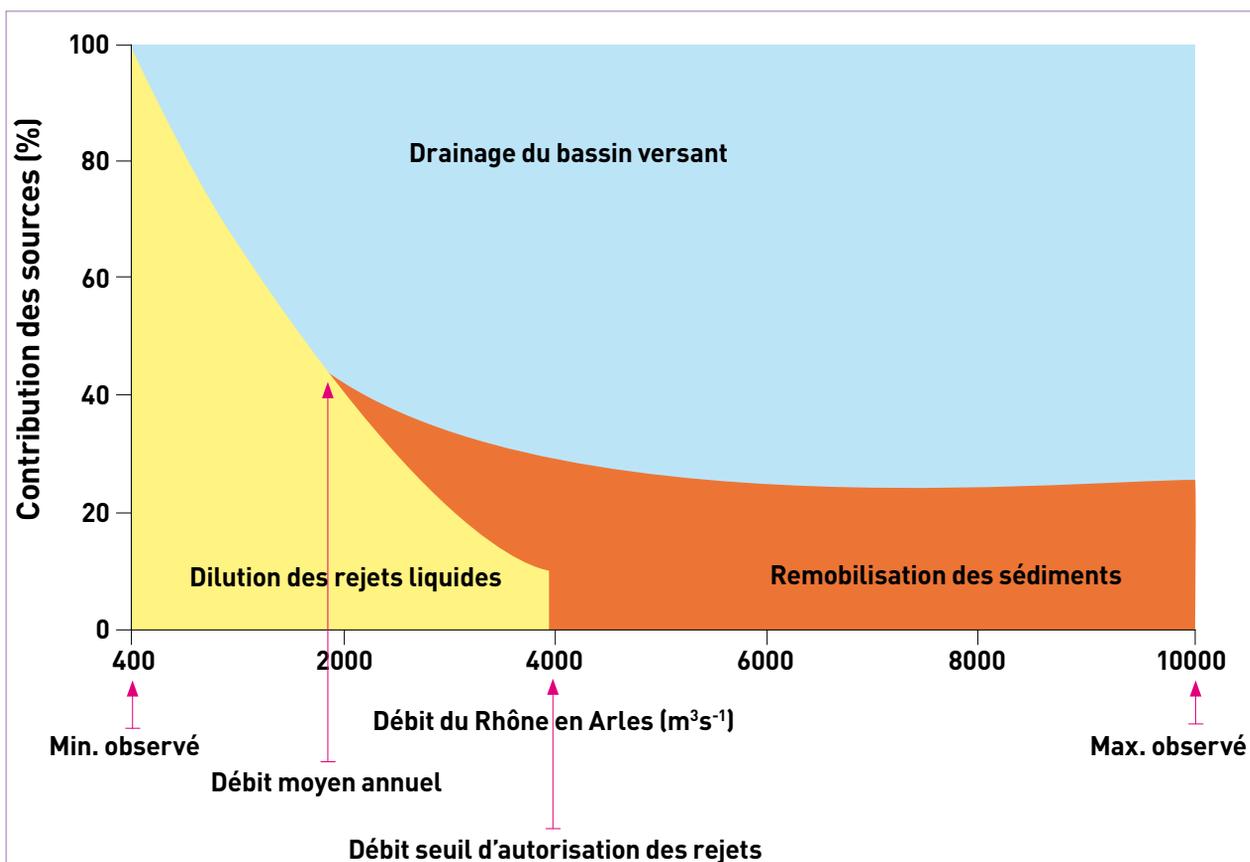
L'essentiel des rejets radioactifs des centrales nucléaires correspond aux rejets de tritium (^3H) et de carbone 14 (^{14}C). Le milieu hospitalier utilise aussi des radionucléides artificiels spécifiques. Leur utilisation est surveillée, les quantités mises en jeu sont limitées et leur contribution au marquage du milieu naturel reste sporadique.

Ces éléments possèdent des caractéristiques très différentes. Les isotopes du plutonium et de l'américium (éléments appelés aussi transuraniens) se distinguent notamment par la nature de leur rayonnement (respectivement alpha et bêta-gamma), leur période radioactive beaucoup plus longue (24 100 ans pour le ^{239}Pu) et leur toxicité (faible pour le ^3H , modérée pour le ^{137}Cs et le ^{14}C , forte pour le ^{60}Co et très forte pour les ^{238}Pu , $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ et ^{241}Am).

Dans l'eau du Rhône, les niveaux moyens d'activité restent très faibles pour tous ces éléments, d'autant plus faible que la toxicité du radionucléide est élevée : de l'ordre du Becquerel par litre¹ (Bq/l) pour le tritium, 10^{-3} Bq/l pour le ^{137}Cs à 10^{-9} Bq/l pour les $^{239} + ^{240}\text{Pu}$.

Pour mémoire, la radioactivité naturelle en potassium 40 (^{40}K) d'un homme est d'environ 4 000 Bq, soit de l'ordre de 50 Bq/kg.

¹ Un Bq correspond à une désintégration par seconde.



Représentation schématique des apports relatifs en $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ dans les eaux du Rhône en aval des rejets liquides du centre de Marcoule en fonction du débit. À très bas débit, l'apport vient majoritairement des rejets. Au débit moyen annuel, c'est le drainage du bassin versant qui contribue majoritairement à l'apport de radionucléides au Rhône. Au delà, la remise en suspension des sédiments apporte sa contribution.

Source F. Eyrolle, IRSN

Comment circulent les radionucléides artificiels dans le fleuve ?

Par érosion, altération et drainage des sols, ces radionucléides artificiels sont transférés au milieu fluvial sous forme dissoute et/ou associés aux matières solides. La plupart des radionucléides artificiels possèdent une affinité avec les matières en suspension.

Les espèces dissoutes et colloïdales sont transférées vers la mer en fonction du débit du fleuve. Celles fixées sur les matières particulaires sédimentent et s'accumulent dans les sédiments. Lors des crues, une partie de ces stocks peut être remise en suspension.

Quel est l'outil de caractérisation des niveaux des radionucléides artificiels ?

Le Rhône et ses affluents sont suivis par un réseau de stations implanté à proximité des sites EDF ; CEA ; COGEMA, ANDRA et des sites miniers.

Une Station Observatoire du Rhône en Arles (SORA), rattachée à l'Observatoire PERmanent de la RAdioactivité dans l'Environnement (OPERA, <http://opera.irsn.org/opera/>) a été mise en service en mars 2002 par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) avec les concours financiers de la Région PACA et de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse qui participe également à son fonctionnement.

L'un des objectifs de la station est le suivi des flux de radioactivité entrant en mer Méditerranée. Elle assure le suivi régulier des différents radionucléides artificiels émetteurs, alpha et gamma qui étaient



Station SORA : unité de filtration et de stockage d'eau filtrée pour l'étude des concentrations en radionucléides au cours de la montée de crue au niveau d'Arles (© O. Masson, IRSN)

déjà détectables en routine, et depuis le début 2007, des émetteurs bêta grâce à de nouveaux équipements. Les prélèvements réguliers, réalisés plusieurs fois par jour, permettent la constitution d'un échantillon composite (moyen) par mois. Grâce à cette capacité d'échantillonnage et aux moyens métrologiques de haute performance, les niveaux traces des radionucléides artificiels peuvent être quantifiés jusqu'à environ 0,1 milli-Becquerel par litre d'eau (mBq/l).

Ces moyens permettent de démontrer que les seuls radionucléides artificiels émetteurs gamma aujourd'hui régulièrement détectés dans l'eau du Rhône sont les ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn et ^{241}Am . Leurs concentrations dans les eaux sont dans la majorité des cas inférieures à 10-9 ppb, soit en quantité infinitésimale par rapport à la plupart des polluants inorganiques stables (métaux lourds) ou organiques persistants.

Quel est l'impact des crues et des inondations ?

En période de crue (débit > 3000 m³/s), des prélèvements à haute fréquence (tous les quarts d'heure) viennent compléter les prélèvements réguliers de façon à discrétiser le plus finement possible l'évolution des niveaux d'activité.

Les crues se traduisent pour le ^{137}Cs par exemple, par une augmentation d'un facteur 100 des niveaux de concentration. Cette augmentation est due à l'élévation du flux de particules arrachées aux sols par ruissellement ou issues de la remobilisation de sédiments fluviaux dans lesquels sont stockés des radionucléides. Cette remobilisation des dépôts sédimentaires explique aujourd'hui à elle seule, jusqu'à 40 % du flux de $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ en raison également de la diminution des rejets de Marcoule. Lors de la crue exceptionnelle de décembre 2003 et des inondations consécutives en Camargue, environ 5 Mt de matière solides et 75 GBq (milliards de Bq) de ^{137}Cs ont transité vers la mer, soit environ 70 % du flux annuel de ^{137}Cs en seulement 7 jours.

Une partie de ces limons (environ 15 %) et sables, déposés en Petite Camargue près des brèches du Petit Rhône, auraient ainsi apporté et déposé plusieurs milliards de Bq de ^{137}Cs , de $^{239} + ^{240}\text{Pu}$, et plusieurs millions de ^{238}Pu et de ^{60}Co . Plus de 90 % de ces apports ont été répartis sur environ 10 km² de sols cultivés, et près de 20 % ont été intégrés aux sols par incorporation des limons déposés. En moyenne sur la surface concernée, l'activité massique (Bq/kg) résultante des sols n'a pas été modifiée pour le ^{137}Cs ; celle des limons déposés étant équivalente à celle des sols avant l'inondation. En ce qui concerne les isotopes du plutonium, l'activité massique (Bq/kg) des sols aurait été augmentée, en moyenne sur cette surface, de 7 % pour le $^{239} + ^{240}\text{Pu}$ et de 40 % pour le ^{238}Pu .

Les résultats d'analyses effectuées sur des prélèvements de la chaîne alimentaire (produits maraîchers, herbe de prairie, lait) n'ont pas indiqué de valeurs significativement différentes de celles observées avant l'évènement. Ils ont ainsi permis de conclure à l'absence de contamination radioactive ou chimique des aliments.

Ce qu'il faut retenir

Les niveaux d'activité des radionucléides artificiels traditionnellement recherchés dans l'eau du Rhône sont en baisse.

Les seuls radionucléides artificiels émetteurs gamma régulièrement détectés en transit dans l'eau du Rhône aval sont les ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn et le ^{241}Am , à des concentrations infinitésimales par rapport aux autres polluants.

À l'occasion des crues, les stocks de sédiments accumulés dans le Rhône sont remobilisés en quelques jours et avec eux, l'essentiel du flux annuel de radionucléides, incluant ceux émis dans le passé.

Afin d'améliorer le suivi permanent des niveaux de radionucléides dans le Rhône, une station d'étude des flux particulaire et dissous a été mise en place en Arles par l'IRSN, en relation avec plusieurs partenaires scientifiques qui étudient les polluants chimiques et les nutriments.

Les chasses des réservoirs affectent-elles la qualité des eaux du Rhône ?

Le terme de «chasse» désigne une opération visant à libérer les sédiments qui s'accumulent en amont des barrages au moyen d'un écoulement rapide.

La vidange de retenue, souvent confondue avec une chasse, consiste uniquement à abaisser le niveau du plan d'eau sans chercher à évacuer les sédiments. Mais une chasse induit la vidange totale ou partielle des retenues concernées et de celles de l'aval afin de favoriser le transit des sédiments.

Alors que la maîtrise des opérations de chasse semble acquise, les autorités suisses ont suspendu la chasse de 2006

Les autorités suisses considèrent que les risques d'inondation à Genève sont mieux maîtrisés et que les sédiments pourront transiter naturellement lorsqu'un profil d'équilibre sera atteint dans la retenue de Verbois.

Cette situation préoccupe le côté français car un retour d'expérience de plus de quarante ans avait permis de réduire très sensiblement les impacts tout en favorisant le transport solide et une meilleure gestion des sédiments dans les retenues. Elle révèle toute l'importance de la difficulté d'une bonne gestion hydromorphologique du milieu, élément-clé nécessaire au bon fonctionnement de l'hydrosystème.

Les effets réels dépassent-ils l'aspect visuel d'eaux boueuses et l'odeur qui s'en échappe, autrement dit le milieu est-il affecté à court, moyen et long terme dans sa fonction première, biologique, et dans celle de support d'usages ?

Quelles sont les raisons et modalités des chasses des réservoirs suisses ?

Elles concernent les deux retenues de Verbois et Chancy-Pougny entre Genève et la frontière franco-suisse. Elles visent la prévention des risques d'inondation des bas quartiers de Genève et la sécurité des barrages liés à l'accumulation de graviers et de sédiments plus fins provenant de l'Arve.



Chasse de la retenue de Génissiat sur le site de Bellegarde (© Photothèque CNR).



Évacuateur en fonctionnement lors d'une chasse (usine de Génissiat) (© Photothèque CNR).

Les conditions hydrologiques de l'Arve et du Léman sont les principaux leviers pour le déclenchement et la conduite des opérations. Le barrage de Génissiat joue un rôle de robinet avec deux objectifs : faire transiter le maximum de sédiments vers l'aval et assurer une dilution optimale du flot chargé pour préserver le milieu et les usages.

Quelle est l'histoire des chasses de réservoirs de Verbois et de Chancy-Pougny ?

Entre la première en 1945 et la dernière en 2003, vingt chasses se sont déroulées. Les fréquences tout d'abord variables sont devenues triennales depuis l'accord franco-suisse de 1967 fixant cette période et les conditions de débits.

Pendant longtemps la mortalité de poissons sur le Rhône français a été le principal indicateur d'appréciation des perturbations. En 1965, une forte mortalité est observée jusqu'à Lyon, et la qualité des eaux d'alimentation de cette ville est affectée. Le préfet confie au Comité Technique de l'Eau (CTE), sous sa présidence, la coordination franco-suisse de l'organisation et du suivi des chasses. En 1978, suite à un problème de gestion des débits amont, l'ouvrage de Génissiat ne peut assurer la dilution suffisante pour éviter à nouveau la mort des poissons.

Amorcé en 1965, le suivi des chasses et des mesures d'accompagnement a quant à lui fortement évolué.

Comment est assuré le suivi des chasses ?

Sur la base de l'accord technique franco-suisse de 1967 et de ses différentes révisions, la concertation pour le suivi des chasses du Rhône avant, pendant et après les opérations de chasses associe aujourd'hui plus de cent cinquante organismes (gestionnaires, administrations, associations, collectivités et scientifiques) dans le cadre du Comité Technique de l'Eau (présidé par le préfet de Région). Les consignes d'exploitation, déterminées par les gestionnaires suisses et français, visent à concilier les exigences techniques, écologiques et touristiques.

Une attention particulière est portée sur :

- la maîtrise et le contrôle des matières en suspension (notées MES) ;
- la préservation des tronçons court-circuités du Rhône ;



La retenue de Génissiat dont le niveau est abaissé pour faciliter la chasse aux sédiments (ici à l'amont du barrage)
(© Photothèque CNR).

- le maintien d'un débit minimum au droit de la centrale nucléaire du Bugey pour assurer son fonctionnement.

Le contrôle de l'opération est assuré par les services de l'Etat, le principal acteur étant la CNR assistée de scientifiques et de l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques).

Il porte sur quatorze points de la frontière suisse à Givors avec :

- des mesures phares comme l'oxygène dissous et les MES (cause d'asphyxie immédiate et d'abrasion des branchies des poissons), l'ammoniaque (libéré par brassage des boues) ;
- des analyses écotoxicologiques visant une demi-douzaine de substances dont le mercure ;
- des analyses bactériologiques sur des sites de baignade et de captage d'eau potable avec, pour ces derniers, surveillance du colmatage ;
- un suivi écologique spécifique des tronçons court-circuités, en particulier celui de Chautagne.

Quel est le bilan de l'opération de chasse de 2003 ?

Hors période de chasse la qualité des eaux du Haut Rhône est globalement bonne. Pendant la chasse, les taux de matières organiques soulignent une bonne qualité avec ponctuellement un déclassement en qualité moyenne pour l'ammoniaque. Les consignes pour les MES sont respectées, la fraction fine augmentant de l'amont vers l'aval, de même que la concentration en micropolluants. La concentration en micropolluants suit cette évolution. Pour la baignade, les valeurs guides des grilles de qualité bactériologique sont dépassées mais redeviennent ensuite rapidement proches de la conformité. Au niveau des captages les valeurs restent conformes à la potabilité.

Sur le plan biologique aucune pêche de sauvetage n'a été nécessaire sur les tronçons court-circuités. Les effectifs de poissons des zones refuges peu chargées en MES restent faibles et on note une diminution des connexions avec les affluents.

Le suivi 2003 révèle donc un impact limité des chasses sur la qualité du milieu et les mortalités spectaculaires de poissons telles que celles de 1969 et 1978 n'ont plus lieu.

Comment réduire encore les effets des chasses ?

Une typologie des mesures peut être dressée, par mise à profit du retour d'expérience :

- préparation des chasses : concertation accrue pour la prise en compte des contraintes et exigences des différents usages ; information du public ;



Le barrage de Génissiat (vue sur les prises d'eau amont) pendant une chasse (© Photothèque CNR).

- préparation du suivi : optimisation sur la base d'un bilan affiné ; augmentation de la surveillance des zones de captage ;
- pilotage de la chasse : choix d'une périodicité régulière ; réflexion sur le choix de la saison et recherche du débit optimum, avec en projet l'examen du déplacement de mai-juin à septembre ; maîtrise du rôle de dilution de Génissiat ; coupure partielle de l'« alimentation » des tronçons court-circuités en eau chargée en MES ;
- réalisation du suivi : augmentation du nombre de paramètres suivis avec fixation de seuils servant au pilotage ; modernisation et « automatisation » de certaines mesures ; suivi du comportement piscicole et suivi spécifique des tronçons court-circuités, suivi et présence sur le terrain renforcés ;
- réalisation d'aménagements et/ou mise en place de nouvelles pratiques : la construction de la station d'épuration de Genève a déjà permis de réduire la nocivité des boues de Verbois. D'autres mesures sont à citer : aménagements écologiques de type seuils ; reconnections piscicoles avec les zones de refuge sur les affluents ; dragages dans les retenues avant les chasses. La poursuite des tests d'ouverture des vannes de fond de Verbois pendant les crues.

Ce qu'il faut retenir

Les chasses des retenues suisses affectent la qualité des eaux du fleuve, mais les mesures d'accompagnement et certaines réalisations ont permis d'en limiter les impacts.

Paradoxalement les décisions suisses de suspendre les chasses préoccupent le coté français et font prendre conscience du rôle essentiel de l'hydromorphologie comme élément dans le fonctionnement de l'hydrosystème. Il est probable que cette suspension ne facilitera pas l'atteinte du bon état en 2015 et notamment au regard des mesures de préservation ou de restauration du transit sédimentaire.

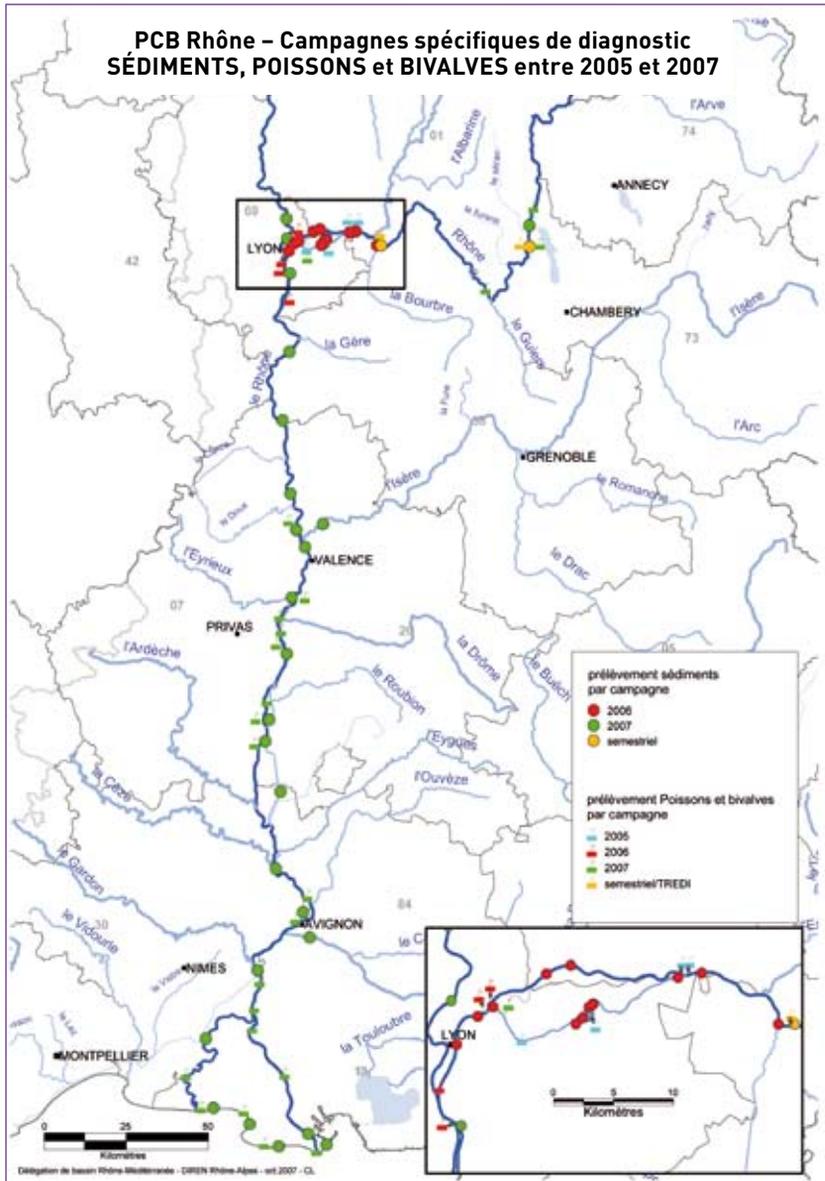
Les PCB dans le Rhône : où en est-on ?

Si la présence de polychlorobiphényles (PCB) dans les cours d'eau français, et notamment le Rhône, est avérée depuis la fin des années quatre-vingt, des teneurs élevées en polychlorobiphényles (PCB) ont été constatées fin 2005 dans des poissons pêchés dans le Rhône en amont de Lyon.

Les recherches pour évaluer l'étendue de la pollution ont été élargies aux départements situés à l'aval. Les résultats ont conduit à la prise d'arrêtés d'interdiction de consommation du poisson. Ces arrêtés couvrent en août 2007 un linéaire du Rhône qui va du barrage de Sault-Brénaz à la mer.

Quels sont les usages et les effets des PCB ?

Les PCB sont des produits organiques chlorés utilisés dans l'industrie depuis les années 1930, pour leur stabilité et leur ininflammabilité, comme isolants électriques et fluides caloporteurs dans les transformateurs et les condensateurs, mais aussi comme adjuvants.



Les PCB sont interdits d'utilisation en France depuis 1979 dans les applications ouvertes (fluides industriels et lubrifiants, plastifiants...). Par ailleurs, la vente, l'acquisition de PCB ou d'appareils en contenant ainsi que la mise sur le marché de tels appareils neufs sont interdites depuis le 2 février 1987. Toutefois, certaines industries peuvent encore posséder jusqu'au 31 décembre 2010 des dispositifs fermés (transformateurs électriques) contenant des PCB. Ces composés aromatiques chlorés sont d'une grande stabilité physique et chimique et d'une faible biodégradabilité. Ils s'accumulent dans les graisses des organismes vivants et se concentrent d'un maillon à l'autre dans la chaîne alimentaire au sommet de laquelle se trouvent les poissons et l'espèce humaine. La principale voie de contamination pour l'homme est donc l'alimentation. On n'en détecte qu'exceptionnellement dans les eaux des cours d'eau et de plan d'eau car les PCB sont très peu solubles. La baignade et les sports nautiques ne présentent pas de risque sanitaire pour l'homme. La toxicité des PCB en cas d'ingestion régulière sur une longue durée est mal connue mais pourrait générer des troubles du système immunitaire, du système endocrinien, de la fonction hépatique, de la reproduction, des maladies cardio-vasculaires et neurologiques.

Comment ont évolué les seuils réglementaires ?

Un arrêté du 16 février 1988 prévoit que les poissons contenant une concentration supérieure à 2 mg/kg de PCB totaux sont impropres à la consommation. Plus récemment, un règlement européen du 3 février 2006 fixe à 8 pg/g la limite de concentration des PCB de type dioxine (PCBdl) et des dioxines et furanes dans la chair de poisson. Ces deux seuils n'étant pas directement comparables, les experts estiment grossièrement que le seuil de 2006 est 6 à 7 fois plus sévère que celui de 1988.

Quelles sont les sources possibles de PCB ?

La première interdiction de consommation intervenue en 2005 était relative à des poissons pêchés en aval des rejets d'un établissement spécialisé dans la décontamination de matériels électriques contenant des PCB. Si les mesures sur les sédiments et la chair de poisson montrent effectivement un pic à l'aval de cet établissement, elles mettent aussi en évidence d'autres zones de contamination (Gier, Bourbre, Rhône amont...). La multiplicité des utilisations historiques permet d'affirmer l'existence de multiples sources diffuses de contamination. Le caractère historique de cette pollution est confirmé par les carottages réalisés dans les sédiments qui montrent la présence notable de PCB depuis plus de 40 ans avec une pointe dans les années 1980.

Quelles actions envisagées ?

L'analyse de l'ensemble des résultats déjà disponibles montre qu'il s'agit d'un phénomène complexe qui nécessite un programme d'actions à mener sur la période 2008-2010. Ce programme, élaboré sous l'autorité du Préfet coordonnateur de bassin qui en a confié le pilotage technique à la DIREN de Bassin, se décline en trois axes : les questions urgentes, le diagnostic et la compréhension de la pollution et la gestion à moyen terme. Ce dernier volet comprend les actions de contrôle des rejets encore existants et des actions de police renforcées pour toute constatation d'infractions pouvant aggraver la situation des milieux. Un comité d'information et de suivi a été installé le 10 octobre 2007 par Nathalie Kosciusko-Morizet, secrétaire d'État à l'écologie, en vue d'associer officiellement à la réflexion les conseils régionaux, les représentants des maires de communes riveraines, les associations de protection de l'environnement, les représentants des pêcheurs amateurs et professionnels, des riverains et des industriels.

Le mandat de ce comité est d'examiner le programme d'action pluriannuel proposé puis de suivre son application. Il a aussi pour rôle de prendre connaissance des mesures de gestion envisageables et de donner des recommandations le cas échéant.

Ce qu'il faut retenir

La pollution du Rhône par les PCB est une pollution historique et diffuse provenant de sources multiples.

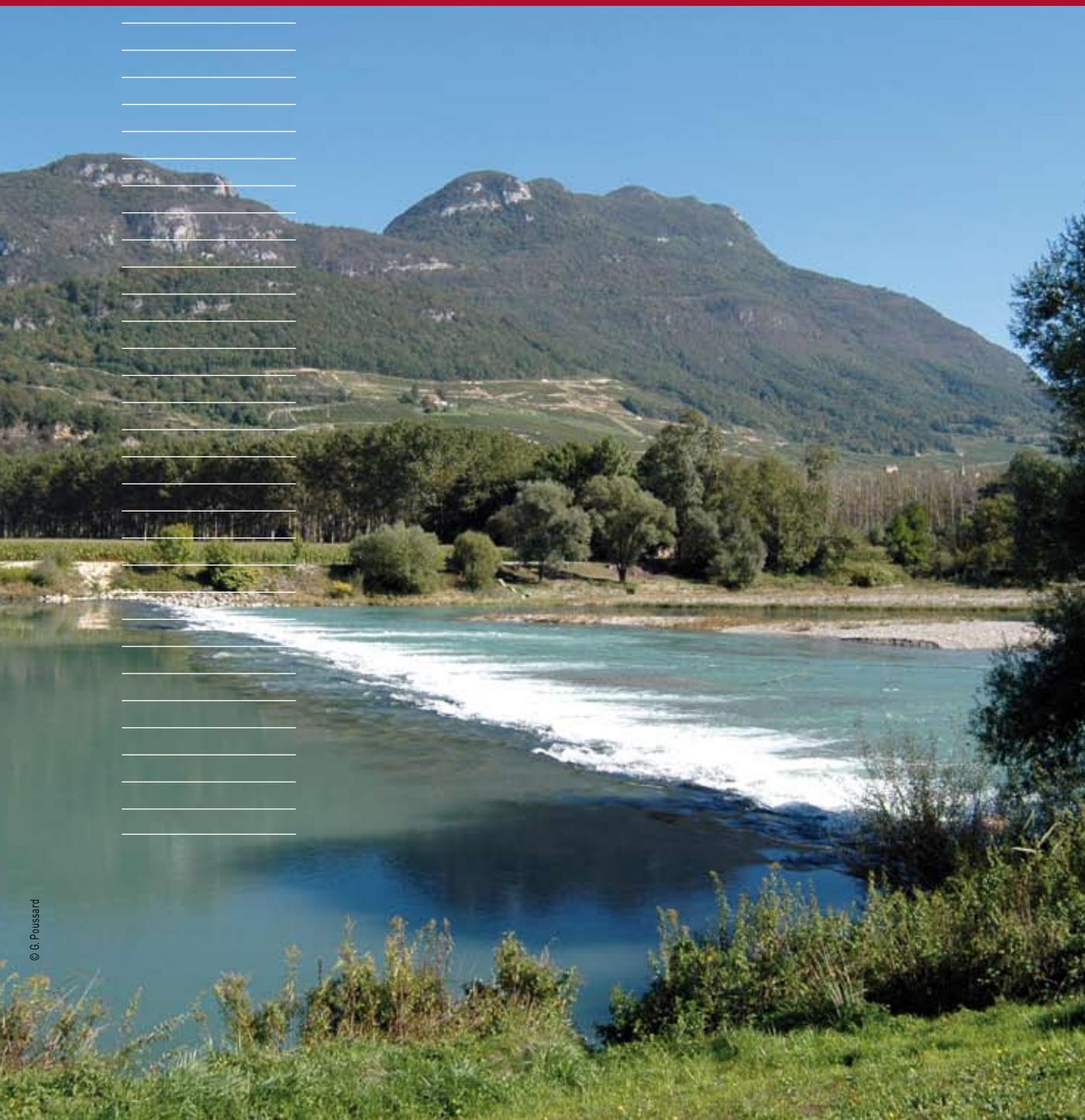
La voie de contamination pour l'homme est la voie alimentaire par la consommation de poissons contaminés.

Un programme d'actions 2008-2010 est lancé et permettra de gérer cette pollution sur le long terme.

www.rhone-mediterranee/eaufrance.fr

7

Les poissons et la pêche du Rhône



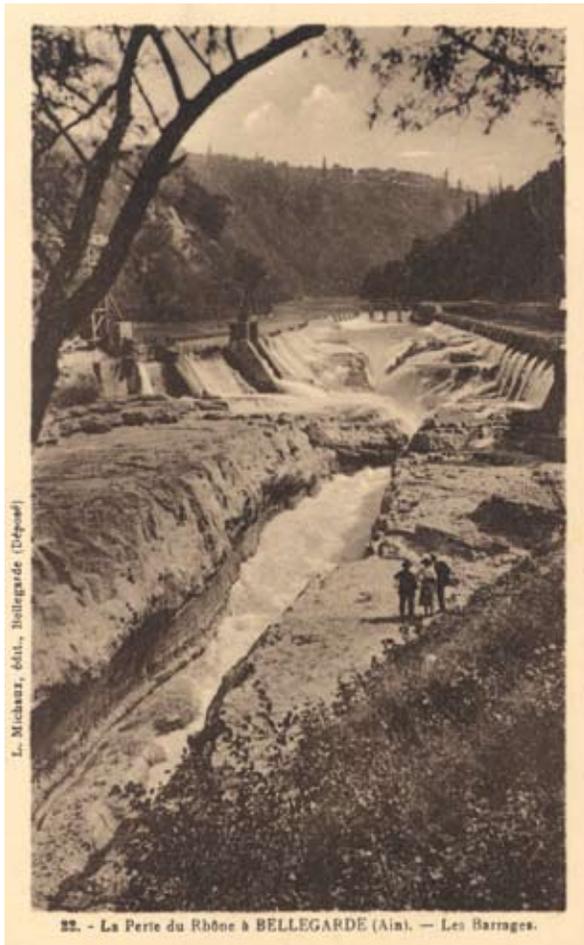
Quelles espèces de poissons peuplaient le Rhône au début du xx^e siècle ?

Deux épisodes hydro-géologiques majeurs ont déterminé la composition des peuplements de poissons du Rhône contemporain. Ils possèdent en effet :

- **une empreinte qu'on peut qualifier «d'alpine»**, caractérisée par des captures de bassins au Tertiaire et par la recolonisation post-glaciaire, faisant du Rhône un cousin plus ou moins éloigné du Rhin et du Danube ;
- **une empreinte méridionale** résultant de la mise en contact avec des fleuves méridionaux lors de l'abaissement des niveaux de la Méditerranée et de la Mer Noire à la fin du Miocène et dans les périodes interglaciaires. Des espèces comme le barbeau méridional (absent dans le Rhône), le blageon et le toxostome sont emblématiques de ces échanges.

La faune du Rhône

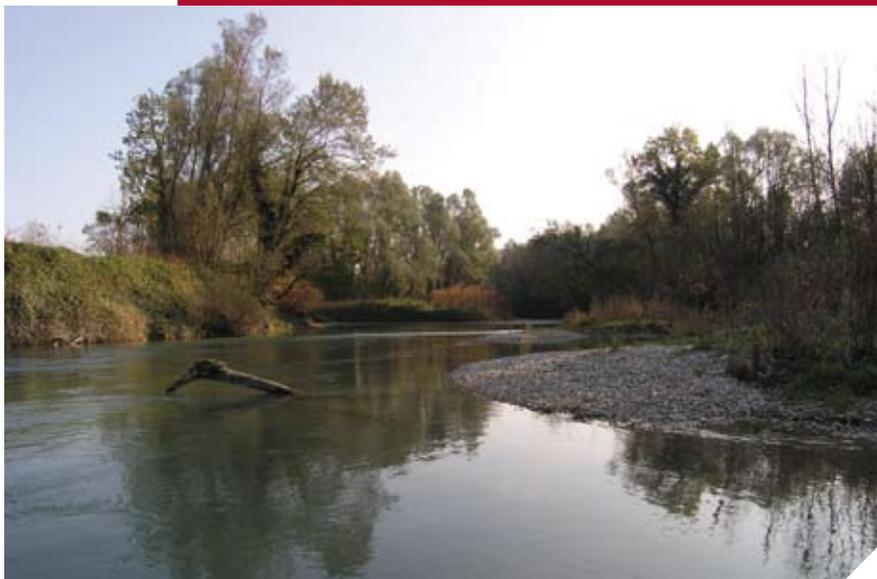
■ **Au début du xx^e siècle, cinquante et une espèces de poissons appartenant à dix-neuf familles étaient dénombrées sur le Rhône français.** Avec vingt-deux espèces, la famille des cyprinidés est la mieux représentée. À ces espèces typiquement dulçaquicoles, on doit ajouter les espèces marines ou d'eau saumâtres de cinq familles répertoriées principalement dans le delta : les Athérinidés (le joel), les Gobiidés (le gobie noir, le gobie tacheté), les Moronidés (le loup), les Mugilidés (plusieurs espèces de mullets), les Pleuronectidés (le flet) et les Syngnathidés (le syngnathe de lagune). Le nombre total d'espèces atteint soixante (voir tableau pages suivantes).



La Perte du Rhône aujourd'hui sous les eaux de la retenue de Génissiat (© droits réservés).

■ **Compte-tenu de l'histoire du bassin versant, la faune piscicole du Rhône est relativement riche.**

- Parmi les espèces présentes au début du siècle, seul l'esturgeon a véritablement disparu. Cette espèce migratrice, déjà surpêchée au xviii^e siècle, a été fortement mise en danger par la construction du barrage de Donzère en 1952 et a complètement disparu après celle du barrage de Beaucaire. Selon Quignard, la capture du dernier spécimen, d'un poids de 80 kg, date de 1973.
- L'apron est une espèce endémique (dont l'aire de répartition est bien limitée) du Rhône dont l'aire de répartition historique était étendue et remontait jusqu'en Savoie à l'aval des Pertes du Rhône. Il est aujourd'hui pratiquement absent du Rhône lui-même. La dernière observation date de mai 1985 à Vernaison dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Quelques individus ont été répertoriés à Yenne et dans le Canal de Miribel entre 1950 et 1980. L'espèce est aujourd'hui présente dans quelques bassins versants affluents du Rhône (Doubs, Ardèche, Durance) et fait l'objet d'un programme Life (<http://www.cren-Rhônealpes.fr>).



La lône des Gravieres Grand-Jean aux Avenières (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

La structure du peuplement

Trois caractéristiques majeures déterminent l'organisation du peuplement piscicole rhodanien :

- la forte pente du cours d'eau jusqu'au palier d'Arles qui classe historiquement la majorité du linéaire dans la zone à barbeau ;
- la température froide des eaux qui permet le maintien de populations cryophiles (organisme adapté et capable de survivre à des températures froides) (truite, ombre commun, vandoise, chabot...);
- l'absence d'obstacle infranchissable naturel avant les Pertes du Rhône qui permet une large distribution, y compris sur le Haut Rhône, des migrateurs que sont l'alose, l'anguille, l'esturgeon, la lamproie marine et la lamproie fluviatile. Seules quelques anguilles franchissaient cet obstacle naturel. Aujourd'hui, l'alose et les deux espèces de lamproies sont absentes du Haut Rhône. Suite aux actions récentes de facilitation du franchissement des écluses, l'alose remonte jusqu'à Montélimar et fraye dans le Gardon et l'Ardèche. Les lamproies ne remontent guère en amont d'Avignon.

Les espèces « emblématiques »

- Les espèces migratrices comptent parmi les espèces les plus emblématiques du Rhône.
- L'ombre commun, abondant entre le « Parc » et Yenne (sortie de la Perte du Rhône jusqu'à la confluence avec les Usses) à la fin du XIX^e siècle, peut être considéré comme une espèce emblématique du Haut Rhône.
- La seule espèce endémique du bassin, l'apron, est l'espèce phare du Rhône.



La lône de la Désirade à Donzère (© Photothèque CNR).

Ce qu'il faut retenir

Le peuplement de poissons du Rhône, semblable à celui du Rhin et du Danube, compte moins d'espèces en raison de l'histoire du bassin versant (glaciations, voies de recolonisation...).

Au début du XX^e siècle, le Rhône comportait au moins soixante espèces en incluant le delta. À ce jour, seul l'esturgeon a complètement disparu et la présence de l'apron dans le Rhône est incertaine.

L'aménagement du fleuve au cours du siècle passé a limité l'amplitude de migration des grands migrateurs.

Liste des espèces du Rhône français et son delta.

L'origine des espèces est indiquée (Nat : native, Int : introduite), la lettre **D** signifie que l'espèce a disparu dans le secteur concerné et la lettre **E** est réservée aux espèces endémiques.

Nom commun	Nom latin	Familles
Esturgeon	<i>Acipenser sturio</i>	Acipenseridae
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguillidae
Joel	<i>Atherina boyeri</i>	Atherinidae
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	Balitoridae
Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i>	Blenniidae
Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Centrarchidae
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	Centrarchidae
Alose	<i>Alosa fallax rhodanensis</i>	Clupeidae
Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i>	Cobitidae
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	Cottidae
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	Cyprinidae
Brème bordelière	<i>Abramis bjoerkna</i>	Cyprinidae
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Cyprinidae
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	Cyprinidae
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	Cyprinidae
Carassin doré	<i>Carassius auratus</i>	Cyprinidae
Carassin	<i>Carassius carassius</i>	Cyprinidae
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	Cyprinidae
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	Cyprinidae
Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>	Cyprinidae
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	Cyprinidae
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	Cyprinidae
Able de Heckel	<i>Leucaspisus delineatus</i>	Cyprinidae
Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i>	Cyprinidae
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Cyprinidae
Blageon	<i>Leuciscus souffia</i>	Cyprinidae
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Cyprinidae
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	Cyprinidae
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	Cyprinidae
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	Cyprinidae
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Cyprinidae
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	Cyprinidae
Brochet	<i>Esox lucius</i>	Esocidae
Lote	<i>Lota lota</i>	Gadidae
Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Gasterosteidae
Gobie noir	<i>Gobius niger</i>	Gobiidae
Gobie tacheté	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobiidae
Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i>	Ictaluridae
Loup	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Moronidae
Mulet lippu	<i>Chelon labrosus</i>	Mugilidae
Mulet doré	<i>Liza aurata</i>	Mugilidae
Mulet-porc	<i>Liza ramada</i>	Mugilidae
Mulet sauteur	<i>Liza saliens</i>	Mugilidae
Mulet à grosse tête	<i>Mugil cephalus</i>	Mugilidae
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Percidae
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	Percidae
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	Percidae
Apron	<i>Zingel asper</i>	Percidae
Lamproie fluviatile	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Petromyzontidae
Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i>	Petromyzontidae
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	Petromyzontidae
Flet	<i>Platichthys flesus</i>	Pleuronectidae
Gambusie	<i>Gambusia affinis</i>	Poeciliidae
Lavaret	<i>Coregonus lavaretus</i>	Salmonidae
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae
Truite fario	<i>Salmo trutta</i>	Salmonidae
Ombre chevalier	<i>Salvelinus alpinus</i>	Salmonidae
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i>	Salmonidae
Silure glane	<i>Silurus glanis</i>	Siluridae
Syngnathe de lagune	<i>Syngnathus abaster</i>	Syngnathidae

Quelles sont les espèces de poissons toujours présentes ? Avec quelle répartition ?

La structure actuelle du peuplement de poissons du Rhône a évolué en fonction de la modification de la mosaïque d'habitats fluviaux consécutive à l'aménagement du fleuve (endiguement, construction de barrages...).

Initialement, l'organisation spatiale du peuplement était principalement gouvernée par les caractéristiques géomorphologiques « naturelles » déterminées par le régime des crues et par les caractéristiques physico-chimiques du fleuve, en particulier la température.

La transformation du paysage fluvial liée au développement urbain, agricole et industriel a profondément modifié les modalités d'occupation de l'espace par les espèces.

La composition spécifique du peuplement actuel

Les espèces présentes dans les secteurs du Rhône sont répertoriées dans la question 07-01 « quelles espèces de poissons peuplaient le Rhône au début du xx^e siècle ».

Seul l'esturgeon a complètement disparu du Rhône, l'apron se maintient avec difficulté dans quelques affluents mais sa présence dans le Rhône demande à être confirmée.

■ **Le peuplement du Rhône en amont du delta** compte trente-cinq espèces natives du bassin versant (esturgeon exclu) et quinze espèces introduites.

– Parmi les espèces natives, les populations les mieux représentées sont le gardon, l'ablette, le chevaîne, le spirin, la vandoise, le goujon, le barbeau fluviatile, la brème bordelière, le vairon, la perche commune et le blageon.

– Parmi les espèces introduites, le hotu, le poisson-chat et la perche-soleil sont les plus répandues. Le silure, le carassin argenté, le pseudorasbora qui ont fait leur apparition plus récemment sont en phase d'expansion.

■ **Parmi les espèces dont l'abondance et/ou la présence dans les échantillonnages sont faibles**, deux espèces apparaissent comme particulièrement importantes :

– l'ombre commun encore présent dans le Haut Rhône, en particulier dans les sections court-circuitées et le canal de Miribel ;

– l'aloise qui n'est capturée que dans la partie aval du Rhône.



Rotengle – lône du Haut Rhône (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

La truite fario, espèce relativement exigeante, maintient des populations en amont de Lyon et apparaît de manière beaucoup plus rare et sans doute artificielle en aval.

La lote est une espèce assez discrète de nos jours dans le Haut Rhône alors que ses populations étaient autrefois plus développées.

Les différences entre les peuplements du Haut Rhône et Bas Rhône

Les aménagements et l'urbanisation ont accentué les différences qui pouvaient exister en amont et en aval de Lyon et la confluence de la Saône marque un point de rupture dans la structure des peuplements rhodaniens.



Brème commune, lône de la platière (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

■ **Le peuplement du Haut Rhône** est caractérisé par une faune rhéophile (qui affectionne les courants rapides et les substrats grossiers). Bien que leurs effectifs soient faibles, la truite et l'ombre commun sont des espèces caractéristiques du Haut Rhône. Ces deux salmonidés sont accompagnés de cyprinidés d'eaux vives : la vandoise, le hotu, le spirilin, le barbeau fluviatile, le vairon et le blageon ; le goujon est également bien représenté.

■ **Le peuplement du Bas Rhône** est caractérisé par la dominance d'espèces lénitophiles (qui affectionnent les milieux lents) et thermophiles (capables de vivre à des températures très élevées) : le gardon, l'ablette, la brème bordelière, la perche-soleil, le poisson-chat, la brème commune, le rotengle et la tanche. L'anguille est aussi beaucoup plus abondante dans le Bas Rhône.

L'arrivée de la Saône, affluent « chaud », la traversée de Lyon et du couloir de la chimie, l'aménagement intensif du fleuve avec de nombreuses retenues sont les principaux facteurs du changement structurel du peuplement par rapport au Haut Rhône. Ce changement très marqué jusqu'à la confluence avec l'Isère, s'atténue avec l'arrivée de cet affluent alpin qui « refroidit » les eaux du Rhône. À l'aval de l'Isère, les populations des espèces rhéophiles (hotu, blageon, barbeau fluviatile) sont plus importantes que dans le Rhône Moyen ; le chevaine est omniprésent dans le Haut Rhône et dans le Bas Rhône.

Sur l'ensemble du cours du Rhône, les sections court-circuitées jouent un rôle important dans le maintien des espèces les plus rhéophiles.

Ce qu'il faut retenir

Parmi les cinquante espèces du peuplement dulçaquicole (qui vit et croit en eau douce) actuel du Rhône, quarante ont été plus ou moins régulièrement échantillonnées au cours des vingt dernières années. Le peuplement ne présente plus une organisation longitudinale continue de l'aval du Léman jusqu'à la mer. Deux grandes entités faunistiques peuvent être distinguées : celle du Haut Rhône, du Léman à la Saône, qui regroupe la plupart des espèces d'eaux froides et courantes typiques du fleuve, et celle du Bas Rhône typée par des espèces de milieux plus lents et plus chauds, et également plus résistantes à la pollution des eaux.

Quelles sont les espèces qui ont disparu ou fortement régressé ? Pourquoi ?

Le maintien des populations de poissons dans une aire donnée dépend des facteurs hydro-climatiques, de la disponibilité des habitats et des interactions biotiques qui s'exercent entre les espèces, en particulier la compétition et la prédation. La régression des populations est le plus souvent liée à une synergie entre plusieurs facteurs, et doit être appréhendée en regard de la taille du Rhône, selon des échelles d'observation allant de un à plusieurs centaines de kilomètres.

Les espèces disparues ou en voie de disparition

L'esturgeon a complètement disparu du Rhône au cours du xx^e siècle.

La présence de l'apron dans le Rhône est suspectée car la dernière capture effective date de 1985 et un individu a été capturé en 1989 à Port-Galland dans la Basse Vallée de l'Ain.

Les espèces en régression

Les aménagements Girardon et la construction de la chaîne de barrages sur le Rhône ont considérablement modifié la géomorphologie du fleuve, les conditions d'écoulement et fragmenté l'espace aquatique, affectant ainsi les populations de poissons.

■ **Sur le Haut Rhône** en aval de Génissiat-Seyssel, les espèces rhéophiles (qui affectionnent les courants rapides et les substrats grossiers – hotu, ombre commun, truite, vandoise, spirlin, etc.) sont quasiment absentes des retenues ou des canaux d'amenée, sauf au stade juvénile. Ces milieux ralentis offrent en effet des conditions hydrauliques et trophiques au niveau des rives qui conviennent aux juvéniles de l'année de la plupart des espèces. Les sections court-circuitées ont partiellement conservé la diversité des habitats originels du Rhône ; mais la réduction et l'uniformisation des débits ont réduit les volumes et surfaces en eau, et modifié la distribution statistique des différents types d'habitats hydrauliques. En conséquence, les densités des espèces les plus exigeantes vis-à-vis des vitesses d'écoulement ont été fortement réduites ; les exemples les plus démonstratifs sont ceux de l'ombre commun et de la truite.

Des différences marquées existent entre les sections court-circuitées.

– Le secteur de Chautagne, autrefois réputé pour sa richesse en ombres communs et en truites, a subi les plus fortes atteintes. Le hotu et la vandoise ont également fortement régressé dans ce secteur depuis la mise en service du barrage. La longueur du Rhône court-circuité est faible, il ne reçoit pas d'affluent,



Ombre commun (© H. Persat, UCBL CNRS).



Apron du Rhône, rivière de la Beaume, commune de Labeaume - 07 (© B. Adam 2007)

et les débits réservés initiaux étaient faibles (10-20 m³/s), ils ont été relevés en 2004 (50-70 m³/s). Les suivis mis en place permettront de mesurer l'évolution de la structure du peuplement après augmentation des débits.

- La diversité des habitats dans le Vieux-Rhône de Belley, de Brégnier-Cordon et du Canal de Miribel est plus importante, et les populations moins affectées. Néanmoins, même si la régression des espèces exigeantes est sans doute moins marquée qu'en Chautagne, les densités actuelles sont sans aucun doute beaucoup plus faibles qu'à la fin du XIX^e siècle.

Les aménagements (endiguement, chenalisation), l'absence ou la régression des relations entre le chenal principal et ses bras plus ou moins connectés expliquent la régression de la productivité du fleuve. La lote, abondante dans le secteur de Lavours où elle frayait dans les fossés, a très fortement régressé. Le toxostome a également disparu du Haut Rhône.

■ **Sur le Bas Rhône**, avant aménagement, le secteur allant de la Saône à la confluence de l'Eyrieux, soit 125 km, comptait les mêmes espèces rhéophiles que le Haut Rhône. Aujourd'hui, vandoise, toxostome, blageon, lote, barbeau, chabot et truite sont devenus très rares ou absents. Les sections court-circuitées abritent quelques populations de hotus, barbeaux, voire de blageons.

Les grands migrateurs font sans doute partie des espèces qui ont le plus fortement régressé sur le linéaire du Bas Rhône, du fait de la multiplication des grands barrages. L'alose et l'anguille sont d'autant plus abondantes que la mer est proche.

Ce qu'il faut retenir

En moins de deux siècles, les aménagements successifs du Rhône ont eu des conséquences importantes sur les caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques du fleuve.

De profondes modifications de la structure et de la disponibilité des habitats des poissons, ont affecté la distribution et les densités de certaines espèces, telles que l'ombre commun, la truite, la vandoise, le toxostome.

Il s'agit notamment des plus exigeantes vis-à-vis des vitesses de courant, de l'oxygénation des eaux et de la nature du substrat.

Quelles sont les espèces introduites ? Où les trouve-t-on ? Présentent-elles une menace ?

Comme tous les systèmes ouverts, le Rhône a été progressivement colonisé par des espèces introduites volontairement ou involontairement par l'homme. L'ichtyofaune du Rhône compte quinze espèces introduites.

Quelles sont les espèces introduites ?

Les espèces introduites et leur distribution sont répertoriées dans la question 07-01 « Quelles espèces de poissons peuplaient le Rhône au début du xx^e siècle ? ». L'introduction de la carpe date de l'époque romaine. Elle se trouve sur tout le linéaire du Rhône.

- **De nombreuses espèces originaires du bassin du Danube** ont colonisé le fleuve par les canaux du nord-est, comme la grémille en 1860 et le hotu, observé vers 1880 sur le Haut Rhône. Ces deux espèces sont désormais présentes du Léman à la mer.
- **D'autres poissons européens** ont été plus ou moins volontairement introduits. Il s'agit du sandre vers 1930, de l'able de Heckel comme poisson-fourrage dans les étangs de pisciculture et du silure glane. L'able n'est rencontré que très occasionnellement dans le Rhône ; contrairement au silure particulièrement abondant sur le Bas Rhône. Ce dernier, introduit vers 1930 dans le Doubs, en 1975 dans la Saône, capturé en 1987 sur le Bas Rhône, a aujourd'hui colonisé le Haut Rhône jusqu'à Yenne. Il semble encore en phase d'expansion et sa progression vers l'amont n'est probablement pas terminée.

Un écosystème en bonne santé a toutes les chances de pouvoir intégrer de nouvelles espèces. Les impacts éventuels d'introductions s'expriment souvent dans des milieux fortement altérés.

■ De nombreuses introductions sont d'origine nord-américaine.

- La truite arc-en-ciel a été introduite vers 1880. Déversée un peu partout dans le Rhône, elle ne s'y reproduit probablement pas.
- La perche-soleil et le poisson-chat ont été introduits dans le Rhône vers 1920.
- La gambusie a été introduite à la même époque dans le sud de la France pour lutter contre les moustiques.
- L'achigan à grande bouche (black-bass), introduit dans les années 1940, est présent sur tout le linéaire du Rhône avec des densités généralement faibles ; il est davantage présent dans le Bas Rhône, dans les secteurs les plus chauds.



Carassin argenté (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

- **Des cyprinidés d'origine asiatique** sont également présents. Le carassin argenté et le pseudorasbora ont été capturés pour la première fois en 1989 sur le Bas Rhône et en 2003 sur le Haut Rhône. L'introduction du poisson rouge est probablement plus ancienne. Le carassin a certainement été introduit au cours du xviii^e ou xix^e siècle.



Archigan à grande bouche
(© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

La plupart des espèces introduites dans le Rhône, à l'exception du hotu et de la carpe, colonisent préférentiellement les zones à courant faible ou nul. Néanmoins, les espèces de grande taille, comme le silure ou le sandre, peuvent occuper la plupart des habitats fluviaux. L'enrochement des berges est très favorable aux silures de petite taille, aux perches-soleils et aux poissons-chats.

Quel est l'impact des espèces introduites ?

Toute introduction d'espèce dans un milieu présente potentiellement des risques pour l'équilibre de l'écosystème. Ces risques sont principalement liés à :

- une compétition entre espèces pour les ressources alimentaires, les zones de reproduction ou les abris ;
- une prédation directe et intensive, comme cela pourrait être le cas pour le silure ;
- l'introduction d'agents pathogènes susceptibles d'atteindre les autres espèces ;
- des hybridations préjudiciables avec les espèces autochtones.

Aucune étude sur l'impact réel des introductions dans le Rhône n'a été réalisée jusqu'à présent. Pourtant ce type d'étude serait nécessaire.

Le hotu a été activement détruit au cours des années 1970, car il a été considéré dès son expansion comme potentiellement néfaste pour la reproduction des autres espèces, en particulier de l'ombre commun. Ces pratiques n'ont plus cours aujourd'hui. La question de l'impact se pose, peut-être à tort, plus souvent pour les espèces piscivores comme le sandre et le silure. Des suivis à long terme d'espèces introduites de longue date, tendent à montrer qu'après une phase d'expansion des populations, les densités se stabilisent sans nécessairement entraîner de régression simultanée d'autres espèces. Toutefois la prudence s'impose dans des milieux larges et profonds difficiles à étudier.



Silure glane (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

Ce qu'il faut retenir

Comme ceux des autres cours d'eau, les peuplements piscicoles rhodaniens comptent depuis fort longtemps de nombreuses espèces introduites : quinze actuellement, avec des distributions spatiales variables.

Les milieux lentiques (stagnants ou peu courants) sont, à quelques exceptions près, prioritairement colonisés par ces espèces exotiques.

Les espèces introduites récemment, en particulier le silure, le pseudorasbora et le carassin doré, peuvent avoir un impact sur les populations autochtones, mais cela est loin d'être démontré.

L'altération du milieu favorise le développement des espèces introduites.

À quoi les poissons du Rhône sont-ils les plus sensibles ? Aux grands aménagements, aux pollutions ?

En écotoxicologie, des tests permettent d'exposer des organismes à des molécules toxiques pour mesurer les taux de mortalité associés à une durée d'exposition. Ces tests, utiles pour définir les risques, ne permettent pas de déterminer les impacts réels en milieu naturel où de multiples facteurs interagissent.

En écologie, il n'existe pas de méthodologie pour mesurer directement la sensibilité des poissons à des modifications de leurs conditions de vie dans le fleuve. La «sensibilité» des poissons doit se mesurer de manière indirecte en combinant des évaluations à différentes échelles spatio-temporelles et à partir de plusieurs descripteurs de la structure des peuplements et/ou des populations.

En parallèle, des mesures physiques (habitats – température de l'eau – hydrologie) permettent de rechercher des facteurs explicatifs. Sur le Rhône, les suivis hydrobiologiques des aménagements hydroélectriques et des centres nucléaires ont permis de collecter des données sur un quart de siècle. Il est ainsi possible de décrire les principales évolutions structurelles des peuplements et de tenter de les interpréter.

Les effets des pollutions sur les poissons du Rhône sont difficiles à mesurer in situ, mis à part les cas de mortalités massives.

Les espèces « caractéristiques » du Rhône avant le xx^e siècle appartiennent à trois grands groupes

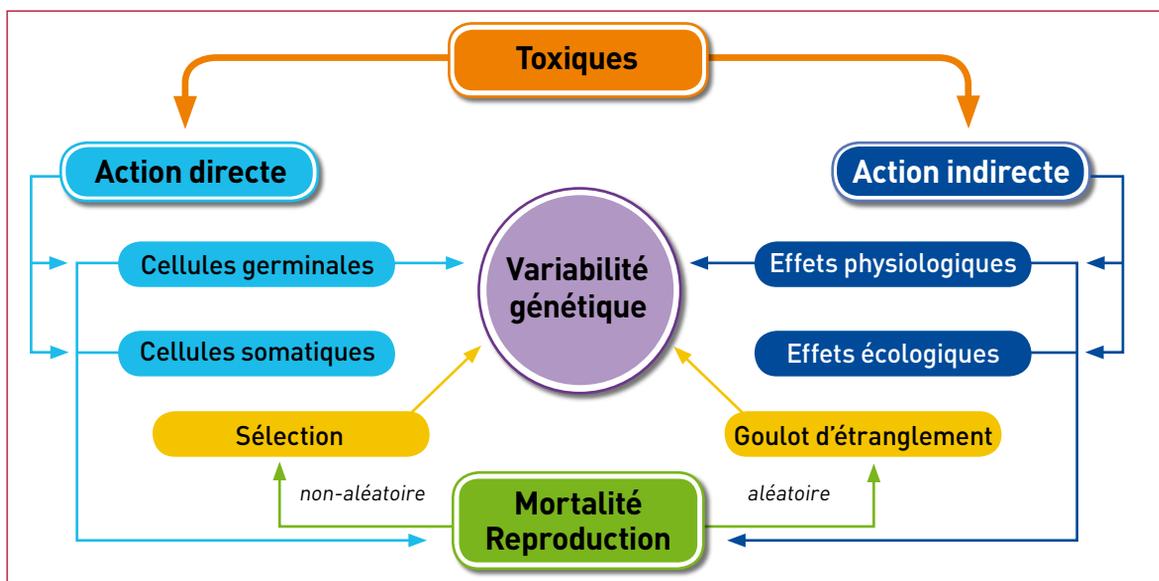
- Des espèces rhéophiles, affectionnant les eaux plutôt froides, courantes et bien oxygénées, se reproduisant sur un substrat propre et grossier (graviers, galets).
- Des espèces plutôt lénitophiles, se développant dans les secteurs calmes et les annexes fluviales, supportant bien les fortes variations de concentrations en oxygène dissous, utilisant les plantes comme support de reproduction.
- Les grands migrateurs pour lesquels le Rhône et ses affluents constituaient un axe de déplacement vers les frayères à l'amont (aloses, lamproies, esturgeon) ou un site de croissance et de maturation sexuelle (anguille).

Comment expliquer les changements observés sur les peuplements de poissons du Rhône ?

La distribution spatiale et l'importance numérique de ces populations dépend en premier lieu d'une qualité physico-chimique minimale des eaux (y compris de la température), et de la diversité et de la disponibilité des habitats nécessaires à l'accomplissement des cycles vitaux. Les espèces sont dites «sensibles» aux variables d'habitat. La pression démographique humaine, l'agriculture intensive et l'industrialisation croissantes des deux siècles passés ont dégradé la qualité des milieux aquatiques et aggravé la pollution de l'eau. Les espèces les plus sensibles comme la truite et l'ombre commun ont probablement été affectées par cette pollution. L'endiguement latéral du fleuve a réduit l'espace aquatique, de manière discontinue (secteur de Jons-Miribel par exemple), par une déconnexion et/ou destruction d'annexes fluviales propices au développement des espèces d'eaux calmes.



Le Rhône au méandre de Péage-de-Roussillon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).



Les polluants toxiques, lorsqu'ils sont disponibles dans le milieu, peuvent, après absorption par les organismes vivants, avoir une action directe sur les cellules, ou indirecte, ces actions affectant la mortalité des individus au sein des populations et le succès de la reproduction. Les éléments toxiques peuvent avoir une incidence sur la variabilité génétique (érosion du potentiel évolutif des populations, diminution de sa «fitness») au sein des population et causer des dégâts au sein de l'ADN des cellules.

La construction des aménagements hydroélectriques a modifié la diversité et la disponibilité des habitats lotiques (d'eaux courantes), fragmenté l'espace fluvial (donc entraîné un isolement plus ou moins radical des populations), banalisé une grande partie du linéaire, modifié les conditions d'écoulement des eaux et de transfert des sédiments. Ces modifications ont eu pour conséquence de limiter l'amplitude de déplacement des poissons et donc le brassage génétique, de restreindre les populations, en particulier de rhéophiles dans des habitats plus rares qu'auparavant et souvent limités aux sections court-circuitées, et de favoriser des espèces d'eau calme dans les retenues. Ainsi dans de nombreux secteurs du Rhône les populations se trouvent fragmentées et les peuplements déséquilibrés par dominance de certains groupes d'espèces.

Les effets des polluants sont souvent difficiles à estimer en raison du grand nombre de molécules véhiculées par l'eau et du manque de connaissances des effets spécifiques de ces molécules sur les poissons. Plusieurs voies sont à explorer comme cela a été fait chez le chevaine (génotoxicité, intégrité de l'ADN, taux de croissance, fécondité, succès de reproduction...).

Ce qu'il faut retenir

La plupart des espèces de poisson du Rhône possèdent des affinités marquées pour des habitats fluviaux particuliers.

L'adéquation entre leurs exigences écologiques et la nature et la disponibilité de l'habitat se traduit par le maintien des populations dans le milieu avec des effectifs compatibles avec la survie de la population. L'aménagement du fleuve, la pollution des eaux et des sédiments ont contribué à la régression des espèces les plus exigeantes au profit des plus tolérantes, le chevaine par exemple.



Le Vieux-Rhône de Chautagne à la Malourdie (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

Quels sont les milieux importants pour la vie piscicole ?

De part leur grande mobilité, leur capacité d'occupation et d'exploitation des milieux aquatiques, les poissons sont d'excellents indicateurs biologiques des habitats fluviaux. Comme les stades du cycle de vie de chaque espèce – embryon, larve, juvénile, adulte – exigent des ressources (alimentaires par exemple) et des habitats distincts, ces indicateurs sont particulièrement fins.

Le perpétuel remaniement du tracé des rives et des chenaux par les crues et le transport sédimentaire engendrent une grande diversité de formes alluviales et un emboîtement de chenaux d'âges différents dans la plaine fluviale.

Cette hétérogénéité des milieux aquatiques et semi-aquatiques est maximale lorsque les liens dynamiques qui les associent sont conservés.

Ainsi, les déplacements latéraux du chenal principal et des bras secondaires actifs, puis la progressive déconnexion des chenaux jusqu'à leur total isolement, modèlent de nombreux habitats utilisés par les poissons. Cette diversité du paysage fluvial est source de richesse piscicole.

Plusieurs échelles emboîtées, à la fois temporelles (journalières, saisonnières, annuelles ou pluriannuelles) et spatiales (une rive, une alternance de mouilles et de radiers, les chenaux d'une plaine alluviale, l'axe fluvial entre deux affluents, voire le bassin versant) participent au bon déroulement du cycle vital. Il est aisé de comprendre que la vie d'un poisson est intimement liée à la connexion des différentes entités aquatiques du fleuve.

L'exemple du barbeau



Barbeau fluvial (Barbus barbus) (© M. Ovidio, Ulg-LDPH).

Le barbeau est un cyprinidé typique de nos eaux courantes ; l'une des quatre espèces repères de la description longitudinale des rivières. Le Rhône est une zone à barbeau sur la quasi-totalité de son cours. Comme il peut vivre vingt-cinq ans et atteindre 70 cm, son cycle vital démontre l'adéquation requise entre les habitats et les exigences des poissons. Les œufs sont déposés sous les graviers dans une zone peu profonde et courante. À l'éclosion, la larve ne mesure que 9 mm.

Cachée dans les interstices du substrat, elle utilise ses dernières réserves vitellines pour atteindre 12 à 14 mm et quitter la frayère. Soumise aux aléas du courant, elle se retrouve en rive où de faibles vitesses lui permettent de se maintenir malgré sa petite taille. Elle y trouve sa nourriture : phytoplancton, zooplancton et micro-invertébrés. Dans cet espace rivulaire favorable pour sa croissance estivale, le jeune barbeau atteint 30 à 80 mm en fin d'été.

Au cours des saisons de croissance jusqu'à sa maturité, le juvénile va réaliser ce compromis énergétique entre l'abri protecteur et la prospection alimentaire sur les fonds graveleux et courants riches en macro-

invertébrés. À partir de sa quatrième année, s'il s'agit d'une femelle, sa croissance s'accélère en regard de celle d'un mâle. Il lui faut huit ans *a minima* – taille de 35 à 40 cm – pour effectuer sa première ponte alors que des mâles de trois ans seulement pourront féconder ses ovules.

À cette occasion, comme ses congénères du sexe opposé, elle peut migrer sur plusieurs kilomètres pour rejoindre une frayère. Sinon, son activité estivale quotidienne peut se limiter à moins de 200 m, alternant entre le repos diurne sous un abri ligneux et l'activité alimentaire nocturne sur le plus proche radier.

Existe-t-il vraiment des milieux indispensables ?... Demandez-le aux poissons !

■ **Le premier est constitué par la rive.** C'est une interface mobile, plus ou moins étroite, entre les eaux et la plaine alluviale. Le nombre d'espèces et les abondances augmentent avec l'hétérogénéité et le développement de la berge. Lorsque le nombre de chenaux latéraux augmente, le linéaire utile croît rapidement. Cette transition entre milieu aquatique et terrestre ou *écotone* offre une large gamme de profondeurs, de vitesses du courant et de granulométrie ; plus diversifiée encore en présence de végétation et d'embâcles.

C'est une zone privilégiée de dépôt, de production et de transformation de matières organiques à l'origine des chaînes alimentaires. Ainsi des rives naturelles et hétérogènes sont-elles propices pour toutes les tailles de poissons, et constituent-elles le premier refuge pendant les crues.

■ **Le chenal**, suivant sa configuration en termes de profondeur, vitesse d'écoulement, nature du substrat, est également de première importance. Les chenaux courants de faible profondeur et de granulométrie grossière – radiers – constituent les zones préférentielles de nutrition et de fraie pour des espèces caractéristiques du Rhône (salmonidés et cyprinidés d'eaux courantes).

La libre circulation à large échelle permet la survie des espèces anadromes – alose, truite de mer, lamproie marine et esturgeon – qui remontent pondre en eau douce et passent l'essentiel de leur vie en mer. Cette



Le chenal et ses rives (© G. Carrel, Cemagref).

circulation doit être à double sens pour assurer le retour en mer des juvéniles, parfois entrepris dans les premiers mois après l'éclosion. Les distances originellement franchies par l'aloise feinte du Rhône sont à la mesure des migrations du saumon sur les grands bassins versants atlantiques.

Cette « liberté migratoire » concerne l'anguille, une espèce catadrome, dont les jeunes stades – les civelles – remontent et grandissent dans les eaux continentales, souvent très éloignées du littoral, avant de reprendre un long et unique périple, fluvial et marin, pour frayer dans la mer des Sargasses.

Les migrations des espèces potamodromes (qui migrent dans les eaux douces du fleuve) sont moins spectaculaires, mais existent également, par exemple du chenal vif principal vers des chenaux secondaires ou des bras morts, ou vers les affluents les plus proches.

C'est le cas de la truite fario, de l'ombre commun et des cyprinidés lithophiles (qui déposent leurs œufs dans les interstices des substrats minéraux – galets et graviers) barbeau, vandoise, hotu, toxostome, blageon, chevaine, spirin – qui après des migrations plus ou moins longues, pondent dans les interstices non colmatés des graviers et des galets, oxygénés par le courant. D'autres espèces, vivant dans des eaux lentes, sont capables d'effectuer de longs déplacements pour frayer dans des secteurs végétalisés. Il s'agit surtout des brèmes commune et bordelière, gardon, rotengle, tanche... mais aussi de la perche commune. Les œufs sont déposés sur les plantes.

Par ses exigences, le brochet est emblématique des espèces phytophiles (ils collent leurs œufs sur les végétaux) car le succès de la reproduction dans les lônes et les prairies inondées témoigne de l'intégrité du fonctionnement de la plaine alluviale.

■ **Les annexes fluviales** sont aussi des nurseries pour les jeunes stades, rejointes par une migration active ou passive. Les lônes jouent un rôle essentiel dans la productivité et la diversité piscicole de la plaine alluviale.

En effet, le chenal principal est souvent assimilé à une « autoroute » du réseau fluvial par laquelle les populations d'adultes reproducteurs transitent vers l'amont et les nouvelles recrues colonisent les secteurs périphériques vers l'aval.



La Morte du Sauget, un méandre au pied du Bugey (© G. Carrel, Cemagref).



La lône des Chèvres (© G. Carrel, Cemagref).

■ **Les lônes et affluents** ont également des fonctionnalités saisonnières non associées à la reproduction. Ils peuvent être utilisés pendant la saison froide lorsque les poissons, inactifs du fait des basses températures, se protègent des aléas hivernaux.

Pendant les grandes crues, véritables ouragans par la mise en mouvement du substrat et le remaniement du paysage fluvial, ou lors de pollutions massives, ils deviennent des refuges dont la taille et l'éloignement du bras principal sont des gages de protection efficace.

Si les populations ont souffert, elles pourront se reconstituer depuis ces lieux privilégiés.

Ce qu'il faut retenir

Les poissons constituent d'excellents indicateurs biologiques de l'état écologique du fleuve, en particulier de la connexion des biotopes aquatiques.

Le bon déroulement du cycle de vie exige une diversité d'habitats fonctionnels pour leur alimentation, leur repos et leur reproduction.

Ces habitats, construits et régénérés par la dynamique fluviale, évoluent selon différentes échelles spatiales et temporelles.

Si l'intégrité et la diversité des rives, annexes et chenaux sont essentielles, c'est bien le maintien du lien dynamique entre ces composantes fluviales qui garantit le bon fonctionnement de ce vaste écosystème et la pérennité des peuplements piscicoles.

Quelles sont les actions engagées pour redynamiser le peuplement piscicole ?

Suite aux travaux d'aménagement du fleuve et au développement de la vallée du Rhône, une prise de conscience de l'état de dégradation de l'écosystème fluvial a conduit à mettre en œuvre des mesures visant à favoriser le développement des espèces de poissons du Rhône.

Ces actions concernent les grands migrateurs en particulier l'alose, et les espèces strictement dulçaquicoles fréquentant les Vieux-Rhône. De même les restaurations d'anciens bras font partie intégrante des actions bénéfiques aux peuplements.

Quelles sont les actions engagées ?

Depuis 1994, un programme consacré au retour de l'alose dans le Rhône et ses affluents (Ardèche, Cèze, Gardon) est en cours. Les écluses de Beaucaire, Avignon, et Caderousse ont été aménagées afin de créer dans l'écluse un courant spécifique («débit d'attrait» de 60 m³/s) afin d'attirer les aloses dans le sas. Ces manœuvres ont lieu deux fois par jour du 30 mars au 30 juin.

Le succès de la migration et de la reproduction des aloses dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon et dans les affluents a montré l'efficacité du procédé. Des passes à poissons ont également été construites pour permettre l'accès aux principaux affluents. En sept ans, 3,2 millions d'euros ont été investis pour la remontée des aloses.

Le programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône prévoyait notamment d'augmenter les débits réservés dans huit sections court-circuitées (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon, Canal de Miribel, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon) et de réhabiliter un certain nombre de milieux annexes (lônes, casiers Girardon sur le Bas Rhône).

– L'objectif physique est de renforcer le courant du fleuve et d'augmenter les surfaces mouillées.



Passé à poisson à Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

– L'objectif écologique est de favoriser le développement d'espèces préférant des conditions d'écoulement rapides et/ou profondes (ombre commun, barbeau fluviatile, ablette, hotu, vandoise), considérées comme typiques du fleuve avant l'aménagement.

À Pierre-Bénite, le débit minimal a été augmenté en août 2000 (de 10-20 m³/s) à 100 m³/s. Il a été augmenté en juillet 2004 en Chautagne, en juillet 2005 à Belleley et en juillet 2006 à Brégnier-Cordon. Les autres aménagements sont encore à l'étude.

– L'objectif de la réhabilitation des annexes est de recréer des milieux stagnants et protégés, connectés plus ou moins fréquemment au chenal principal, pour favoriser le développement d'espèces d'eau calme (tanche, rotengle, brochet, bouvière...) et promouvoir le rôle de nurserie joué par ces annexes pour les juvéniles. L'objectif du programme n'est pas de recréer des milieux fluviaux identiques à ceux qui existaient avant aménagement, mais d'améliorer la configuration actuelle.



Une lône à Vernaison (© GRAIE).

Ce qu'il faut retenir

Depuis les années 1990, des efforts importants ont été réalisés pour améliorer les conditions de développement des populations de poissons dans le Rhône.

La facilitation de la migration de reproduction des aloses constitue un programme important qui donne des résultats satisfaisants puisque les aloses remontent frayer dans quelques affluents (dont l'Ardèche) et dans le Vieux-Rhône de Montélimar.

Le programme décennal de restauration hydraulique et écologique planifié sur huit aménagements avait pour objectif d'améliorer les conditions écologiques des organismes typiques des milieux fluviaux. Ces actions constituent aujourd'hui des expériences « grandeur nature » dont il convient de mesurer correctement les effets.

Les actions entreprises sont-elles efficaces ?

Pour ce qui est des aloses, les résultats du suivi, notamment par radiopistage, sont encourageants car ils montrent qu'une fraction de la population d'aloses se présentant à Vallabrègues (premier obstacle majeur) parvient à franchir plusieurs écluses et se retrouve en amont de Caderousse d'où elles peuvent accéder aux frayères de la Cèze et de l'Ardèche. Toutefois l'étude montre qu'environ 30% de la population reste bloqué au premier barrage et que les barrages successifs restent très limitants. Il semble que le fonctionnement des écluses puisse être encore amélioré.

Par ailleurs anguilles et lamproies devraient faire l'objet d'une attention particulière, la première étant en déclin depuis des années et la deuxième restant visiblement bloquée à Vallabrègues.

À Pierre-Bénite, les effets attendus ont été constatés lors du suivi post-restauration. Néanmoins, un suivi sur le long terme est nécessaire pour permettre de conclure de manière certaine. Sur le Haut Rhône, les données recueillies après augmentation du débit réservé sont trop récentes pour conclure. La réhabilitation des annexes fluviales offre aux poissons des aires de ponte, de grossissement des juvéniles et des refuges qui avaient été partiellement ou totalement asséchés.

Alors...

Le fait que l'augmentation des débits réservés et que la réhabilitation des annexes puisse améliorer le fonctionnement du fleuve constitue un enjeu majeur du programme de restauration. La réponse à cette question ne pourra être apportée qu'après plusieurs années de suivi des peuplements dans les secteurs concernés.

Peut-on prévoir les effets du changement climatique sur les poissons du Rhône ?

La dernière décennie a été la plus chaude du siècle et la température va probablement continuer à augmenter dans le futur. Les conclusions publiées en 2007 par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) annoncent en regard de la dernière décennie une augmentation des températures moyennes de + 1,1 à + 6,4 °C à l'horizon 2100. Parallèlement à ce réchauffement, la fréquence des événements climatiques extrêmes (tempêtes, sécheresses et crues) devrait également augmenter.

Le suivi thermique du Rhône (voir question 02-06 «Le Rhône se réchauffe-t-il?») a montré une hausse remarquable des températures printanières, estivales et automnales ainsi qu'une précocité du réchauffement printanier (figure 1). Cette modification graduelle du climat se traduit par une instabilité du fonctionnement écologique de l'hydrosystème rhodanien. Les organismes, déjà soumis à de fortes pressions anthropiques, subissent des contraintes environnementales supplémentaires.

Quel est l'état des lieux ?

L'analyse des chroniques piscicoles rhodaniennes des vingt-cinq dernières années montre quatre types de modifications.

- **Les effectifs des espèces d'eau chaude** (thermophiles) ayant les aires de répartition biogéographique les plus méridionales ont graduellement augmenté au détriment d'espèces d'eau froide (psychrophiles) et plus septentrionales (figure 2). Dans le secteur de Bugey, cela s'est traduit par un effondrement des abondances de la vandoise et une augmentation de celles du spirilin, du chevaîne et du barbeau.
- **Parallèlement à ces changements structurels du peuplement**, l'abondance totale est en forte hausse. Elle est essentiellement couplée à deux phénomènes :
 - les abondances de juvéniles de l'année sont de plus en plus importantes car le recrutement des cyprinidés est favorisé par la concomitance des températures élevées et des faibles débits ;
 - les abondances des espèces de petite taille, comme le spirilin et la bouvière, sont en augmentation.

■ Au cours des vingt-cinq dernières années, trois nouvelles espèces ont été observées : le silure, le carassin argenté et le pseudorasbora. Indépendamment de ces introductions, le nombre d'espèces augmente localement. Cela résulte de l'inertie de la disparition des espèces originelles par rapport à l'apparition, par migration, d'espèces adaptées au nouveau contexte hydroclimatique. En effet, la régression des

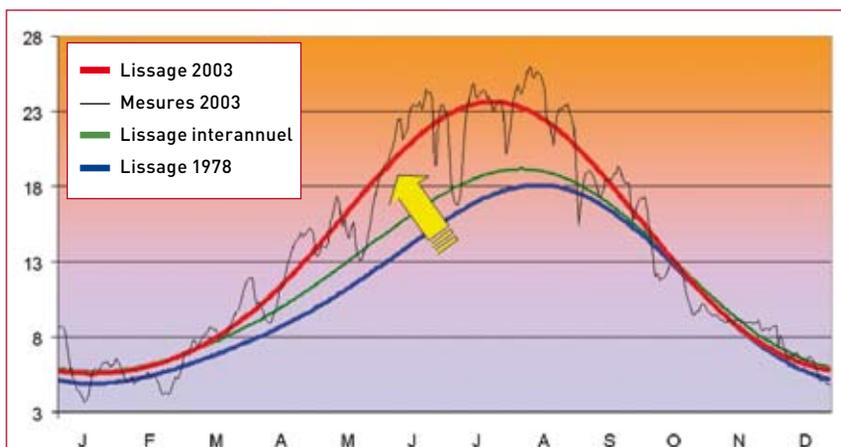


Figure 1 - Évolution saisonnière de la température du Rhône à l'amont de la centrale nucléaire de Bugey. Une année froide (1978) est mise en opposition avec l'année la plus chaude (2003) de la chronique. Les données utilisées pour le lissage de 2003 sont également représentées. La flèche indique la déformation générale et progressive de la courbe, expliquant la précocité actuelle du réchauffement printanier. Ce phénomène est observé sur l'ensemble du fleuve. Données EDF-DTG Grenoble. (© A. Poirel, EDF DTG - G. Carrel, Cemagref)

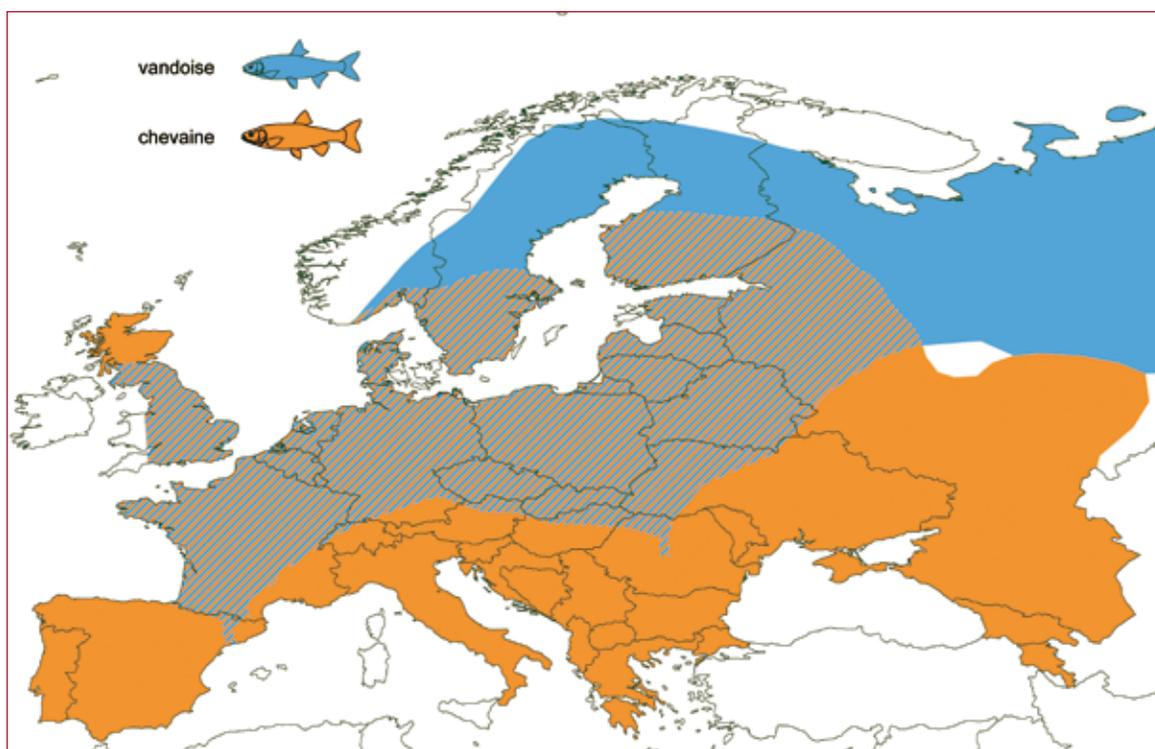


Figure 2 – Aires de répartition européenne de deux cyprinidés rhéophiles du genre *Leuciscus* : le chevaine et la vandoise; d'après l'ouvrage de Bruslé et Quignard (2001) Biologie des poissons d'eau douce européens. Fond de carte ESRI's Digital Chart of the World. (Sources S. Alleaume, G. Carrel et M. Daufresne, Cemagref)

espèces originelles s'effectue graduellement, après plusieurs générations, et non brutalement. Cette augmentation de la richesse spécifique est donc transitoire.

- Dans ce contexte changeant, l'abondance totale est de plus en plus inégalement répartie entre les espèces. Le peuplement est progressivement dominé par un petit nombre d'espèces. Cela relève d'une baisse de la biodiversité.

Quelles pourraient-être les modifications dans le futur ?

Bien que non encore enregistrées au niveau des peuplements piscicoles, l'analyse des communautés de macro-invertébrés benthiques a mis en évidence des modifications brutales des assemblages faunistiques. En particulier, des changements structurels immédiats ont accompagné la canicule de l'été 2003.

Indépendamment de ces événements climatiques extrêmes, le changement climatique global augmente graduellement la sensibilité des communautés à la variabilité environnementale d'origine naturelle et/ou anthropique. Cette sensibilité exacerbée peut provoquer l'altération brutale des assemblages dans un contexte environnemental ne relevant pas de situations exceptionnelles. Ces altérations auront des effets sur les peuplements de poissons.

Ce qu'il faut retenir

Les espèces thermophiles et méridionales se développent aux dépens d'espèces d'eau froide et septentrionales. L'abondance totale augmente du fait des juvéniles et d'espèces de petite taille. La richesse spécifique augmente transitoirement. La répartition des abondances entre espèces est de plus en plus inégale. La sensibilité accrue aux contraintes naturelles et anthropiques et des événements climatiques extrêmes plus fréquents, pourraient entraîner des modifications brutales des assemblages piscicoles.

Quelle est la situation de la pêche amateur aux engins et de la pêche professionnelle ?

Il existe trois types de pêche ; la pêche amateur aux lignes, la pêche amateur aux engins et aux filets, et la pêche professionnelle. Que l'on ait affaire à des pêcheurs amateurs ou professionnels, la pêche aux engins est pratiquée par des passionnés. Cette activité très physique et technique est dépendante des conditions climatiques et obéit à des rythmes saisonniers. Les pêcheurs aux engins perpétuent dans la plupart des cas une pratique familiale.

La pêche professionnelle a été brusquement interrompue à partir de septembre 2005 au niveau de Lyon.

Cette interdiction est remontée jusqu'à Sault-Brénaz en 2006 et s'est étendue progressivement à l'aval jusqu'à l'embouchure (juillet 2007) par suite d'une succession d'arrêtés préfectoraux interdisant la consommation du poisson pêché dans le Rhône en raison de la contamination par les PCB. La situation est évolutive.

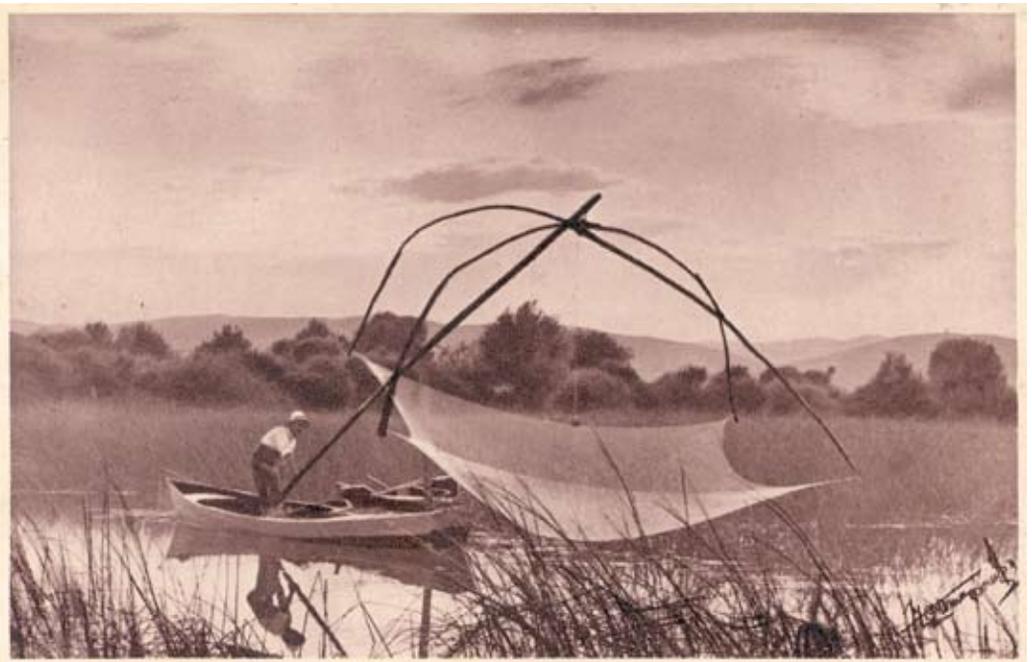
Les pêcheurs professionnels sont les seuls autorisés à vendre le produit de leur pêche. Ils peuvent aussi utiliser un nombre plus important d'engins que les amateurs.

Le métier est en forte évolution et les pêcheurs qui se sont installés ces dernières années dans le bassin Rhône-Méditerranée ont suivi des formations qualifiantes et élaborent de véritables projets professionnels. De plus, l'arrivée de réglementations sanitaires contraignantes se traduit par des investissements importants en matériel.

Où se pratique la pêche aux engins ?

La pêche amateur aux engins se pratique tout le long du Rhône. Le nombre de pêcheurs aux engins et filets est en diminution, comme celui des autres catégories de pêcheurs.

La pêche professionnelle existe sur le Rhône mais reste marginale (moins de 20 pêcheurs encore en activité). En effet, dans le bassin Rhône-Méditerranée, la pêche professionnelle est surtout pratiquée dans la Saône aval, dans les grands lacs alpins (Annecy, Bourget et Léman) et



Pêcheur
au carrelet
(© droits
réservés).



Pêcheur au carrelet à Vallabrègues (© Photothèque MRM / F. Gardin 2007).

dans les lagunes méditerranéennes dont certaines lagunes de Camargue. Le faible nombre de pêcheurs professionnels sur le Rhône provient sans doute de la difficulté de garantir une production régulière. C'est pourquoi, le représentant des pêcheurs de la Saône et du Rhône amont dans les années 1980-1990 a milité pour la prise en compte de la pluriactivité lors de l'établissement du statut de pêcheurs professionnels, qui ne requiert d'ailleurs que 600 heures de travail annuel. En outre, le fleuve est fortement aménagé (digues, barrages, usines hydroélectriques) et accueille diverses autres activités dont la navigation et le tourisme fluvial, ce qui ne facilite pas la pratique de la pêche professionnelle.

La coexistence des pêcheurs aux lignes et des pêcheurs aux engins, qu'ils soient amateurs ou professionnels, est souvent difficile et conflictuelle. Sur le Rhône, la situation est plutôt calme du fait d'un partage des secteurs. En effet, les plans d'eau et les abords de centrales, très appréciés par les pêcheurs aux lignes, sont peu fréquentés par les pêcheurs aux engins. Les secteurs délaissés par les pêcheurs aux lignes sont par ailleurs exploités par les pêcheurs aux engins.

Comment sont organisées la police et la gestion de la pêche ?

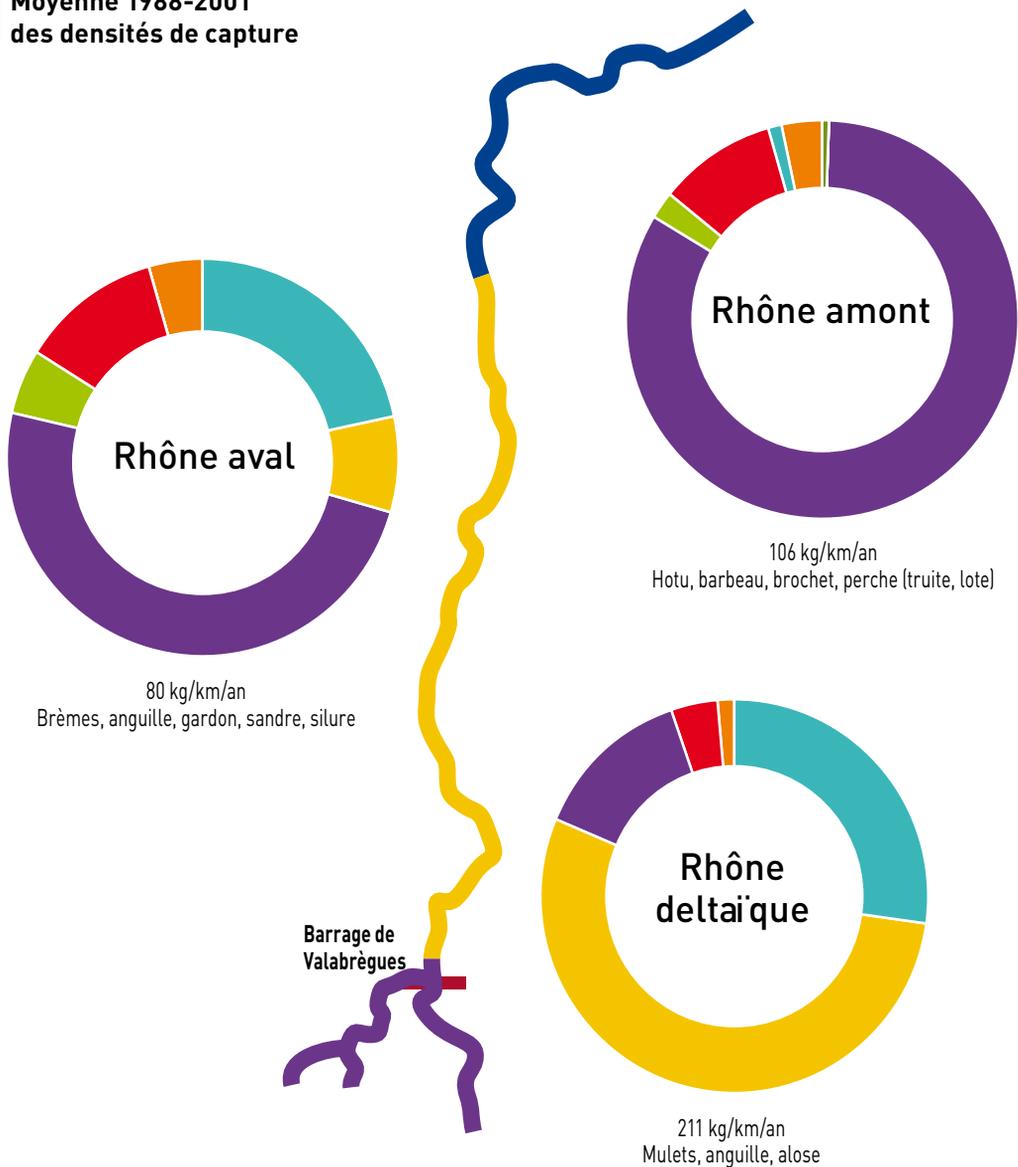
Sur le Rhône trois services de l'État interviennent :

■ **Le Service Navigation Rhône-Saône (SNRS)** gère le domaine public fluvial du Rhône. Il rédige un cahier des charges par département, qu'il soumet ensuite à la signature du préfet de département. Ces cahiers des charges qui concernent les « baux de pêche », sont valables pour une durée de cinq ans. Ils détaillent le partage du linéaire du Rhône en secteurs dits « lots » de pêche et précisent pour chacun de ces lots s'il est ouvert aux différents types de pêche ainsi que le montant des loyers. Les trois catégories de pêcheurs peuvent parfois coexister sur un même lot.



Pêcheurs à Vallabrègues (© MRM).

**Moyenne 1988-2001
des densités de capture**

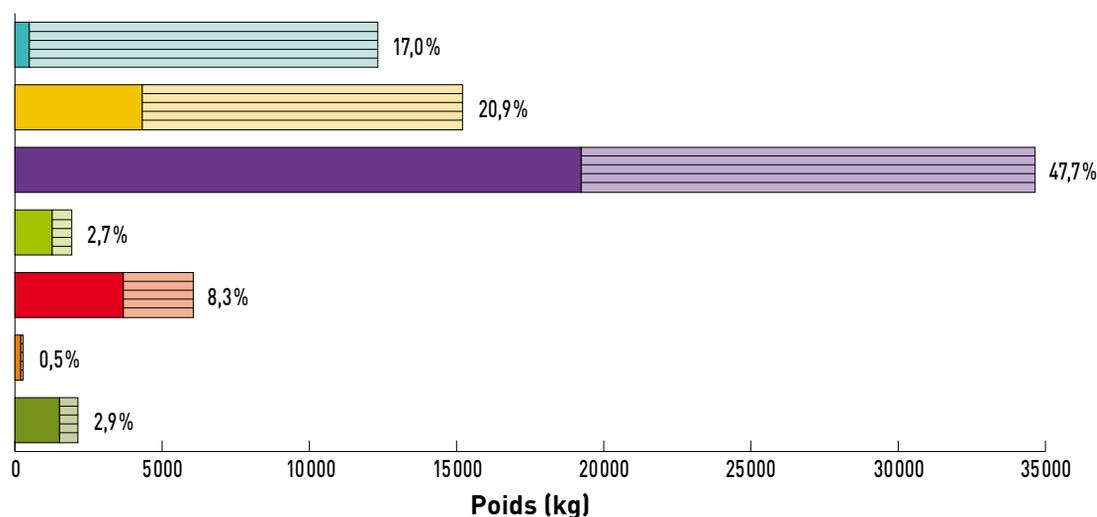


Moyenne 1988-2001 des densités de capture (en kg/km) estimées sur les différents secteurs du Rhône (Rhône amont, aval et deltaïque) avec précision des types d'espèces et des espèces majoritaires ou remarquables entre parenthèses.
(Source : Suivi national de la pêche aux engins, ONEMA)

- Anguille
- Autres migrateurs
- Grands cyprinidés (Blancs)
- Petits cyprinidés (Friture)
- Carnassiers
- Salmonidés
- Autres captures

■ Les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) fixent le cadre général ou « police de la pêche » puisqu'elles sont chargées de proposer aux préfets des arrêtés départementaux permanents et/ou annuels fixant en particulier les dates d'ouverture et de fermeture de la pêche, les espèces pouvant être pêchées, les techniques autorisées, les zones sur lesquelles la pêche ne peut être pratiquée, dites « réserves de pêche ». Ces éléments sont discutés au préalable au sein d'une commission technique départementale de la pêche réunissant les parties prenantes.

Moyenne 1988-2001 des captures estimées



Évolution Moyenne 1988-2001 des captures estimées sur le Rhône (Rhône amont, aval et deltaïque) pour les pêcheurs aux engins, amateurs (plein) et professionnels (hachuré).

(Source : Suivi national de la pêche aux engins, ONEMA)

- Anguilles
- Autres migrateurs
- Grands cyprinidés (Blancs)
- Petits cyprinidés (Friture)
- Carnassiers
- Salmonidés
- Autres captures

■ **L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques** (ONEMA – ancien CSP) est chargé sur le terrain d'établir des procès-verbaux en cas de non-respect de la réglementation de la pêche. Il organise également la collecte des données de pêche auprès des pêcheurs aux engins dans le cadre du suivi national de la pêche aux engins. Cet organisme joue aussi un rôle important d'appui technique aux services de l'État, de suivi et d'expertise des peuplements piscicoles.

Comment est organisée la pêche ?

Les pêcheurs sont organisés en associations en fonction du type de pêche pratiquée et du secteur de pêche. Ainsi les pêcheurs professionnels du Rhône sont représentés par deux associations selon qu'ils pratiquent sur le Rhône aval et la Méditerranée ou sur le Haut Rhône.

Les pêcheurs amateurs aux engins sont organisés en associations départementales qui sont intégrées aux fédérations départementales des associations agréées de pêche et de protection du milieu aquatique (FDAAPPMA).

Ce qu'il faut retenir

Il existe trois types de pêche ; la pêche amateur aux lignes, la pêche amateur aux engins et aux filets et la pêche professionnelle.

La pêche aux engins amateur ou professionnelle est pratiquée sur le Rhône par des passionnés qui perpétuent dans la plupart des cas une pratique familiale.

Les eaux souterraines



Quelles sont les caractéristiques des eaux souterraines d'une plaine alluviale ?

Une rivière, un fleuve en fond de vallée ne sont que la partie visible des eaux qui s'écoulent. Un volume d'eau important circule dans les terrains alluvionnaires d'une vallée, souvent connecté au cours d'eau dont l'étiage est soutenu par cet apport. C'est une ressource utilisée pour l'eau potable et l'irrigation qu'il faut absolument préserver.

Qu'est ce qu'un aquifère ?

Un aquifère est un milieu solide contenant de l'eau pouvant circuler de façon naturelle ou être mobilisée de façon artificielle (pompage). La présence d'une nappe d'eau souterraine dans le sous-sol est révélée par le recoupement d'un plan d'eau lors du forage de puits ou par la présence de sources. L'eau souterraine circule aisément lorsque le milieu qui la contient est suffisamment perméable.

Dans les aquifères, la zone « saturée » est l'ensemble du milieu solide et de l'eau. L'aquifère est suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre l'écoulement d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables. Au-dessus de la zone saturée, l'aquifère peut comporter une zone « non saturée » où la présence d'eau peut être épisodique (au cours de la saison pluvieuse par exemple).

En France, le stock d'eau souterraine est évalué à 1000 milliards de m³ contre seulement 7 milliards de m³ pour celui des eaux de surface (lacs et barrages). L'apport des pluies efficaces (pluies totales – évapotranspiration) est évalué à 170 milliards de m³/an dont 70 milliards de m³ contribuent au ruissellement de surface et 100 milliards de m³ à l'écoulement souterrain retardé. Ce sont ces eaux qui alimentent les aquifères. Le pompage pour l'alimentation, l'eau potable et l'irrigation sont les principales utilisations de l'eau souterraine.



La plaine de Bièvre-Valloire (© CLE SAGE Bièvre-Liers-Valloire)

Quels types de nappes trouve-t-on le long du Rhône ? En quoi sont-elles différentes ?

On distingue différents types de nappes en fonction de la nature géologique des aquifères qui les contiennent : les aquifères de socle, les aquifères karstiques, les aquifères alluviaux que l'on rencontre tout au long de la vallée du Rhône.

Le long du Rhône ce sont les nappes libres des aquifères alluviaux qui sont les plus fréquentes. Elles ont été formées par le dépôt des alluvions du fleuve. Les nappes alluviales sont plutôt constituées de galets, de sables et de graviers. Il s'agit d'aquifères homogènes ou continus à perméabilité d'interstices.

D'autres types d'aquifères sont hétérogènes ou discontinus à perméabilité de fissures (calcaires karstifiés, roches volcaniques, granitiques ou gréseuses) dans lesquelles l'eau circule. Les formations molassiques constituent un aquifère très important pour toute la vallée du Rhône. La nappe est de bonne qualité dans la partie sud de ces formations (Bas-Dauphiné) et assure un soutien au débit d'étiage des cours d'eau et des nappes plus récentes. Quand elles sont faiblement perméables, leur exploitation est assez limitée.

La vitesse d'écoulement des eaux souterraines est variable : 0,5 à 2 km/an (1 à 5 m/jour) pour les nappes d'alluvions des grandes vallées comme le Rhône, 30 à 300 km/an (100 à 1 000 m/jour) pour les nappes d'alluvions grossières des vallées alpines, un à plusieurs dizaines de kilomètres par jour pour les aquifères karstiques.

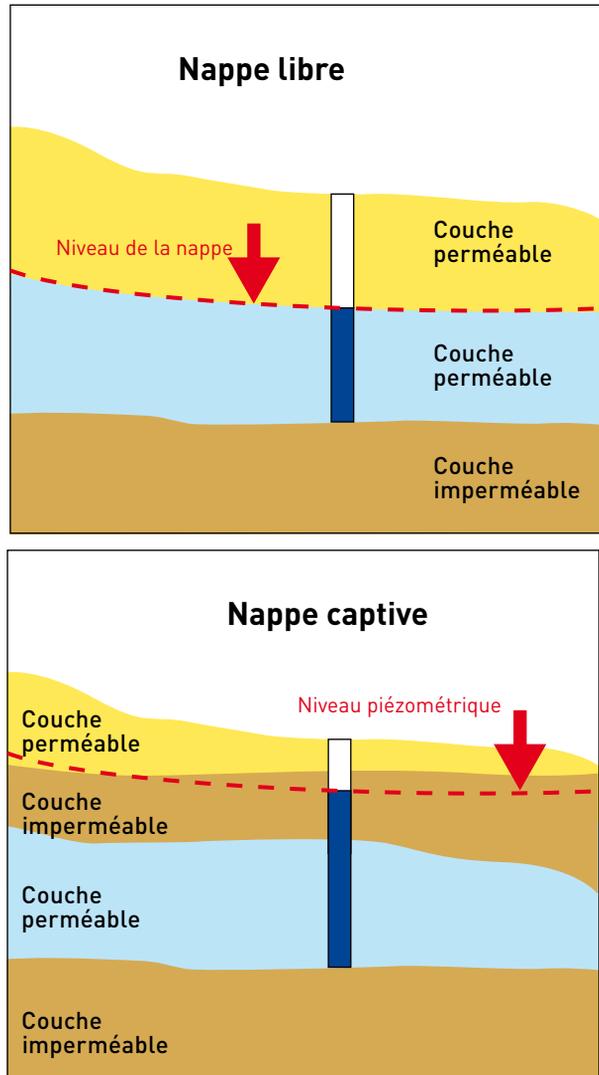


Schéma de fonctionnement d'une nappe (en haut nappe libre, en bas nappe sous pression dite captive car contrainte entre deux couches imperméables). Source Laboratoire SITE - EMSE

Un exemple de nappe importante pour la contribution à l'alimentation en eau du Rhône : la plaine alluviale de Bièvre-Valloire.

Dans la région du Bas-Dauphiné à mi-distance entre Lyon et Valence, le bassin de Bièvre-Valloire constitue une vaste dépression orientée Est-Ouest, entre la cluse de l'Isère et le Rhône. L'absence de cours d'eau important sur ce bassin d'environ 650 km² indique que les eaux superficielles s'infiltrent et alimentent un aquifère important qui affleure en émergences (fontaines de Manthes et Beaurepaire) et dont l'exutoire final est constitué par la nappe alluviale du Rhône sur la commune de Saint-Rambert-d'Albon (26), à quelques kilomètres au sud de Péage-de-Roussillon (38).

Les dépôts fluvio-glaciaires constituent le magasin aquifère. Il s'agit d'un aquifère à surface libre qui joue aussi un rôle de drain vis-à-vis des formations molassiques, elles aussi aquifères, dans lesquelles s'inscrit la plaine. L'épaisseur de l'aquifère varie entre 20 et 30 m sous la haute terrasse de la Plaine du Liers à l'amont et peut atteindre 40 m dans la plaine de Bièvre. L'écoulement de la nappe s'effectue d'Est en Ouest, suivant un gradient moyen relativement important de 5,5%. La valeur de perméabilité des alluvions les plus récentes et à granulométrie grossière est élevée et de l'ordre de 10⁻² m/s. Cette nappe représente une des contributions les plus importantes au Rhône (2,5 à 3,5 m³/s) sur l'ensemble du bassin.

Quelles sont les relations entre la nappe alluviale et le fleuve, pendant la période de hautes eaux et pendant la période de basses eaux (étiage) ?

Les nappes alluviales peuvent se comporter vis-à-vis du fleuve comme :

- un milieu d'écoulement préférentiel vers la surface ;
- un milieu perméable connecté à la rivière, pouvant accueillir une partie de l'eau du fleuve (par infiltration en entrée de méandre par exemple) ;
- une combinaison des deux.

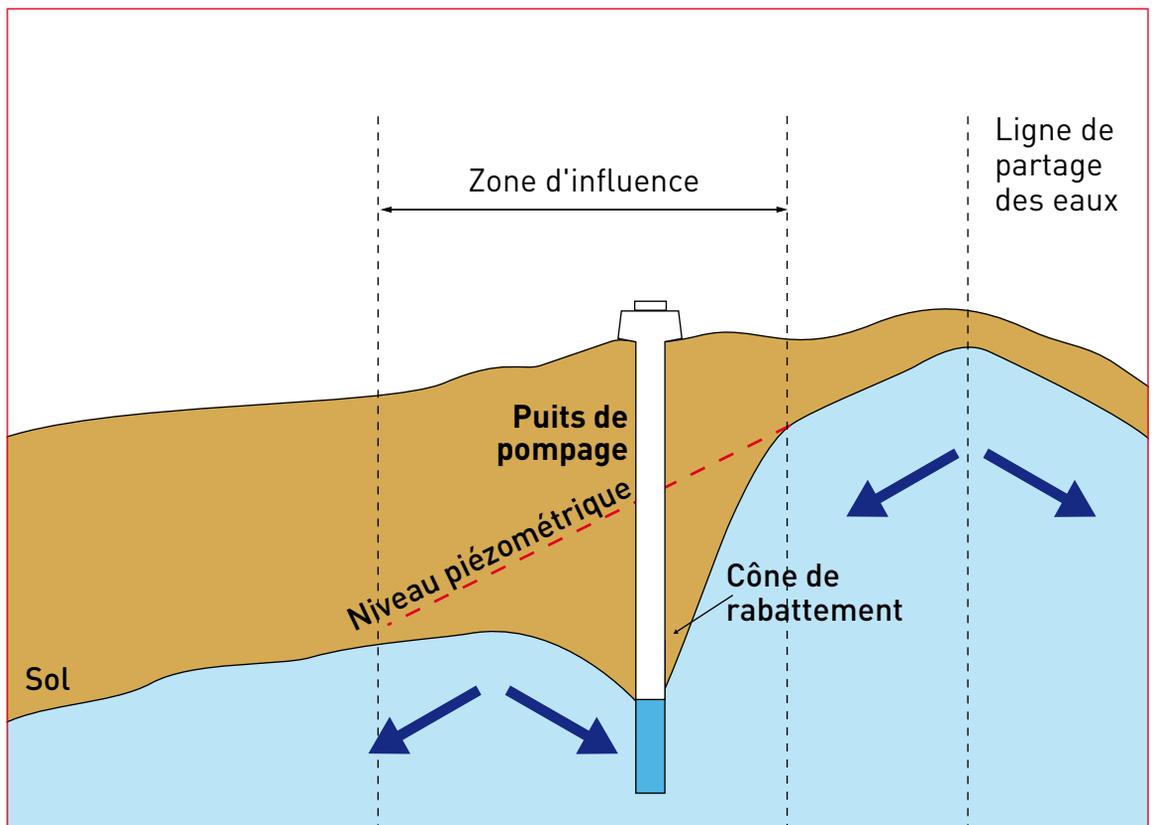
Niveau piézométrique : altitude ou profondeur (par rapport à la surface du sol) de l'interface entre la zone saturée et la zone non saturée dans un aquifère. Ce niveau varie en fonction de l'état de la recharge de l'aquifère ou des prélèvements exercés (pompages).

En période de basses eaux, le fleuve draine la nappe qui contribue à soutenir son débit d'étiage ; en hiver lorsque le niveau d'eau dans la rivière est plus élevé, c'est le fleuve qui alimente la nappe.

Comment détecter la présence d'une nappe et la caractériser ?

La prospection des aquifères alluviaux est réalisée par différentes méthodes :

- reconnaissance géologique du réservoir aquifère : sondages mécaniques, géophysiques électriques ou sismiques ;
- étude du fonctionnement hydrodynamique : essais par pompage dans un puits ou une nappe permettant de tester les caractéristiques de l'aquifère telle que sa transmissivité (perméabilité multipliée par son épaisseur) et sa porosité, suivi du niveau piézométrique de la nappe, étude de la qualité des eaux de la nappe (naturelle et influencée) ;
- étude des vitesses d'écoulement et des temps de renouvellement à l'aide de traceurs ;
- modélisation pour simuler les écoulements.



Effet d'un pompage d'eau souterraine sur le niveau piézométrique de la nappe.

Quelques exemples de nappes le long du Rhône. Entre le lac Léman et la mer Méditerranée, le cours du Rhône est morcelé en une succession de biefs connectés avec les nappes alluviales qui peuvent alimenter ou drainer le fleuve selon les conditions hydrogéologiques. Latéralement d'autres nappes plus ou moins importantes sont connectées directement au fleuve ou à la nappe alluviale du Rhône et contribuent à l'alimentation du fleuve. Le débit du fleuve est dépendant des débits des affluents qui l'alimentent mais aussi des apports depuis ces aquifères, qui ont un rôle important pour le soutien du débit du cours d'eau à l'étiage.

Au débouché du lac Léman, le fleuve a creusé son lit dans une vallée alluviale constituée de molasses et de moraines d'origine glaciaire après le passage en cluses au travers des chaînons du Jura.

À l'amont de Lyon, le fleuve s'encaisse entre la Dombes et les dépôts fluvio-glaciaires de la plaine de l'Est lyonnais. Le substratum molassique est creusé par des vallées remplies de dépôts fluvio-glaciaires perméables. L'écoulement des nappes s'effectue d'Est en Ouest en direction du Rhône dans l'agglomération lyonnaise.

Entre Lyon et Valence, la vallée du Rhône est dissymétrique ; elle est bordée à l'est par les formations fluvio-glaciaires du Bas-Dauphiné. Le cours d'eau est encore en équilibre avec une nappe proche de la surface. En rive gauche, on trouve une succession de petits bassins comprenant des nappes alluviales plus ou moins développées. La contribution des apports issus des nappes des formations aquifères molassiques y est également marquée. Enfin, au sud d'Orange, se superposent plusieurs nappes d'eau souterraine.

Ce qu'il faut retenir

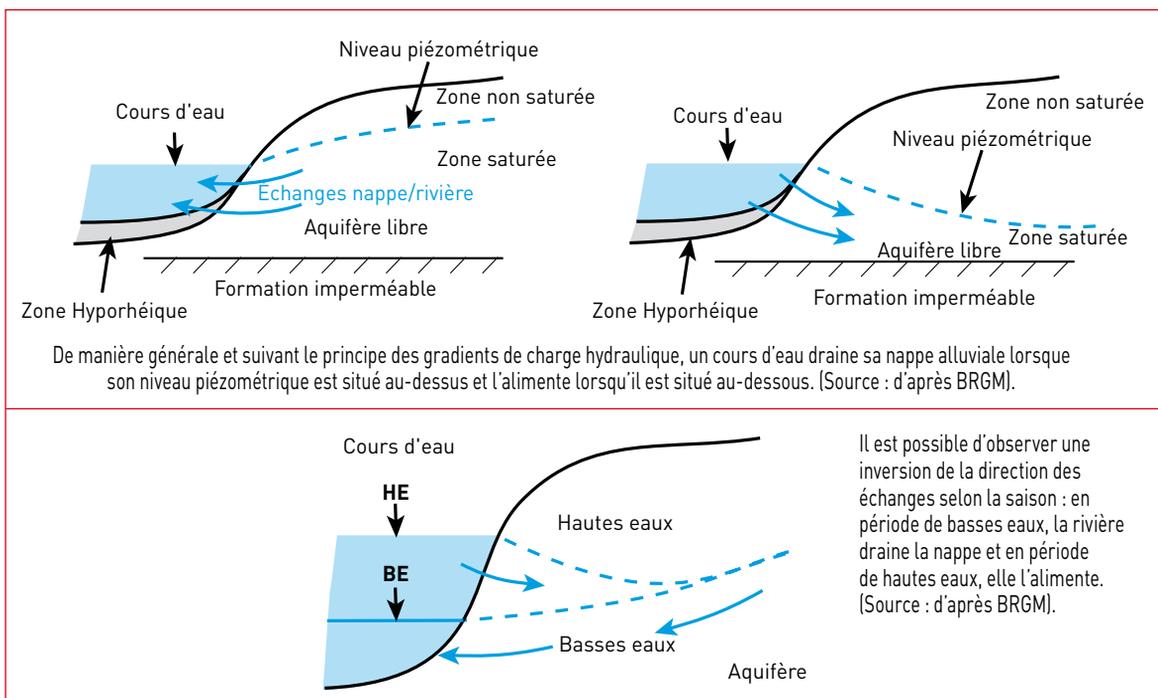
Un aquifère est un milieu dans lequel les eaux souterraines peuvent circuler.

Le sens de circulation des eaux souterraines dépend des conditions de pente des formations géologiques qui les contiennent et des connexions possibles avec d'autres éléments de l'hydrosystème (fleuves, lacs, étangs) qui peuvent apporter de l'eau aux nappes ou en sous-tirer (alimentation ou drainage). Les nappes les plus fréquentes le long du Rhône sont les nappes libres.

Les volumes d'eau souterraine dépendent des conditions climatiques et plus particulièrement de la pluviométrie. Les nappes d'eau souterraine réagissent à ces conditions moins rapidement que les eaux superficielles.

Les nappes d'accompagnement du fleuve sont-elles de bonne qualité ?

La composition des eaux de la nappe alluviale en relation avec le Rhône varie suivant l'origine des eaux, les proportions variables de mélange entre les eaux du Rhône et celles de nappes de versant ou d'origine plus lointaine et en fonction des apports en éléments contaminants issus des activités humaines (pressions agricoles, urbaines ou industrielles).



Zone hyporhéique : elle correspond aux interstices saturés en eau situés sous le lit du cours d'eau et dans les rives qui contiennent une certaine proportion d'eau du chenal. C'est une zone de transition où se font les échanges entre les eaux du cours d'eau et les eaux souterraines.

Caractéristiques géochimiques intrinsèques

De manière générale, les eaux liées au Rhône sont de type bicarbonaté-calcaïque avec une dureté ou un titre hydrotimétrique de 15 à 16 °F, variant suivant la contribution des apports latéraux. Ceux-ci sont entre 16 et 36 °F pour les apports en provenance des formations calcaires et marno-calcaires et d'alluvions anciennes en rive gauche, en revanche les apports en provenance de terrains cristallins en rive droite abaissent sensiblement la dureté de la nappe alluviale principale. À l'approche de la Méditerranée (Camargue), l'eau acquiert un faciès chloruré sodique en liaison avec des apports d'eau influencés par la mer et surtout par la forte évaporation qui concentre en sel les nappes de surface.

Paramètres qui reflètent les activités humaines

Les suivis de qualité sont réalisés par l'Agence de l'eau, le contrôle sanitaire sur les ouvrages de captage utilisés pour l'eau potable par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS), l'auto-surveillance des installations industrielles à risque pour l'environnement réalisés par la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE). Les principales perturbations constatées sont liées aux activités artisanales et industrielles en périphéries des grandes agglomérations et des sites chimiques



Vignes dans le sud de Vienne (© F. Barratier, AE RM&C).

(solvants chlorés, hydrocarbures), et aux activités agricoles et viticoles (pesticides, nitrates) dans les secteurs de plaine et sur les terrasses cultivées.

■ **Solvants chlorés, hydrocarbures** : les valeurs anormales concernent plus particulièrement le sud de Lyon et le couloir de la chimie, en liaison avec des pollutions historiques et les activités actuelles des industries chimiques présentes.

■ **Pesticides** : les points à concentrations anormales se situent dans les secteurs sous l'influence de cultures arboricoles ou viticoles, où l'on rencontre des concentrations pouvant dépasser localement les seuils de potabilité (soit 0,1 µg/L par molécule ou 0,5 µg/L pour la somme des molécules). Ils s'observent notamment dans la moyenne vallée du Rhône entre Vienne et Valence, dans la plaine du Tricastin, puis pour le Rhône aval dans la nappe alluviale de rive droite entre Pont-Saint Esprit et Beaucaire.

On note également la présence de certaines pollutions historiques toujours présentes dans la nappe au droit et à l'aval de sites spécialisées dans la fabrication des produits agro-pharmaceutiques (par exemple à Sorgues – 84).

■ **Nitrates** : les nitrates présentent en général des valeurs inférieures au seuil de potabilité (50 mg/L), avec toutefois des valeurs jusqu'à 25 – 40 mg/L qui témoignent des influences agricoles, notamment dans la plaine du Tricastin, ou au confluent du Lez à Bollène [26]. Cette situation est à porter au bénéfice des entrées d'eau non contaminées depuis le Rhône avec un effet de dilution des concentrations élevées apportées par les eaux infiltrées localement dans la nappe.

Il faut remarquer toutefois que les concentrations sont sensiblement plus élevées, avec des dépassements des normes pour l'eau potable, dans certaines nappes de terrasses (plateau de Louze à Roussillon [38] ou, plaines de Valence et Montélimar [26] par exemple).

D'autres contaminations ponctuelles par des micropolluants métalliques ou minéraux liés aux activités économiques actuelles ou passées sont connues le long du cours du fleuve. Des dispositifs de fixation de ces pollutions ont parfois été mis en place, mais avec des efficacités qui peuvent être variables.

Ce qu'il faut retenir

La qualité des eaux souterraines accompagnant le fleuve est en général bonne avec cependant des contaminations dues aux activités artisanales et/ou industrielles et aux activités agricoles et viticoles dans les plaines et sur les terrasses cultivées.

En cas de pollution du fleuve, la nappe est-elle affectée ?

Le cours du fleuve est jalonné de nombreux sites industriels, grandes agglomérations et voies de transport qui représentent des risques de pollution considérables.

La question du risque de transfert des polluants entre le fleuve et la nappe alluviale, par ailleurs fortement sollicitée pour l'alimentation en eau potable, revêt une importance particulière dans la vallée du Rhône.

Les risques de transfert d'éléments polluants

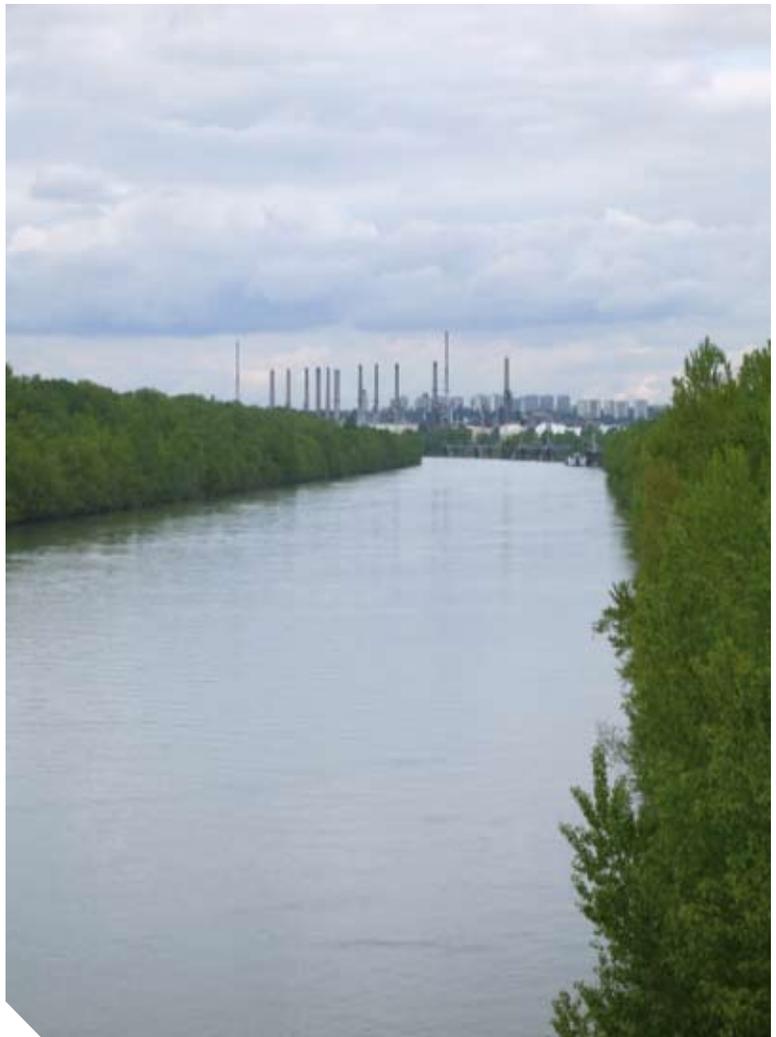
Les transferts d'éléments polluants depuis le fleuve vers les nappes sont directement liés :

- aux conditions d'échange entre le fleuve et sa nappe qui varient en direction, sens et intensité suivant les tronçons du fleuve ou les rives considérées ; elles varient aussi dans le temps en fonction de la position de la ligne d'eau du fleuve et de l'état de recharge de la nappe ;
- à la nature des produits polluants incriminés et à leur concentration dans le fleuve ;
- à la nature des berges et du fond du lit, et à leur rôle épuratoire potentiel, vis-à-vis du produit polluant présent.

Des recherches sur l'effet filtre des berges ont été engagées au milieu des années 1980 sur certains sites de la vallée du Rhône : sites de captage de Crépieux-Charmy (alimentation de l'agglomération lyonnaise) et Ile du Grand Gravier à Grigny (69).

Le devenir des composés minéraux, organiques et métalliques, régi par les conditions de pH, de température et d'oxydo-réduction, a été décrit grâce à différents essais in situ et en colonnes, traçages contre berge, et analyses comparées de l'eau du Rhône et de l'eau de la nappe.

Ces études ont montré que les sites dépendaient à 80% de l'alimentation depuis le Rhône et que les berges se comportaient comme de véritables réacteurs bio-géochimiques.



Le canal de Pierre-Bénite depuis le pont de Vernaison – 69 (© GRAIE).



La rive droite du Rhône en aval de Beauchastel (© P. Gaydou).

On se trouve dans une situation à risque dans les secteurs où la nappe se situe sous alimentation du fleuve, c'est-à-dire lorsque la ligne d'eau du fleuve est plus haute que la surface de la nappe, soit de manière naturelle (notamment en hautes eaux du fleuve, ou encore à l'amont de certains méandres du fleuve ou de barrages), soit de manière induite lorsqu'un pompage ou un groupe de pompage en nappe déprime la surface piézométrique de la nappe. Du fait de la dispersion des molécules de produits polluants au sein de l'aquifère, la vulnérabilité de la nappe décroît avec la distance par rapport aux points d'entrée.

Les éléments susceptibles de migrer le plus facilement vers les eaux souterraines sont ceux qui sont les plus miscibles à l'eau, les moins biodégradables et les moins facilement adsorbables sur les minéraux ou les matières organiques.

Les éléments les plus à risques vis-à-vis d'un transfert vers les eaux souterraines sont les anions (nitrates, phosphates, chlorures), les pesticides, et les organochlorés. En revanche les éléments métalliques ou les PCB sont peu mobiles et s'adsorbent ou se complexent facilement avec les minéraux ou la matière organique et sont moins susceptibles de pénétrer dans la nappe. Les hydrocarbures peu miscibles ont aussi moins de facilité pour migrer dans la nappe.

La filtration se manifeste également au sein des alluvions à distance des berges ce qui constitue une deuxième «autodéfense» de l'aquifère. La troisième protection du milieu souterrain est réalisée par la dispersion du polluant à son passage dans l'aquifère d'où il résulte qu'une pollution chimique du Rhône de faible concentration pourra dans certaines conditions ne pas avoir de conséquence notable sur la qualité de la nappe.

À noter qu'une surveillance de la qualité des eaux du fleuve est réalisée de manière régulière à l'amont ou au droit de certains champs captants, majeurs pour l'alimentation en eau potable. Une surveillance est ainsi réalisée en continu et de manière automatique à la station de Ternay (69) à l'aval de l'agglomération lyonnaise et des sites chimiques. Grâce à des seuils d'alerte définis pour chaque paramètre mesuré, en cas de pollution du fleuve, un message d'alerte est envoyé aux autorités compétentes et aux gestionnaires des captages d'eau potable situés à proximité pour qu'ils puissent prendre les dispositions nécessaires.

Ce qu'il faut retenir

En cas de pollution du fleuve la nappe peut ne pas être affectée grâce aux protections naturelles dont elle bénéficie : effet filtre des berges et du lit du fleuve, puis dilution et dispersion des pollutions au sein des alluvions dans la nappe.

Ces protections naturelles sont toutefois relatives et s'avèrent inopérantes en cas de pollution accidentelle majeure du fleuve.

Les aménagements du Rhône perturbent-ils les nappes ?

Les aménagements du fleuve ont eu des conséquences importantes sur les équilibres qui prévalaient à l'origine. Ces effets étaient à la fois quantitatifs et qualitatifs sur les nappes en relation avec le fleuve, avec des effets induits sur les milieux naturels (en particulier sur la végétation et le fonctionnement biologique de la zone hyporhéique située sous le lit du fleuve dans le premier mètre de sédiments).

Dans les secteurs du Rhône qui ont fait l'objet d'études piézométriques détaillées, l'abaissement du niveau de la nappe est le suivant :

- tronçon court-circuité de Chautagne : 1 à 1,5 m à Serrières; 5 à 6 m à l'aval du barrage de Motz;
- Belley : 0,2 à 0,3 m dans le Vieux-Rhône, 0,5 m au marais de Lavours;
- Brégnier-Cordon : 1,5 m dans le Vieux-Rhône au droit de Champagneux;
- tronçon court-circuité de Pierre-Bénite : 1,5 m à 3,9 m en rive droite, 1,5 m à 2,3 m en rive gauche;
- tronçon court-circuité de Péage-de-Roussillon : 1,5 m s'ajoutant à un premier abaissement de 1,5 m consécutif à l'aménagement Girardon;
- tassement des terrains qui tendent à s'affaisser avec parfois des impacts sur le bâti (fissures). Les riverains ont observé le phénomène sur plusieurs bâtiments en Chautagne (Serrières). Cet effet de tassement s'est aussi fait sentir sur certaines voies de communication comme le CD 57 entre Vions et Chindrieux, en Chautagne.

Modification des niveaux de la nappe

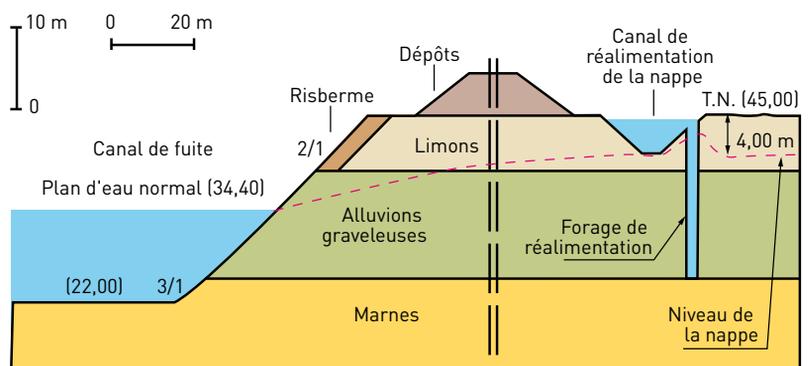
La nappe alluviale de la vallée du Rhône est directement influencée par le fleuve qui règle son niveau dans les plaines alluviales, et qui peut tout à la fois constituer l'exutoire ou contribuer à alimenter la nappe suivant les secteurs et l'état hydrologique.

La réalisation de la série de retenues par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a eu des répercussions sur le niveau de la nappe :

- le toit de la nappe est surélevé au niveau des retenues et des canaux d'amenée en amont des barrages et des usines hydroélectriques;
- il est abaissé en aval de ces ouvrages au niveau des canaux de fuite et des tronçons court-circuités. La CNR a pris des dispositions pour limiter ce phénomène.

Pour prévenir les exhaussements de nappe, des contre-canaux de drainage (plus de 200 km sur le Bas Rhône) ont été réalisés en bordure des endiguements. Ils se jettent dans le fleuve en aval des ouvrages de retenues. L'objectif essentiel est d'éviter l'inondation des caves ou les remontées capillaires dans les constructions. Des dispositions ont aussi été prises pour assurer la pérennité de l'assainissement dans les zones affectées avec mise en place de grands collecteurs débouchant sur des stations de pompage.

Il a en revanche été plus difficile de prévenir les abaissements de nappe. La CNR n'y est parvenue que localement par la mise en place de seuils dans certains tronçons court-circuités. À Donzère par exemple, il a fallu réaliser sur 13 km, le long du canal de fuite un dispositif coûteux de réalimentation de la nappe par réinjection d'eau dans le sol.



Aménagement hydraulique de la vallée du Rhône. Schéma de réalimentation de la nappe le long du canal de fuite de Donzère-Mondragon (source CNR).

Le canal de fuite ayant abaissé la nappe d'une dizaine de mètres, un canal de réalimentation a été installé dans la plaine. Des forages permettent d'injecter son eau dans les alluvions et de relever la nappe de 5 à 6 m.



Baix-le-Logis-Neuf (© Photothèque CNR)

Impact des contre-canaux de drainage :

Les contre-canaux de drainage contribuent à diminuer l'importance du battement de la nappe, le niveau piézométrique variant moins qu'auparavant au cours de l'année en de nombreux secteurs.

Ce phénomène peut contribuer à favoriser le colmatage progressif du fond du lit du Rhône, et par conséquent réduire les échanges entre le fleuve et sa nappe. À titre d'exemple, la nappe dans le secteur de Péage-de-Roussillon variait avant aménagement d'environ 5 à 6 m au cours de l'année en fonction des variations de ligne d'eau du fleuve. Cette variation serait limitée actuellement à 1 ou 2 m. En Chautagne, l'amplitude de variations du niveau de la nappe s'est considérablement amortie depuis la mise en service du barrage. D'une amplitude maximale égale à 3 m, la nappe est passée à une amplitude de moins de 1 m.

L'exhaussement des niveaux des nappes a conduit en certains secteurs à la modification des caractéristiques et de la qualité des eaux, avec apparition de fer et de manganèse. Dans certains cas, le fer et le manganèse ont posé ou posent problème pour l'exploitation des puits de captage d'eau potable en nappe (voir question 08-02 « Les nappes d'accompagnement du fleuve sont elles de bonne qualité ? »).

Réduction de la recharge des nappes par les eaux du Rhône

L'aménagement concourt à limiter la recharge de la nappe par l'eau superficielle par :

- une diminution importante des zones d'expansions de crues ;
- le colmatage du fond et des berges du fleuve liés au ralentissement général du courant et à la stabilisation des nappes par les contre-canaux.

Cependant, il n'est guère possible d'établir le bilan de ces processus d'autant qu'ils se superposent aux modifications locales de niveau au sein de chaque aménagement.

Impact sur l'alimentation en eau

La nappe alluviale du Rhône est un réservoir d'eau potable pour de nombreuses agglomérations de la vallée (Lyon, Valence, Montélimar, Beaucaire, etc.), et même plus lointaines comme Nîmes.

La nappe est aussi très sollicitée par les grandes industries de la vallée en particulier par les industries chimiques et par l'agriculture.

En dehors de quelques réaménagements (approfondissement ou déplacement de captages en nappe) rendus nécessaires en raison du dénoyage de puits d'exploitation antérieurs aux aménagements, le principal impact des aménagements du Rhône s'est fait ressentir dans des secteurs où le niveau d'eau de la nappe avait été relevé.

Conséquences sur les milieux naturels

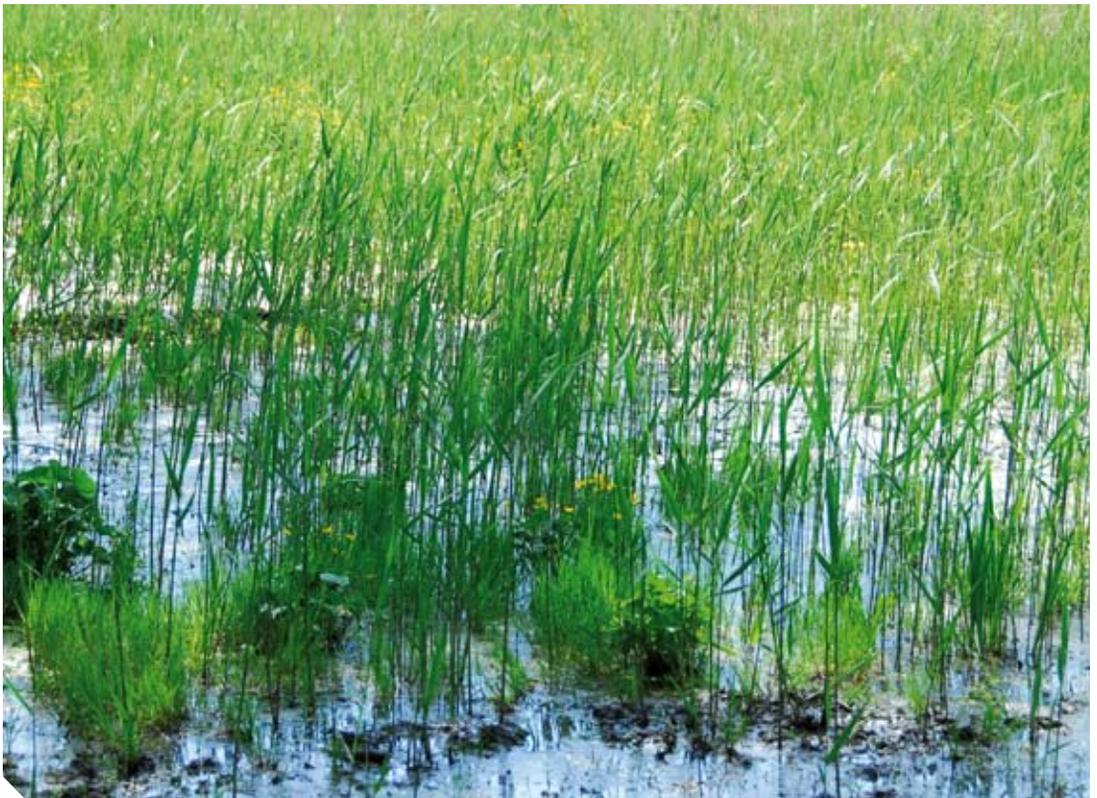
La nappe souterraine joue un important rôle de connexion entre les différentes parties de l'écosystème fluvial, en particulier entre le fleuve et ses annexes (bras morts, marais, etc.). Les effets diffèrent selon que l'on a un abaissement ou un relèvement de la nappe.

■ **L'abaissement des niveaux de nappe** constaté en différents secteurs s'est répercuté sur la plaine alluviale du Rhône avec des conséquences diverses :

- assèchement de zones humides (marais, prairies, etc.) ;
- diminution du niveau des lînes qui se transforment en systèmes clos dont l'eau n'est plus renouvelée et qui se comblent progressivement et rapidement ;
- modification de la végétation de la plaine alluviale, avec évolution de la forêt de bois tendre vers la forêt de bois dur.

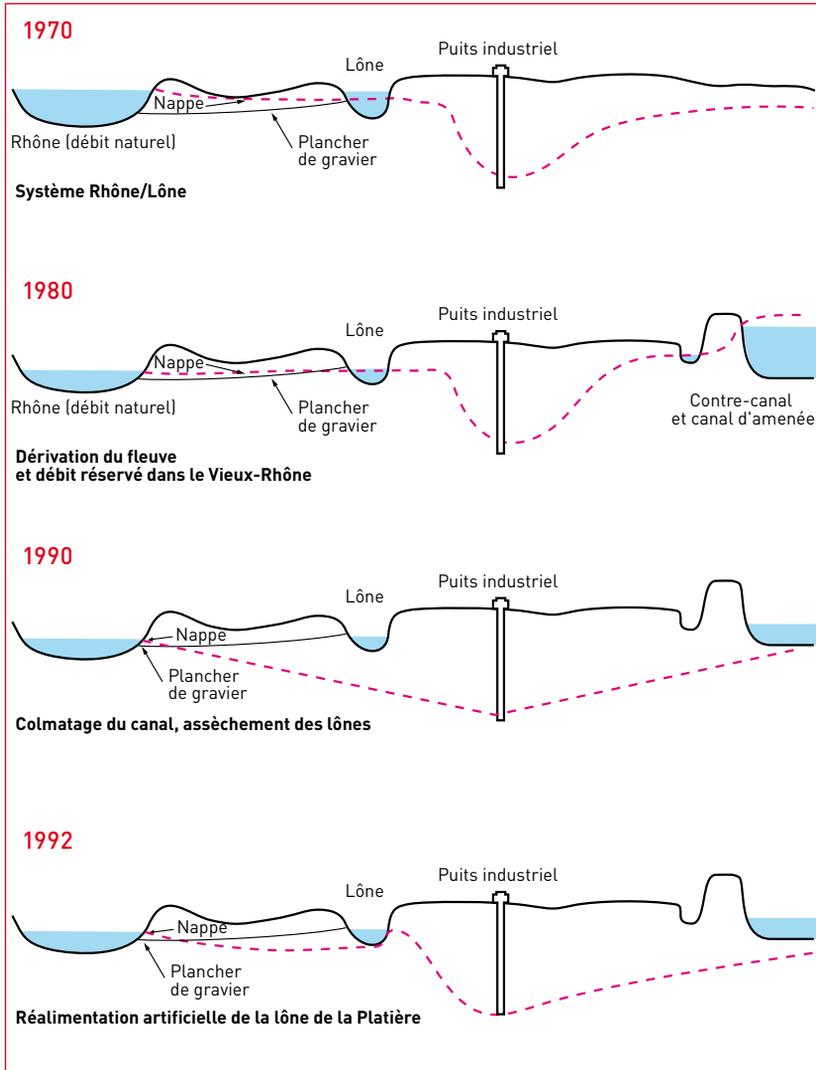
De fortes perturbations ont été enregistrées ou s'enregistrent encore en particulier dans les secteurs :

- de Chautagne et Lavours : perte du caractère humide des marais, réduction de densité de nombreuses espèces inféodées aux milieux humides, progression des espèces de bois dur, apparition de nouvelles associations végétales, progression d'espèces opportunistes ;
- du Rhône court-circuité par l'ouvrage de Pierre-Bénite qui a fait depuis l'objet d'un programme de restauration, avec relèvement du débit réservé de 10 à 100 m³/s, remise en eaux de certaines lînes et exhaussement du niveau de la nappe qui reste malgré tout faible ;
- de Péage-de-Roussillon : à l'abaissement du toit de la nappe dû à l'ouvrage hydroélectrique s'ajoute le rabattement dû à des pompages importants par les industries chimiques.



Marais de Lavours, une zone humide à préserver (© G. Poussard).

■ **Le relèvement de la nappe**, moins fréquent, provoque un rajeunissement des milieux et des modifications de la végétation. La remontée de la ligne d'eau a parfois été bénéfique pour la remise en eau de certaines lônes (par exemple la lône des Pêcheurs à l'amont du barrage de Jons en amont de Lyon). Ces remontées peuvent toutefois être à l'origine d'une asphyxie de la végétation avec mortalité des saules, peupliers et aulnes glutineux ainsi que des vergers comme en amont de la retenue du barrage de Péage-de-Roussillon.



Évolution de la nappe alluviale du Rhône au niveau de l'île de la Platière
(Source Association des Amis de l'île de la Platière)

Ce qu'il faut retenir

Les aménagements du Rhône réalisés entre les années 1970 et 1980 ont eu des conséquences importantes sur les nappes liées au Rhône malgré les aménagements annexes consentis pour en limiter les effets (contre-canaux en particulier).

Les abaissements ou relèvements des niveaux de nappe et la perturbation des échanges entre nappe, Rhône et annexes fluviales, a conduit à une modification des équilibres qui prévalaient à l'origine.

La conséquence la plus visible est l'assèchement d'un certain nombre de milieux humides exceptionnels dépendant de la nappe. Il faut aussi noter certaines perturbations enregistrées pour l'usage en eau potable de la nappe avec une modification dans les caractéristiques des eaux et l'apparition de concentrations importantes en fer et manganèse. Aujourd'hui on tend vers un nouvel équilibre avec des efforts en faveur de la restauration des milieux humides dégradés mais sans pouvoir escompter un retour même approximatif à la situation qui prévalait à l'origine.

Toutes les eaux souterraines sont-elles aptes à l'alimentation en eau potable (AEP) ?

Les eaux de nappe s'avèrent de manière générale de meilleure qualité pour la consommation humaine que les eaux superficielles car elles bénéficient de protections naturelles plus efficaces vis-à-vis des perturbations extérieures.

En cas de pollution, (en particulier nitrates, pesticides, solvants chlorés, hydrocarbures pour la nappe alluviale du Rhône), elles en propagent moins rapidement les effets, mais a contrario les temps de rémanence des polluants en nappe sont plus longs. Le milieu filtrant et perméable favorise un certain niveau d'auto-épuration de l'eau souterraine. Mais les nappes aquifères alluviales libres (voir question 08-01 « Quelles sont les caractéristiques des eaux souterraines d'une plaine alluviale ? ») demeurent des milieux vulnérables surtout si la vitesse à laquelle peut circuler l'eau souterraine qu'elles contiennent est élevée (forte perméabilité).



(© GRAIE)

Les nombreux champs de captage qui ont été créés dans les nappes du Rhône pour l'alimentation en eau potable des communes qui jalonnent le cours du fleuve, doivent être surveillés et protégés. À certains endroits, là où les activités anthropiques sont importantes et mal organisées, l'eau de la nappe n'est pas directement consommable sans traitement. Parfois les traitements sont tellement coûteux ou compliqués qu'il vaut mieux abandonner les captages et connecter le réseau d'adduction en eau potable à d'autres captages produisant une eau conforme du point de vue physico-chimique et bactériologique aux eaux de consommation.

En effet, elles ne sont pas aussi bien protégées que les nappes captives dont le toit est plus étanche ; toute pollution à partir de la surface peut se propager très rapidement en quelques heures ou quelques jours dans les puits de captage en fonction de leur rayon d'influence. Cette sensibilité à la pollution est accentuée par la faible profondeur des nappes d'accompagnement du Rhône.

La non potabilité des eaux souterraines peut avoir plusieurs origines

- Des pratiques agricoles mal contrôlées ou non raisonnées utilisant par exemple des engrais azotés ou des fertilisants qui ont lessivés immédiatement après une période pluvieuse non anticipée, des labours trop profonds entraînant l'infiltration dans le sol de substances polluantes et toxiques.
- Le traitement mal adapté des rejets industriels dû aux dysfonctionnements de stations d'épuration industrielles (quand elles existent).
- Le développement des zones habitées en milieu rural sans assainissement non collectif conforme (les fosses septiques des habitations individuelles ou des lotissements n'étant pas toujours reliées à un dispositif d'épuration complémentaire efficace qu'impose la réglementation des Services Publics d'Assainissement Non Collectif (SPANC) – épandage, lagunage, filtre à sable, bassins à macrophytes...

Dans les zones de montagne, le salage trop systématique des routes peut provoquer une dégradation de la qualité de l'eau des sources et du fleuve. Le cas des zones de littoral est particulier. Les eaux des nappes alluviales situées près de la mer peuvent être chargées excessivement en chlorures si les captages sont



Zone de captage de Croix-Luizet – Crépieux-Charmy (© Le Grand Lyon/ J. Léone)

situés dans la zone dite de biseau salé (pénétration de la mer dans les terres ou le fleuve). L'eau qu'ils produisent n'est pas potable et non utilisable pour l'irrigation.

Une gestion intégrée

Une gestion intégrée conjointe des eaux de nappes et des eaux de surface doit donc être conduite pour garantir la potabilité des ressources en eau souterraine avant qu'elle ne se dégrade davantage. Ces réserves sont stratégiques pour les générations futures. C'est dans ce sens qu'œuvre la DCE (Directive Cadre européenne sur l'Eau).



Captage d'eau potable dans la nappe de la Valloire à Manthes (© CLE SAGE Bièvre-Liers-Valloire).

Ce qu'il faut retenir

Les eaux de nappes s'avèrent, de manière générale, de meilleure qualité que les eaux superficielles car les terrains jouent un rôle de filtre sur certains polluants.

Cependant, les nappes alluviales sont plus sensibles que les autres à la pollution de par leur faible profondeur et le fait qu'elles ne sont pas protégées de la surface par un toit étanche.

Dans certaines zones le long du fleuve, les eaux de la nappe alluviale sont non potables pour diverses raisons : pollutions agricoles ou industrielles, salage excessif des routes, pénétration de l'eau de mer en zone littorale.

Quelles sont les menaces qui pèsent sur les eaux souterraines ?

La raréfaction des eaux souterraines n'est pas encore à l'ordre du jour sous nos latitudes. Cependant, on observe de plus en plus souvent de manière récurrente ou chronique une baisse du niveau des nappes phréatiques surtout lorsqu'elles sont surexploitées et que leurs conditions de recharge sont modifiées.

Ces modifications peuvent être causées par une baisse du niveau d'un cours d'eau réalimentant la nappe, une période de sécheresse prolongée diminuant les apports de pluie efficace et prolongeant la période d'étiage, des extractions abusives de matériaux dans les nappes alluviales.

Les changements climatiques attendus devraient aussi avoir une influence sur les conditions de recharge des nappes à partir des rivières, notamment dans les têtes de bassins versants (fonte et recul des glaciers). Enfin, l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle et réelle va nécessiter davantage d'eau pour les cultures et pourrait également contribuer à la diminution de la ressource en eau souterraine.

Les alluvions caillouteuses sans sol ni limon, typiques des nappes alluviales, présentent un risque maximal pour toutes les substances. Au contraire une couverture de sol et limon non saturée retarde une pollution par les hydrocarbures ou des métaux (ayant tendance à se fixer sur les argiles et les matières organiques), mais cette protection ne fonctionne pas pour d'autres polluants tels que les organo-halogénés ou des électrolytes anioniques qui ne se fixent pas. Le risque de pollution de la nappe par les berges d'un cours d'eau pollué est très limité si elles sont colmatées ou imperméabilisées.

La qualité en danger

Les eaux souterraines représentent une ressource précieuse mais fragile de par les nombreux risques de pollution ou de modifications des niveaux (voir questions 08-02 à 08-05). La vulnérabilité des aquifères varie en fonction du type de pollution et de la nature du sol au-dessus de l'aquifère quand il existe.

La vulnérabilité des aquifères aux pollutions s'analyse en deux composantes.

■ **La vulnérabilité intrinsèque** correspond aux caractéristiques du milieu naturel qui détermine la sensibilité des eaux souterraines à la pollution. Elle peut être définie selon plusieurs critères :

- critères de surface : topographie, pédologie ;
- critères propres à la zone non-saturée : profondeur de nappe, battement ou hydromorphie, perméabilité verticale, structure ;
- critères propres à la zone saturée : type de nappe, structure, épaisseur, paramètres hydrodynamiques, relations nappes-cours d'eau, recharge.

■ **La vulnérabilité spécifique** « définit la vulnérabilité à un polluant ou à un groupe de polluants » et prend en compte les spécificités des polluants en relation avec la vulnérabilité intrinsèque.

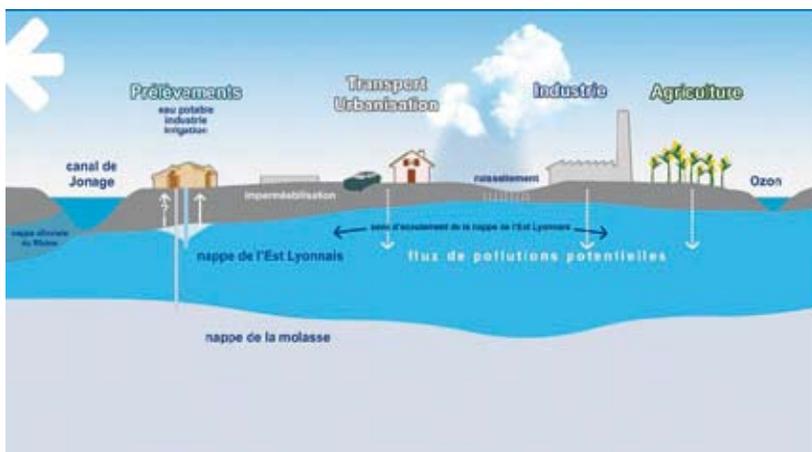
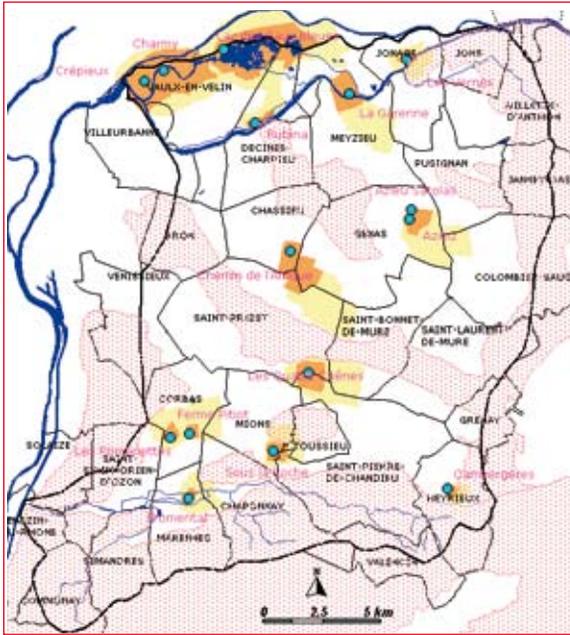
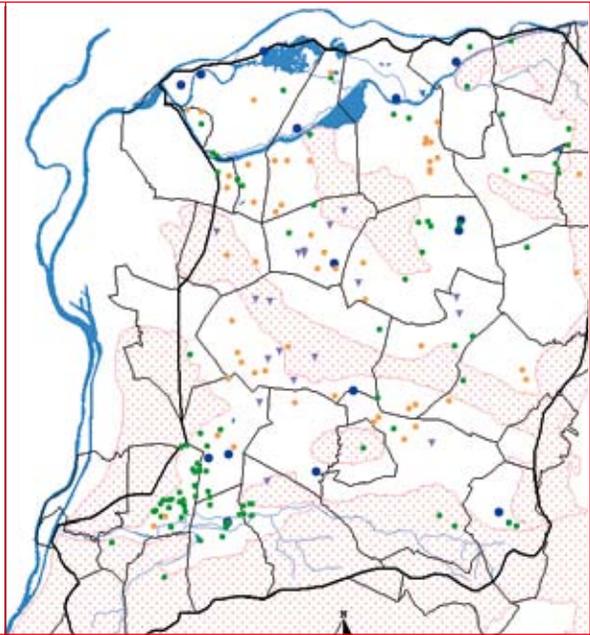


Schéma des pressions sur les eaux souterraines de l'Est lyonnais (© SAGE Est lyonnais, Département du Rhône).



Carte des périmètres de protection d'alimentation en eau potable dans l'Est lyonnais (© SAGE Est lyonnais, Département du Rhône).

- Captage d'eau potable
- Protection des captages d'eau potable
- Périmètre de protection rapproché
- Périmètre de protection éloigné



Carte des prélèvements dans l'Est lyonnais (© SAGE Est lyonnais, Département du Rhône).

- Captage d'eau potable
- Prélèvement d'irrigation (non exhaustif)
- Prélèvement industriel (non exhaustif)
- ▼ Prélèvement en nappe de la molasse
- Périmètre du SAGE

Il faut distinguer dans les risques de pollution les pollutions diffuses et les pollutions ponctuelles dans le temps et l'espace, qui peuvent être accidentelles. Les premières se font à grande échelle (apports agricoles, retombées atmosphériques) ou peuvent être dues à des teneurs inhabituelles en éléments chimiques présentes dans les sols d'une région.

Les secondes sont plutôt liées à des dysfonctionnements d'installations industrielles ou au transport de matières dangereuses pouvant provoquer des rejets toxiques dans le milieu naturel. Le sabotage volontaire de captages n'est pas un risque à exclure mais il reste heureusement très marginal.

Il faut protéger les captages d'eau souterraine

Les nappes alluviales sont d'une grande vulnérabilité (absence de protection, faible profondeur, risque de propagation rapide de la pollution des cours d'eau) et il faut donc protéger les captages qui y sont faits. Les périmètres de protection définis par la réglementation (avec trois niveaux : immédiate, rapprochée et éloignée) constituent des outils de protection s'ils sont correctement dimensionnés et si les prescriptions et servitudes associées sont respectées.

Actuellement tous les captages ne sont pas protégés par les trois périmètres réglementaires et en particulier le périmètre de protection rapproché qui doit prendre en compte la nature géologique de l'aquifère. Le périmètre immédiat concerne la parcelle cadastrale sur laquelle sont construits les ouvrages. Le périmètre éloigné correspond en général aux limites du bassin versant ou du sous-bassin versant dans lequel se situe le captage.

Ce qu'il faut retenir

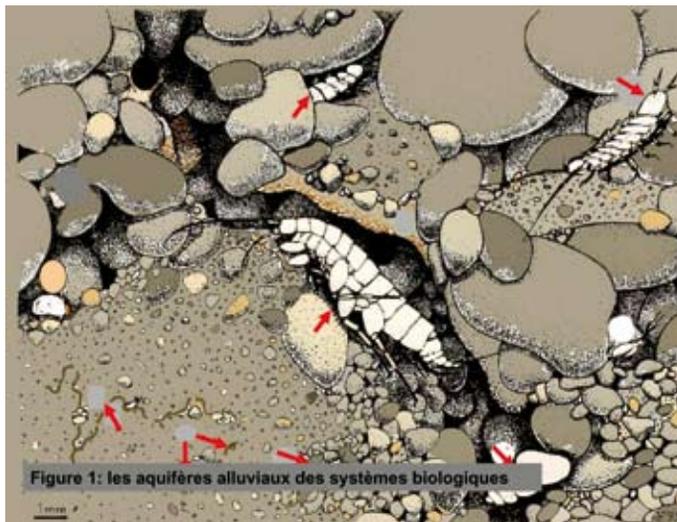
Les menaces qui pèsent sur les eaux souterraines de la nappe du Rhône concernent plus la qualité de ces eaux que la quantité disponible.

Le maintien de cette qualité doit passer par une concertation entre gestionnaires et usagers de la ressource en eau.

Existe-t-il une vie dans les eaux souterraines du Rhône ?

L'eau souterraine, chaînon essentiel du cycle de l'eau, est un vaste milieu biologique. Sous nos pieds, sous les cours d'eau et les lacs existent des eaux souterraines où la vie est présente. «L'écologie souterraine» étudie la faune qui colonise ce milieu extrême.

Les nappes contenues dans les alluvions quaternaires déposées par les glaciers et les cours d'eau hébergent des organismes de taille millimétrique ou inférieure dont l'habitat normal se trouve dans les interstices existant entre les grains de sable ou les graviers.



(© D.-L. Danielopol 1994).

Des faunes diverses dans l'obscurité souterraine

Les organismes vivant dans les eaux souterraines sont constitués d'un mélange d'espèces provenant des eaux de surface et d'espèces typiques des eaux souterraines profondes. Ceci est particulièrement net dans les zones de contact présentant un fort lien avec les cours d'eau, comme le sous-écoulement ou zone hyporhéique. Les espèces provenant des eaux de surface ne sont que de passage et ne montrent pas de particularités biologiques vis-à-vis de ce milieu. Certaines sont présentes dans les eaux souterraines de manière accidentelle ou rare. D'autres sont beaucoup plus régulières et leur cycle de vie nécessite un passage obligé par un stade de surface.

Les espèces réellement souterraines, les stygobiontes (ou espèces stygobies) ont un cycle de vie qui se déroule entièrement sous terre. Elles y développent des populations viables et sont incapables de survivre dans les eaux superficielles.

Elles possèdent des caractéristiques morphologiques, physiologiques et éthologiques particulières : elles sont dépigmentées, aveugles, avec des soies sensorielles très développées, un aspect vermiforme, une capacité de jeûne prolongé, une diminution de la productivité ; ces espèces fuient la lumière et développent un contact étroit, parfois vital, avec le substrat.



- CRUSTACÉS :**
Amphipodes :
 - Niphargus
 - Salentinella
Isopodes :
 - Sphaeromides
 - Proasellus
Ostracodes :
 - Pszchokkei

- INSECTE**
Coléoptère :
 Larve et adulte de Siettitia

Quelques exemples d'organismes souterrains (© UCBL HBES).

Le milieu souterrain aquatique se caractérise par l'absence de lumière (absence de photosynthèse et de production végétale), donc une rareté de la nourriture, et généralement une forte atténuation des variations thermiques et physico-chimiques.

Sous le Rhône, des dizaines d'espèces différentes

Pratiquement tous les groupes d'invertébrés présents dans les eaux de surface renferment également des espèces adaptées aux eaux souterraines, depuis les éponges, les vers jusqu'aux arthropodes (principalement crustacés et de rares insectes). Une synthèse réalisée en 2007 sur l'ensemble du Rhône révèle la présence de soixante-cinq espèces souterraines. Le groupe des Crustacés résume à lui seul l'essentiel de la biodiversité avec trente-sept espèces, soit 57% de la totalité des espèces stygobies recensées le long du Rhône. Après les crustacés, le groupe des mollusques est bien représenté dans les eaux souterraines (25% de la richesse stygobie) (Tableau).

Ces organismes ont un rôle dans le fonctionnement énergétique des eaux du Rhône et des aquifères

■ Certains des organismes souterrains peuvent être utilisés comme espèces indicatrices de différents paramètres :

- l'origine des eaux souterraines et la nature du régime hydrologique, tel le crustacé *Amphipode Salentinella* qui marque les arrivées d'eaux souterraines ou le ver *Oligochète Phallo-drillus* qui décrit l'augmentation des échanges nappe-cours d'eau ;
- la stabilité physique du milieu, tel le ver *Troglochaetus beranecki* ou le crustacé isopode *Microcharon reginae*, qui ne vivent que dans des milieux phréatiques aux écoulements très lents et aux conditions physico-chimiques très stables car ce sont des organismes très fragiles ;
- les conditions locales de granulométrie, matières organiques ou oxygène, avec par exemple les Crustacés ostracodes dont *Cryptocandona kieferi* décrit des zones peu oxygénées avec des sédiments grossiers ;
- la pollution des milieux : les vers Oligochètes constituent un groupe très intéressant pour caractériser ce type de perturbation.

■ Les organismes souterrains peuvent intervenir dans l'auto-épuration des aquifères. Ils agissent sur le devenir des substances dissoutes et particulières véhiculées par l'eau et les sédiments en participant au processus de :

- bioturbation, c'est le creusement, le transport et l'agitation des sédiments par l'activité des invertébrés tels que vers, crustacés ou larves d'insectes. Elle entraîne un mélange des particules, une modification de la structure, de la porosité et de l'oxygénation, une stimulation de l'activité microbienne.



Illustration de la bioturbation par des larves de chironomes à gauche et des tubificidés à droite (© F. Mermillod-Blondin, UCBL HBES).

- décolmatage. Ce processus est particulièrement important aux interfaces fleuve/aquifère où la densité des organismes est forte.
- biotransformation. Certains animaux, tels que les vers, sont capables de métaboliser et de transformer certains polluants en produits non toxiques (dégradation des hydrocarbures, régulation des métaux lourds).
- bioaccumulation, dans les tissus des organismes.

Les organismes souterrains sont-ils fragiles ?

Les polluants peuvent entraîner la mort ou une altération des structures morphologiques et génétiques. Ils peuvent aussi entraîner des transformations du cycle de vie, du mode de croissance et de reproduction. En général une pollution entraîne la disparition des organismes.

En faisant disparaître la faune autochtone, les contaminants peuvent provoquer une diminution de la diversité biologique du monde souterrain, garante de la survie des écosystèmes.

LISTE DES ESPÈCES SOUTERRAINES DU RHÔNE DANS LES DIFFÉRENTS GROUPES TAXONOMIQUES (Source M.-J. Olivier, UCBL HBES)

Embranchement ou classe	Ordre	Espèces	Nombre d'espèces dans chaque ordre		
Nématodes	Nematoda	<i>Onchulus nollii</i>	1		
		Mollusques	Mollusca	<i>Spiralix vitrea</i>	16
				<i>Spiralix collieri</i>	
				<i>Spiralix puteana</i>	
				<i>Avenionia berengueri</i>	
				<i>Avenionia brevis</i>	
				<i>Bythiospeum diaphanum diaphanum</i>	
				<i>Bythiospeum anglesianum</i>	
				<i>Bythiospeum michaudi</i>	
				<i>Bythiospeum terveri</i>	
				<i>Bythiospeum bressanum</i>	
				<i>Fissuria boui</i>	
				<i>Islamia minuta</i>	
				<i>Islamia moiquiniana</i>	
				<i>Moitessieria locardi</i>	
				<i>Moitessieria heidae</i>	
<i>Pladilhia pontmartiniana</i>					
Annelides	Polychaeta	<i>Troglochaetus beranecki</i>	1		
	Aphanoneura	<i>Potamodrilus fluviatilis</i>	2		
		<i>Aelosoma gineti</i>			
	Oligochaeta	<i>Rhyacodrilus balmensis</i>	7		
		<i>Rhyacodrilus amphigenus</i>			
		<i>Spiridion phreaticola</i>			
		<i>Haber turquini</i>			
		<i>Haber zavreli</i>			
		<i>Trichodrilus cernosvitovi</i>			
	<i>Trichodrilus leruthi</i>				
Crustacés	Cladocera	<i>Alona phreatica</i>	1		
	Cyclopoida	<i>Graeteriella unisetigera</i>	3		
		<i>Acanthocyclops rhenanus</i>			
		<i>Acanthocyclops sensitivus</i>			
	Harpacticoida	<i>Elaphoidella elaphoides</i>	6		
		<i>Parastenocaris fontinalis fontinalis</i>			
<i>Parastenocaris fontinalis meridionalis</i>					

Ce qu'il faut retenir

Les eaux souterraines du Rhône représentent un réservoir de vie, abritant des communautés d'organismes composites avec des espèces originales. Les organismes souterrains sont capables de nous renseigner sur l'état, le fonctionnement et l'évolution des systèmes aquatiques souterrains. La qualité des eaux souterraines n'utilise pas encore le critère biologique pour définir le bon état écologique, comme c'est le cas pour les eaux de surface. Les organismes sont cependant de bons descripteurs de cette qualité.

Embranchement ou classe	Ordre	Espèces	Nombre d'espèces dans chaque ordre
		<i>Parastenocaris glareola</i>	
		<i>Nitocrellopsis rouchi</i>	
		<i>Pseudectinosoma janineae</i>	
	Ostracoda	<i>Fabaeformiscandona wegelini</i>	5
		<i>Pseudocandona zschokkei</i>	
		<i>Schellencandona triquetra</i>	
		<i>Schellencandona belgica</i>	
		<i>Cryptocandona kieferi</i>	
	Isopoda	<i>Proasellus walteri</i>	3
		<i>Proasellus cavaticus</i>	
		<i>Microcharon reginae</i>	
	Amphipoda	<i>Niphargus fontanus</i>	17
		<i>Niphargus foreli</i>	
		<i>Niphargus gallicus</i>	
		<i>Niphargus giovanovici multipennatus</i>	
		<i>Niphargus kochianus kochianus</i>	
		<i>Niphargus laisi</i>	
		<i>Niphargus pachypus</i>	
		<i>Niphargus plateaui</i>	
		<i>Niphargus rhenorhodanensis</i>	
		<i>Niphargus renei</i>	
		<i>Salentinella juberthiae</i>	
		<i>Salentinella delamarei</i>	
		<i>Salentinella lescherae</i>	
		<i>Niphargopsis casparyi</i>	
		<i>Crangonyx subterraneus</i>	
		<i>Bogidiella sp.</i>	
		<i>Bathynella sp.</i>	
	Syncarida	<i>Parabathynella cf. stygia</i>	2
		<i>Vejdovskybathynella leclerci</i>	
Insectes	Coleoptera	<i>Siettitia avenionensis</i>	1
Total			65

Quels sont les facteurs favorables à la biodiversité souterraine ? Des différences existent-elles entre l'amont et l'aval du Rhône ?

Du Léman à la Méditerranée, le Rhône est associé à de nombreuses nappes d'accompagnement où les échanges nappe – fleuve sont fortement influencés par les caractéristiques géologiques et géomorphologiques des aquifères ainsi que par les nombreux aménagements hydro-électriques et l'anthropisation des milieux. Ainsi les espèces souterraines ne sont-elles pas uniformément distribuées le long du corridor fluvial.

Quelle est la distribution des communautés souterraines ?

À l'échelle du bassin, la distribution des communautés est liée principalement à la biogéographie des espèces. Dans la partie amont du Rhône, qui a subi l'influence des glaciations du Quaternaire, la diversité des espèces est plus faible que dans le Rhône aval qui a subi l'influence des régressions/transgressions marines. En effet, on peut dénombrer un certain nombre d'espèces d'origine marine qui ont remonté le corridor fluvial jusqu'à Lyon, voire jusqu'aux contreforts du Jura tel l'*Amphipode Salentinella* ou le *Copépode Parastenocaris*.

De plus les confluences de tributaires sont déterminantes. En effet, dans les secteurs de Brégnier-Cordon et de Donzère-Mondragon, les débouchés du Guiers et de l'Ardèche entraînent une rupture dans le profil des communautés souterraines par une augmentation de la diversité des organismes.

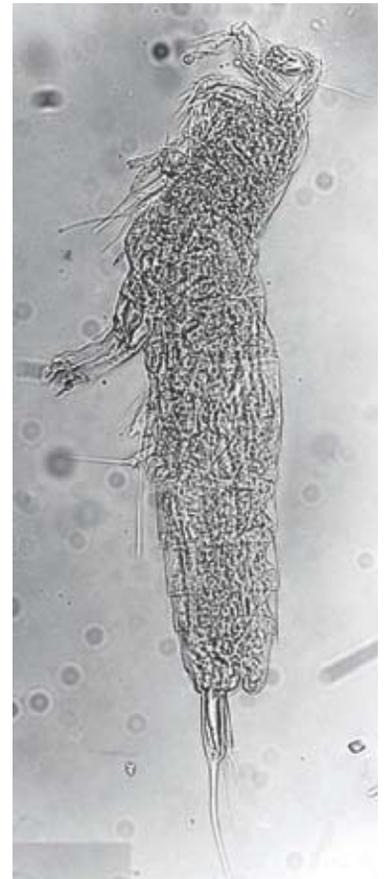
À l'échelle de la plaine alluviale, la diversité des espèces souterraines trouve son origine dans la structure particulière des aquifères (forte fragmentation de l'habitat) et les facteurs hydrologiques et géomorphologiques. Ces facteurs fournissent des conditions plus ou moins favorables à l'installation de la faune en termes de perméabilité, de circulation des flux d'eau dans les interstices, de température, d'oxygénation et de nourriture disponible.

L'étendue et le volume de l'aquifère jouent aussi un rôle déterminant dans le niveau de biodiversité. Ainsi dans différents secteurs du Rhône, on trouve un plus grand nombre d'espèces dans les aquifères puissants (10 m et au-delà, ex. Miribel-Jonage) que dans des aquifères peu profonds (de l'ordre de quelques mètres, ex. Donzère Mondragon).

À l'échelle locale (rapide, banc de graviers), les communautés d'invertébrés se structurent en fonction des zones d'infiltration des eaux de surface (dominance des espèces de surface) et d'exfiltration des eaux souterraines (dominance des espèces souterraines) qui s'effectuent au niveau des irrégularités du lit du Rhône.

Par exemple, pour un banc de graviers du canal de Miribel, la densité relative des stygobies étaient de 5% dans la tête de banc (infiltration) et de 55% en queue de banc (exfiltration).

Dans un transect de la plaine alluviale de Miribel-Jonage, la faune stygobie est distribuée en fonction d'un gradient de stabilité physique.



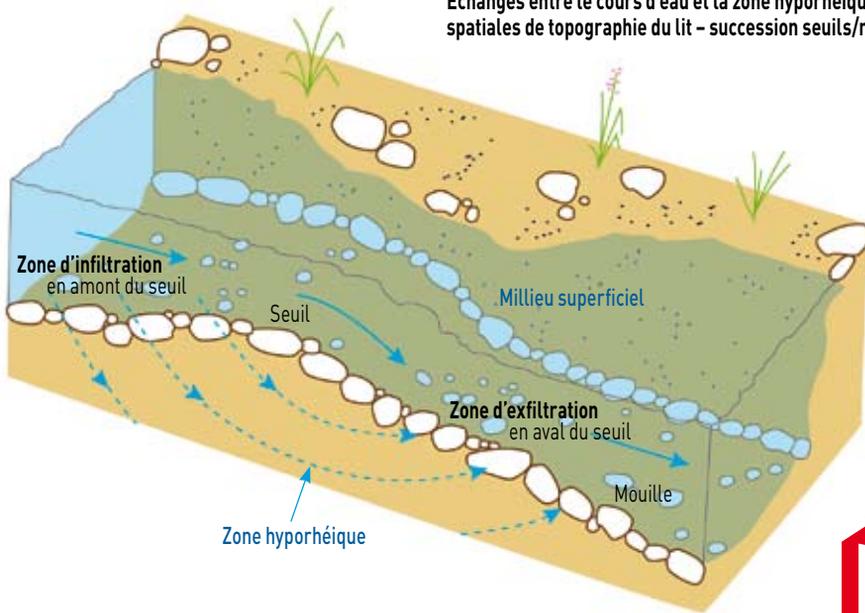
Copépode *Parastenocaris*
(© M.-J. Olivier, UCBL HBES).

RÉPARTITION TRANSVERSALE DES INVERTÉBRÉS DU CHENAL

vers les marges de la plaine alluviale dans le secteur de Miribel-Jonage (*Crustacés, ** Vers)

	Dans le chenal du fleuve	Dans les alluvions proches du fleuve	Alluvions éloignées du fleuve
Nombre total d'espèces	112	157	107
Nombre d'espèces stygobies	9	20	37
Groupes prépondérants	Cyclopoïdes* Nématodes**	Ostracodes* Lamellibranches	Isopodes* Amphipodes*

Échanges entre le cours d'eau et la zone hyporhéique conditionnés par les variations spatiales de topographie du lit – succession seuils/mouilles (© J. Gibert, UCBL HBES).



Où trouve-t-on les « points chauds » de biodiversité ?

Les « points chauds » de biodiversité résultent de l'interaction des importants dépôts sédimentaires du Quaternaire et des aquifères latéraux. Les apports permanents d'eau phréatique par drainage du fleuve et le remaniement des sédiments assurent au compartiment souterrain une certaine indépendance vis-à-vis des conditions de surface et permettent le développement d'une faune diversifiée. C'est par exemple le secteur de Miribel-Jonage qui comporte trente-trois espèces stygobies, soit la moitié de la richesse totale du couloir rhodanien.

Par rapport aux habitats de surface, les milieux souterrains sont beaucoup plus stables et beaucoup plus anciens, ce qui explique la présence d'espèces relictuelles.

Enfin, les espèces souterraines ont souvent une capacité de dispersion réduite et les populations peuvent être très localisées, créant au fil du temps un grand nombre d'espèces endémiques.

Ce qu'il faut retenir

Le compartiment sous-fluvial du Rhône est un espace discontinu où les communautés souterraines ne sont pas uniformément distribuées.

Chaque confluence augmente le degré d'hétérogénéité biologique du corridor fluvial.

La faune aquatique souterraine est marquée par une forte valeur scientifique, culturelle et patrimoniale

Les particularités de cette biodiversité et celles de la distribution de ces espèces nécessitent une gestion adaptée et surtout une connaissance approfondie de cette faune.

Le patrimoine naturel



Comment le patrimoine du Rhône naturel a-t-il évolué ?

Comme la plupart des fleuves européens, le Rhône a été soumis aux interventions humaines. Sa puissance a cependant longtemps fait hésiter les riverains qui n'ont pu l'affronter efficacement que lorsqu'ils ont disposé de moyens techniques à la hauteur de l'enjeu.

Comment le Rhône naturel fonctionnait-il ?

Les eaux, accélérées par la pente du lit, possédaient un pouvoir érosif considérable lors des crues. Ces dernières redessinaient localement le cours du fleuve, déplaçant latéralement le chenal, ouvrant un bras secondaire, recoupant un méandre, effaçant un banc de gravier pour le placer ailleurs...

Les crues maintenaient ainsi dans la plaine alluviale toute une mosaïque de milieux divers : chenal principal, bras secondaires, bras morts, anciens méandres, îles, bancs de graviers, marais, forêt alluviale...

Cette grande diversité d'habitats abritait un grand nombre d'organismes : l'axe fluvial pour les espèces capables de résister au courant; les bras latéraux, au courant ralenti, favorables au développement des jeunes alevins; les bras morts dont l'eau pure est recherchée par les espèces les plus exigeantes; les bancs de graviers colonisés par une végétation pionnière éphémère éliminée par la crue; les anciens méandres pour les espèces d'eau stagnante; marais et forêts alluviales pour les espèces terrestres liées à l'eau (fig. 1).

Cette dynamique fluviale entretenait un écosystème complexe donc résistant. La diversité des formes associée à une biodiversité élevée représentait la vraie valeur patrimoniale du Rhône naturel. La puissance des crues et la largeur de la plaine alluviale constituaient un système naturel de régulation de la ressource en eau (recharge des nappes lors des crues).

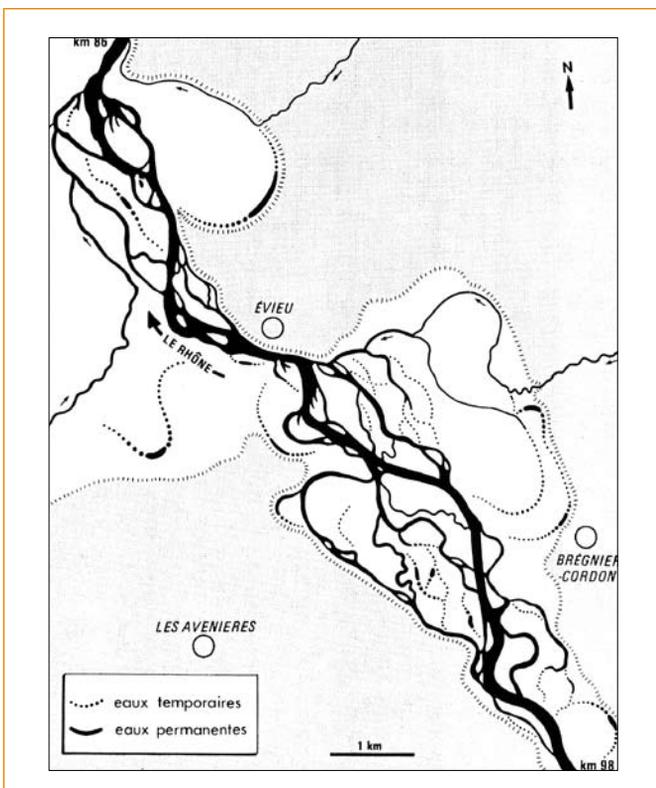


Figure 1 - La plaine alluviale hautement diversifiée du Rhône dans le secteur de Bregnier-Cordon avant la construction du barrage.

En pointillé, les anciens bras en cours de colmatage. En haut, l'ancien méandre du Saugéy (© laboratoire des hydrosystèmes fluviaux, UCBL).

Comment fonctionne-t-il aujourd'hui ?

Les premiers grands travaux d'endiguement ont provoqué une chenalisation du lit, notamment à l'aval de Lyon avec le « système Girardon ». Les aménagements hydroélectriques réalisés par la suite ont transformé le fleuve en un escalier de dix-neuf barrages.

Le ralentissement du courant dans les retenues s'est traduit par une modification de la qualité de l'eau, une sédimentation accrue des limons et des sables, accompagnées par une modification profonde des populations animales (poissons et invertébrés), aujourd'hui dominées par des espèces communes. Le cloisonnement du cours a multiplié les obstacles à la circulation des poissons; les grands migrateurs disparaissent progressivement comme l'alose et l'anguille. La suppression quasi-totale des connexions transversales par les endiguements réduit les flux d'organismes au sein de la plaine alluviale. La simplification des flux hydriques au sein de l'hydrosystème

modifie la diversité et l'intensité des connexions verticales. Le Rhône, en partie maîtrisé, n'entretient plus la diversité des milieux dans l'espace alluvial. L'ensemble des milieux annexes que le fleuve non aménagé savait créer, disparaissent.

L'écosystème est aujourd'hui simplifié (fig. 2), il a perdu sa complexité et sa résistance et subit les pollutions engendrées par l'aménagement intensif de sa plaine alluviale.

Face à ces constats, les acteurs du bassin, poussés par les associations de protection de la nature, ont lancé en 1998 un programme de restauration du fleuve qui a été repris par le Plan Rhône de 2006. Il vise à modifier les débits à l'aval des barrages, à restaurer d'anciens bras latéraux et la circulation des migrateurs. Un suivi scientifique permet d'apprécier les évolutions physiques et biologiques découlant de ces actions de restauration du fleuve.

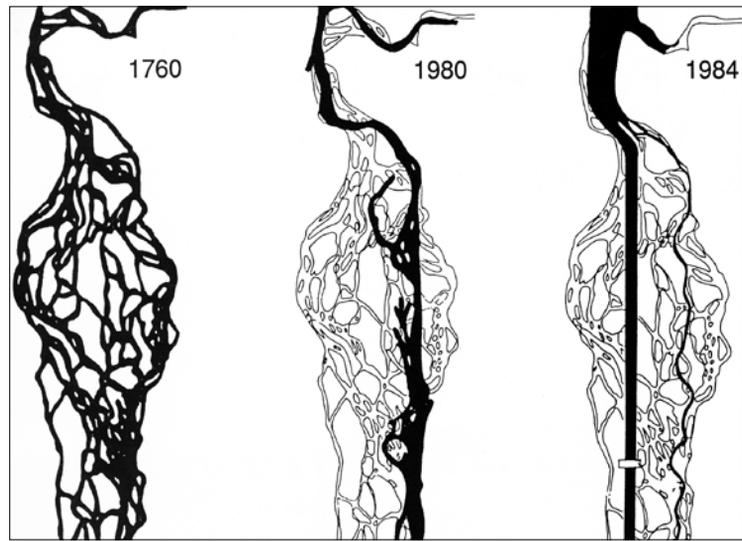


Figure 2 - La plaine alluviale de Chautagne en 1760, en 1980 après les travaux d'endiguement, et en 1984, après la construction du barrage (© Bravard et Klingeman 1993).



Petite Argence (© P. Gaydou)

Ce qu'il faut retenir

Le véritable patrimoine naturel des grands fleuves européens – Rhin, Rhône, Danube – était représenté principalement par l'existence d'une large plaine alluviale offrant une diversité d'habitats très importante associée à un fonctionnement complexe impliquant une très grande diversité d'organismes.

La domestication de ces cours d'eau en a fortement altéré le fonctionnement et a contribué à leur uniformisation.

Des actions de restauration sont aujourd'hui entreprises pour redonner une nouvelle dynamique écologique au Rhône.

Quel est l'intérêt écologique des linéaires aménagés ?

La quasi-totalité du linéaire du Rhône a été aménagée. Les travaux les plus visibles et les plus prégnants sont ceux du xx^e siècle. Ils ont conduit à l'existence d'un Rhône différent. Des milieux neufs, transformés ou entièrement artificiels ont remplacé des milieux naturels, terrestres et aquatiques. Ces nouveaux milieux ne sont pas dénués pour autant d'intérêt écologique et à la fin des années quatre-vingt, il en était dénombré plus de trente, chiffre qui serait aujourd'hui à réactualiser.

Sur le plan réglementaire, de nombreux espaces protégés occupent tout ou partie de ces milieux (réserves de chasse et de faune sauvage de Donzère-Mondragon et de Printegarde, arrêté de biotope de Chautagne-Malourdie, réserve naturelle de la Platière), sans compter la récente inscription d'une importante partie du Rhône aménagé au réseau Natura 2000.

Trois types de milieux présentent des linéaires significatifs à l'échelle du Rhône.

Les retenues et les canaux de dérivation

Les plans d'eau constitués par les secteurs calmes des retenues et des canaux ont une vocation ornithologique marquée avec la présence de dortoirs et de zones d'hivernage pour de nombreuses espèces (canards colvert et chipeau, grèbes, fuligule morillon...). Les roselières à phragmites qui s'installent dans ces milieux calmes attirent les oiseaux d'eau, comme le héron pourpré ou des petits passereaux paludicoles (rousse-rolles effarvate et turdoïde). Ces milieux aménagés sont d'autant plus intéressants qu'ils font partie de grands ensembles ornithologiques, comme celui du Haut Rhône et du lac du Bourget.



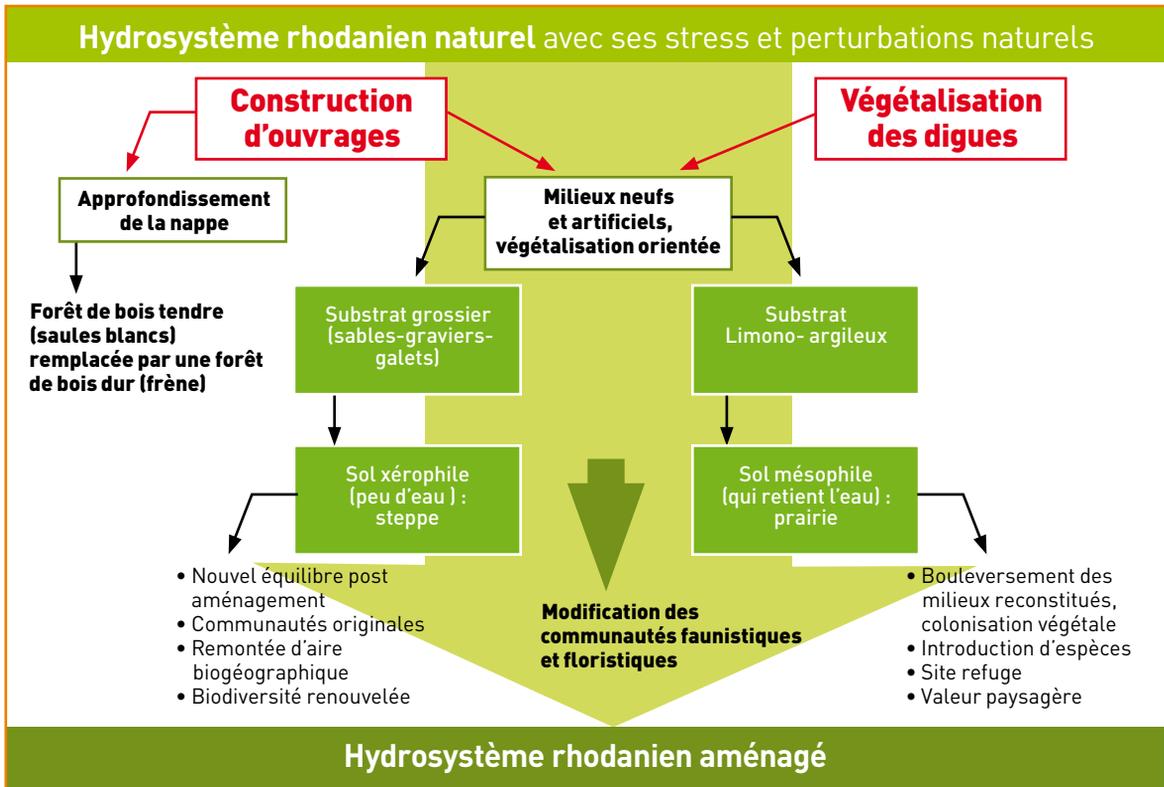
Roselière dans la retenue de l'aménagement de Montélimar (© Photothèque CNR).

Les herbiers aquatiques occupent les franges rivulaires du Rhône aménagé ou colonisent les hauts fonds ; ils offrent des zones favorables au développement de nombreux cyprinidés d'eau calme, comme la carpe ou le gardon ; ils sont complémentaires de zones plus courantes où se sont réfugiées des espèces plus exigeantes, comme le barbeau ou l'ombre.

Les digues

Sur près de 400 km, les digues permettent l'installation de milieux terrestres originaux du fait de leur composition en graviers-limons et de la gestion qui y est menée. Du point de vue floristique, les milieux ouverts (pelouse, steppe) constituent les formations les plus représentées et parfois les plus diversifiées grâce au mélange constitué par les espèces autochtones et celles implantées par semis lors des travaux d'aménagement et d'entretien.

Dans les milieux aquatiques, la richesse spécifique peut être importante, comme à la réserve de chasse et de faune sauvage de Donzère où, sur plus de cent soixante espèces d'oiseaux recensées, les deux tiers sont protégées sur le territoire national. Ces linéaires assurent également un rôle de corridor biologique.



Modalités d'évolution de la végétation riveraine suite à l'aménagement du Rhône (d'après A. van Edde, G. Ansquer, A. Evette, J. Pottier, A. Bedecarrats - Cemagref 2003).

Les contre-canaux

Les contre-canaux constituent la partie aquatique des digues du Rhône sur un linéaire de plus de 300 km. Ils peuvent être assimilés à des annexes hydro-écologiques du cours principal. D'un point de vue hydrobiologique, ils forment des milieux spécifiques, notamment quand leur mode d'alimentation est d'origine phréatique. Ils constituent alors des réservoirs d'espèces singulières, qu'elles soient végétales (callitriches, potamots colorés...) ou animales, comme les libellules, avec des espèces rares comme l'agrion de mercure.

Tous les poissons du Rhône y sont pratiquement présents et ils constituent des secteurs appréciés des pêcheurs. Le castor fréquente assidûment les contre-canaux où il y trouve gîte et nourriture.



Contre-canal de Chautagne (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS)

Ce qu'il faut retenir

L'aménagement du Rhône a créé de nouveaux milieux dont certains ont un intérêt sur le plan écologique.

Pour certains compartiments (végétation, oiseaux), il existe un équilibre entre espaces restaurés et non restaurés qui garantit une richesse optimale en espèces.

Ce constat est plus nuancé sur le plan hydrobiologique.

Cet équilibre nécessite sur les parties aménagées un entretien et une gestion qui permettent de concilier les enjeux écologiques avec ceux de la sûreté et de la sécurité.

Quel est l'impact de l'augmentation des débits dans les Vieux-Rhône ?

La question des impacts écologiques de la gestion des débits est une question très générale. La modification des débits pour les besoins en électricité, navigation, irrigation ou alimentation en eau potable affecte le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Il est important de pouvoir évaluer et prédire ces effets et l'exemple du Rhône est riche en enseignements dans ce domaine.

Augmenter les débits minimums : où et pourquoi ?

Le débit minimum est une des caractéristiques importantes du régime hydrologique des cours d'eau car il correspond à des conditions hydrauliques extrêmes.

Le programme actuel d'augmentation des débits minimum dans les Vieux-Rhône a débuté en 2000. L'objectif est de retrouver un fleuve « vif et courant ».

C'est en aval de Lyon à Pierre-Bénite, à l'initiative des élus de Vernaison motivés par l'image de Rhône d'autrefois, que le débit minimum a tout d'abord augmenté. Il est passé de 10 à 100 m³/s, se rapprochant ainsi du débit minimum naturel de 300 m³/s.

Ce changement correspond à une multiplication des vitesses de courant par cinq dans le Vieux-Rhône, plus de cent jours par an.

L'augmentation du débit minimum a un intérêt variable suivant les sites. Dans certains Vieux-Rhône où l'écoulement est lent quel que soit le débit, l'augmentation du débit minimum a peu d'intérêt. Ailleurs, l'augmentation du débit renforce l'aspect courant du fleuve, accroît la largeur mouillée, réduit la surface des bancs de galets découverts et engendre d'importantes modifications des écoulements et des processus écologiques.

Après Pierre-Bénite, les débits des sites du Haut Rhône ont été à leur tour modifiés. Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère-Mondragon sont aujourd'hui concernés.

Quels sont les effets observés et prévisibles ?

Les effets prévisibles de l'augmentation des débits minimum sur la faune aquatique concernent les nombreuses espèces du chenal qui présentent des préférences hydrauliques marquées. D'autres aspects du fonctionnement

du fleuve, comme l'évolution de son lit ou le fonctionnement des bras annexes, dépendent d'avantage d'autres variables comme la fréquence des crues. Les espèces qui devraient être favorisées sont celles qui préfèrent des écoulements rapides et profonds, comme l'ombre commun sur le Haut-Rhône. Ces espèces ont régressé en Europe avec l'aménagement des cours d'eau.

À Pierre-Bénite, les espèces de poissons et de macro-invertébrés typiques des fleuves courants ont globalement doublé en proportion depuis 2000, changement surprenant et rapide au vu de la longévité des espèces (plus de vingt ans pour certains poissons). Il semble qu'une meilleure reproduction de ces espèces explique cette réponse rapide.



Le Vieux-Rhône à Lucey (aménagement de Belley) (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).



Une micro-centrale turbine le surcroît de débit accordé au Vieux-Rhône (© Photothèque CNR).

Quelles sont les limites de la connaissance ?

Pour les poissons, l'augmentation des débits minimum du Rhône a été l'occasion de valider les modèles écologiques prédictifs, une première dans le cas d'un grand fleuve. Ces modèles couplent un modèle hydraulique du fleuve avec des modèles biologiques de préférences des espèces. Ainsi, les effets de l'augmentation du débit minimum sont en partie prévisibles.

En partie seulement, et essentiellement pour deux raisons. La première raison est la difficulté d'estimer les densités de poissons dans un grand fleuve à partir d'échantillonnages. La seconde est que les changements observés sur quelques années doivent se replacer dans le contexte de changements multiples observés sur des durées plus longues.

Ainsi, les suivis écologiques effectués sur le Rhône mettent-ils en évidence des effets rémanents de la construction des barrages, des fortes crues ou des changements climatiques. Une meilleure compréhension des effets de l'augmentation des débits minimum nécessite avant tout la mise en place d'un observatoire écologique du fleuve général et pérenne.

Ce qu'il faut retenir

Le débit minimum est un des aspects importants du régime hydrologique.

Son augmentation dans les Vieux-Rhône favorise les espèces typiques des grands fleuves et la biodiversité régionale.

Ces effets sont en partie prévisibles, mais ils s'inscrivent dans un contexte de changements multiples.

Leur étude nécessite un effort de suivi écologique du fleuve général et pérenne.

Pourquoi réhabiliter les lônes ?

Les lônes sont des écosystèmes d'eaux calmes qui résultent du recoupement naturel ou artificiel de chenaux fluviaux. Elles peuvent être connectées en permanence au fleuve soit par leur extrémité aval, soit par leurs deux extrémités, ou seulement lors de crues. Certaines sont alimentées par des eaux phréatiques. En période de crue, elles jouent un rôle dans l'écoulement des eaux ou le ressuyage des plaines.

Elles abritent une importante biodiversité végétale et animale, et servent de zones de reproduction et d'alimentation pour de nombreuses espèces de poissons du cours principal. La végétation des lônes participe à l'auto-épuration des milieux aquatiques en absorbant les nitrates et phosphates.

Comment se comblent les lônes ?

Après abandon par les eaux courantes du fleuve, la diminution de la vitesse du courant permet le développement de la végétation aquatique, surtout dans les zones les moins profondes.

Seule une très faible partie de la biomasse produite est consommée par les herbivores ou décomposée par les micro-organismes. Le reste se dépose sur le fond et s'ajoute à la sédimentation due aux crues. La présence de ces végétaux réduit la vitesse du courant, ce qui favorise l'accumulation de la matière organique produite sur place, et celle des sables et limons. Ce début de comblement, à son tour, réduit la profondeur et favorise le développement

Sur l'Ain, cinq lônes ont été restaurées :

- deux avec un but écologique marqué : vingt nouvelles espèces floristiques sont réapparues dans la lône Sous Bresse dont le flûteau nageant, espèce d'intérêt commu-nautaire ;
- trois dans un souci de recharge sédimentaire du cours principal : le curage des lônes de Bellegarde et des Carronières permet de restituer 20 000 m³ de matériaux à la rivière.

Dans le secteur de Pierre-Bénite, trois lônes ont fait l'objet d'un programme de restauration portée par le Syndicat Mixte du Rhône des Iles et des Lônes (SMIRIL) et la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) : Jaricot, Ciselande, la Table ronde.



Restauration d'une lône dans le secteur de Pierre Bénite (avant/ après) (© SMIRIL).

de la végétation. À terme, la lône se transforme en un marais envahi par des broussailles puis par des arbres.

Ce processus de comblement naturel est amplifié par l'impact d'activités humaines. La présence d'obstacles aux écoulements (digues basses, épis...), qui ralentissent les courants, augmente le dépôt d'alluvions. L'augmentation des teneurs en nitrates et phosphates de l'eau intensifie la production de biomasse végétale. L'abaissement du niveau moyen de la nappe phréatique résultant d'ex-



Réhabilitation de la lône de Vachon (© J.-M. Oliver, UCBL CNRS).

cès de pompages, de surcreusement du lit mineur ou de diminution de débit dans le cours principal, entraîne la mise hors d'eau totale ou partielle de nombreuses lônes. Au total, plus de trois cents lônes partiellement ou totalement en eau ont été dénombrés le long du Rhône.

■ À l'état naturel, la dynamique fluviale pouvait compenser le comblement des lônes.

- L'augmentation de la vitesse dans les lônes lors des crues pouvait décaper les fonds et exporter les sédiments organiques et minéraux, donc assurer une sorte de «rajeunissement» périodique des lônes.
- Par ses divagations latérales, le fleuve pouvait recouper des méandres, donc créer de nouvelles lônes et ainsi compenser le comblement des plus anciennes.

■ Aujourd'hui, les aménagements empêchent l'érosion latérale. Ils réduisent aussi les vitesses en crue dans les lônes, donc diminuent leurs possibilités de «rajeunissement».

Pourquoi curer les lônes ?

En l'absence de dynamique fluviale, il devient nécessaire d'intervenir pour maintenir ou restaurer la capacité d'écoulement des crues. Le principe consiste en priorité, là où c'est possible, à recréer une certaine dynamique fluviale en supprimant les éléments de l'aménagement du XIX^e siècle dont le rôle pour la navigation n'est plus avéré et à enlever l'excès de sédiments accumulés. En cas d'abaissement de la ligne d'eau dans le fleuve et des nappes phréatiques, il faut aussi surcreuser le lit des lônes afin de reconstituer un milieu aquatique.

Les modalités des opérations de curage doivent viser à :

- recréer la diversité de conditions d'habitat ;
- favoriser leur durabilité en favorisant leur auto-entretien par les crues.

Il est inutile d'intervenir lorsque l'évolution de la lône est lente en raison d'une grande profondeur ou d'une alimentation phréatique de bonne qualité.

Ce qu'il faut retenir

Les lônes participent à l'écoulement des eaux en crue, contribuent à la biodiversité, et jouent un rôle dans la régulation des peuplements piscicoles du fleuve.

Leur comblement est un phénomène naturel accéléré par les impacts des activités humaines.

Le blocage de la dynamique fluviale empêche la création de nouvelles lônes et le décapage naturel des lônes en cours de comblement.

La conservation de ces écosystèmes et de leurs fonctionnalités nécessite leur curage et, si possible, le rétablissement de la dynamique fluviale.

Le patrimoine naturel du réseau hydrographique du Rhône est-il autochtone ?

Quelle est l'origine du peuplement rhodanien ?

Nous savons par les paléogéographes que du même creuset alpin sont issus le Rhône, le Rhin et le Danube, dont les sources sont très proches. Au cours des temps géologiques, de multiples échanges d'eau et donc de faune se sont produits entre les trois systèmes.

Louis Roule qui conçoit un fleuve comme « une vallée où s'unissent les lits de tous les affluents et... où tout agit et réagit ensemble, le monde physique et le monde vivant », assimile le Rhône et le Danube à des couloirs de migration, pour les peuples comme pour la nature vivante, depuis les régions froides vers la chaleur du Midi.

L'hypothèse généralement admise est que la faune aquatique du Rhône proviendrait en majorité du haut bassin du Danube, soit par capture d'affluents au Tertiaire, soit après élimination de cette première invasion, par une reconquête post-glaciaire au Quaternaire.



Corbicula fluminea mollusque bivalve présent à partir de 1985 dans la Saône et trouvé en 1993 dans le Rhône (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

■ **Les poissons illustrent bien cette filiation**, avec la perte des espèces les plus thermophiles (capable de vivre à des températures élevées) :

- des cinq brêmes du Danube, deux seulement ont pénétré dans le bassin du Rhône : la grande *Abramis brama* et la bordelière *Blicca bjoerkna* ; la *Vimba vimba* s'est arrêtée au Rhin ;
- parmi les percidés, les aprons ne se trouvent que dans le Rhône (une espèce) et dans le Danube (trois espèces), mais pas dans le Rhin durement frappé par les glaciations ;



Rhône court circuité de Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).



Brochet pêché dans une lone du Haut Rhône (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

– de même pour les goujons et les chabots, dont on vient de décrire de nombreuses espèces nouvelles, surtout dans le bassin du Danube.

L'abaissement de la Méditerranée et de la mer Noire, à la fin du Miocène (10 M.a.) puis à plusieurs époques interglaciaires (fin du Würm, il y a moins de 20 000 ans.), a mis en confluence plusieurs fleuves méridionaux, refuges d'espèces d'eaux tempérées et chaudes, constituant une autre voie d'invasion.

■ **Pour les invertébrés** comme les mollusques, crustacés et insectes, on reconnaît aisément des espèces jumelles dans des biotopes semblables (vicariance). Par exemple, le gastéropode *Theodoxus fluviatilis* qui comme son cousin *T. danubialis* abonde sur les gros blocs du fleuve.

Un espace ouvert à l'immigration ?

Le bassin du Rhône possède une faune originale par rapport aux autres bassins, avec quelques espèces endémiques, mais finalement jeune (puisque restaurée après le Würm) et très hétéroclite (parce qu'ouverte depuis dix siècles à toutes les invasions).

C'est d'abord la carpe, la tanche et tout le cortège de la faune et de la flore d'étangs qui furent échangés dans l'empire de Charlemagne. Puis le goût des animaux et plantes d'ornement rapportés par les explorateurs, jusqu'à la mode scientifique de l'acclimatation active de 1850 à 1950, compléta le bestiaire. Beaucoup d'espèces s'échappent en effet des « pièces d'eau », comme la curieuse méduse *Craspedacusta sowerbyi* apparue sous les nénuphars *Victoria regia* du Jardin des Plantes, et aujourd'hui présente dans les lônes du Rhône. À partir du XVII^e siècle, la navigation impose la percée de canaux reliant les rivières européennes : non seulement des espèces en profitent pour s'inviter dans la Saône, comme le sandre et le hotu (ou tunard des Lyonnais) passés du Rhin à la Marne vers 1910, puis à la Saône et au Rhône vers 1930.

Pour réduire le hotu qui pullulait vers 1960, on imagina de faire venir le huchon, gros saumon du Danube, à titre d'essai dans les Usses en Haute-Savoie, où il perdura jusque vers 1985.

D'autres espèces profitèrent des bateaux pour se faire véhiculer très loin, ainsi la moule zébrée *Dreissena polymorpha*, originaire de la mer Caspienne, réussit-elle son invasion entre 1890 et 1920.

Plus récemment, ce fut le triomphe d'un autre gastéropode exotique *Potamopyrgus antipodarum*, de la renouée du Japon *Fallopia japonica*, de la corbicule, des diverses espèces de crustacés du genre *Gammarus*, etc. La liste s'allonge sans cesse.

Ce qu'il faut retenir

Le bassin du Rhône possède un patrimoine biologique original et un taux d'endémisme significatif qui justifie une action européenne de protection.

Ouvrte aux expansions spontanées ou provoquées d'espèces européennes dans un passé récent, il a également assimilé sans problème grave un certain nombre d'invasions exotiques.

Aujourd'hui le bassin versant souffre d'un cloisonnement artificiel très néfaste, en ce qu'il ralentit les circulations migratoires et diminue les capacités d'autodéfense et de régénération de l'hydrosystème.

Quelles sont les espèces qui manquent au Rhône ?

Grâce aux travaux de pionniers de l'hydrobiologie, au premier rang desquels nous trouvons Guillaume Rondelet (célèbre pour son histoire des poissons de 1555), et des collections conservées dans les muséums, on peut faire le constat de l'extinction de plusieurs espèces au cours du dernier siècle.

Les exemples et les causes les mieux connues se rapportent aux grands poissons migrateurs refoulés par les barrages.



Esturgeon pêché dans le Bas Rhône au début du XX^e siècle
(© Archives Délégation de bassin).

Que sont les poissons devenus ?

■ Pour l'axe rhodanien, c'est surtout la perte de l'esturgeon, déjà surpêché au XVIII^e siècle, pollué au XIX^e siècle et finalement éliminé par le barrage de Donzère en 1952, et celui de Beaucaire en 1973 (date de capture du dernier sujet de 80 kg en Camargue, d'après Quignard). Actuellement les derniers esturgeons européens *acipenser sturio*, autrefois présents sur toutes les côtes depuis le Rhône jusqu'à l'Elbe, sont en survie dans la pisciculture de Saint-Seurin en Gironde.

Petit espoir si l'on suit Rondelet quand il nous dit avoir dégusté en Arles d'excellents esturgeons et d'autres différents, plus forts en goût, semblables à ceux du Pô : ne serait-ce pas des esturgeons adriatiques *A. naccarii* encore bien vivants dans le fleuve italien ?



La grande mulette survit dans la Vienne aval (© J.-F. Perrin)

- **L'alose feinte du Rhône**, souche unique, n'a heureusement pas disparu après son cantonnement en Camargue, et se lance à la reconquête des affluents comme le Gardon et l'Ardèche. Certes elle n'atteindra pas de sitôt la Saône dijonnaise où elle se reproduisait vers 1900. C'est exactement la même histoire pour la lamproie marine qui avec l'alose frayait dans le Rhône savoyard (des collections du grenoblois Léger en attestent).
- Bien moins connue **la grande mulette** *Margaritifera auricularia* est une moule géante dont les belles coquilles en forme de rognon noir sont conservées au Muséum de Lyon sous divers noms : toutes proviennent de la Saône moyenne vers 1850-1880. Sa particularité est de produire des larves qui parasitent les branchies des esturgeons ! On les croyait disparues à jamais mais deux stations ont été retrouvées : sur l'Ebre à Saragosse (1990) et la Vienne à Chinon (1998).
- **La rectification des berges, les curages, les endiguements et le dragage des bancs de sable ont eu raison d'espèces plus discrètes** : la jolie cicindèle des bords du Rhône *Cylindera arenaria*, que l'on trouve étiquetée « brotteaux », « Grand Camp », « Vernaison » dans les collections de la fin du XIX^e siècle, est introuvable sinon le long de l'Eygues et au bord du Giffre.
Les criquets des sables sont devenus extrêmement rares dans le Genevois ; *Omophron limbatum*, un coléoptère carabique sabu licole classique est lui aussi en régression...

Et puis il y a les grandes énigmes, qui ne passionnent certes que quelques naturalistes, mais nous interpellent : qu'est devenu *Prosopistoma foliaceum*, une éphémère à la très bizarre larve aplatie encore capturée à Lyon en 1950-1955 et les grandes perles des genres *Perla* et *Isoperla*, dont plusieurs espèces étaient fréquentes au même moment ? Ont-elles subi le même sort que 70 % des espèces de plécoptères décrites en Franche-Comté par Despax (1950), aujourd'hui introuvables selon Verneaux ?

Que s'est-il passé dans cette décennie 1955-1965 où les écrevisses sauvages *Astacus astacus* et *A. pallipes* ont été complètement éradiquées, où les stocks de poissons du Léman se sont effondrés, où quelques uns plus robustes comme le poisson-chat sont en surpopulation ? Pourquoi la loutre ne parvient-elle pas à reformer ses effectifs après trente ans de protection intégrale ?



Isoperla grammatica, espèce très exigeante vis à vis de la qualité physicochimique de l'eau (© P. Marmonier CNRS).

Ce qu'il faut retenir

Un certain nombre d'espèces qui prospéraient encore dans le Rhône naturel du XIX^e siècle ont disparu entre 1950 et 1965.

On peut penser que durant cette période plusieurs nuisances se sont superposées, entraînant une défaillance dans le système de défense de l'hydrosystème.

Comme il est attendu en écologie, ce sont les espèces de niches étroites ou soumises à forte compétition qui en ont fait les frais.

Les espèces non aquatiques profitent-elles du milieu fluvial ?

Dans la plaine inondable du Rhône ont été recensées au moins deux mille espèces de plantes à fleurs, cent soixante-huit espèces d'oiseaux nicheurs, vingt-trois espèces de reptiles, quarante espèces de mammifères, sans compter les insectes, champignons et autres groupes mal connus.

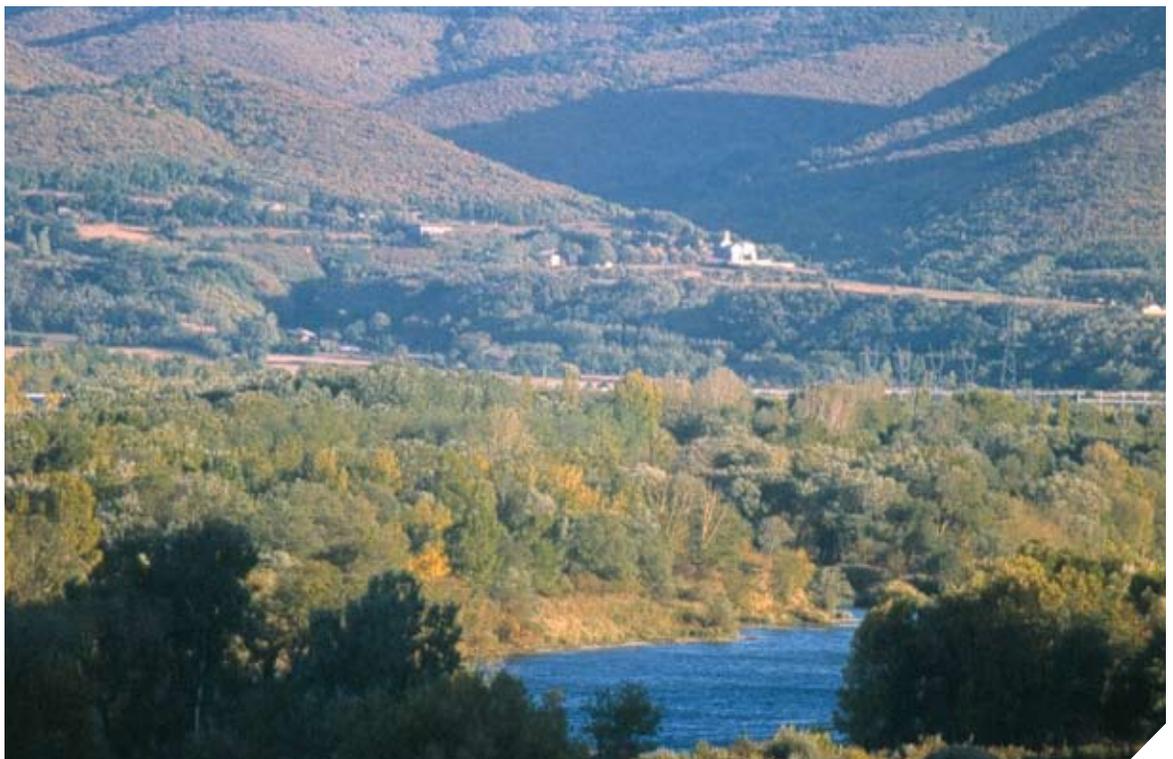
Cette biodiversité est largement liée à la présence du fleuve. Cela est vrai pour les espèces aquatiques (poissons par exemple) ou semi-aquatiques (héron, castor...), mais aussi pour des espèces « terrestres ». Les milieux naturels influencés par le Rhône abritent des espèces végétales et animales particulières, différentes de celles que l'on retrouve de part et d'autres de la vallée.

La dynamique du fleuve a sculpté les milieux naturels

En de très rares endroits, le fleuve connaît encore une dynamique (érosion, dépôt de sédiments) suffisante pour offrir à des espèces spécialisées des conditions de vie favorables. Ainsi, les « falaises » creusées par l'érosion des berges accueillent le martin-pêcheur, différentes espèces d'abeilles, voire l'hirondelle de rivage ; les bancs de graviers déposés par les crues sont propices à la nidification du petit gravelot.

Sur la plus grande partie de son cours, le fleuve est aujourd'hui stabilisé par les aménagements des deux derniers siècles, mais sa dynamique passée explique la diversité de la vallée actuelle. Les abords du fleuve sont souvent plus naturels que les plaines environnantes, du fait des contraintes imposées aux activités humaines (inondations en particulier). Ainsi, le Rhône permet-il la présence d'espaces de nature jusqu'au cœur d'Avignon, Lyon ou Genève.

Les secteurs où le fleuve a déposé du limon ont été colonisés par la forêt alluviale, dont subsistent environ 4 000 hectares, répartis environ pour moitié entre forêts à bois durs (frênes, chênes...) et forêts à bois tendres (saules et aulnes). Certains bancs de graviers et de sable sont devenus des pelouses sèches, propices



Le Vieux-Rhône de Baix-Logis-Neuf. Ce tronçon du fleuve abrite une forte biodiversité : boisements alluviaux, annexes fluviales, etc. (© J.-L. Michelot)

aux orchidées; aujourd'hui largement défrichées pour l'agriculture, elles ne couvrent guère plus de deux à trois cents hectares.

Le fleuve offre son eau aux écosystèmes

L'eau du Rhône a une importance fondamentale pour les milieux naturels de la vallée. La nappe phréatique, lorsqu'elle est peu profonde, est accessible aux racines des arbres de la forêt alluviale,

ce qui explique largement leur exubérance et leur originalité. La présence de l'eau crée un micro-climat plus frais en été, permettant à de nombreuses espèces de climat tempéré de vivre en zone méditerranéenne (souris domestique, sittelle, pouillot véloce, et de très nombreuses plantes...).

Les inondations sont importantes à plusieurs titres. Lorsqu'elles sont fréquentes, elles sélectionnent les espèces présentes, en éliminant celles qui sont sensibles (le charme, le hêtre) au profit de celles qui sont plus tolérantes (le saule, le frêne...). Enfin, les crues véhiculent des graines et autres organismes; elles permettent la colonisation de l'espace par de nombreuses espèces.



(© G. Poussard).

Le fleuve, au cœur d'un réseau écologique

Le Rhône est la colonne vertébrale d'un système écologique complexe. Les différentes pièces de la mosaïque écologique apparaissent comme très complémentaires : les hérons et milans noirs nichent dans la forêt, mais se nourrissent dans le fleuve; le castor creuse son terrier dans une berge, se déplace sur l'eau et se nourrit en forêt.

Le fleuve et sa végétation riveraine constituent un important corridor écologique. Les animaux terrestres comme le chevreuil peuvent se déplacer le long de cet axe, tandis que les oiseaux suivent la vallée lors de leurs migrations.

Ainsi, deux orchidées, l'hélléborine du Rhône et l'hélléborine du castor, ne vivent que dans les vallées du Rhône et de quelques autres cours d'eau. En Provence, le pouillot véloce, un petit oiseau insectivore, niche dans la forêt riveraine du Rhône, alors qu'il est absent des milieux plus méditerranéens qui environnent la vallée et où l'on rencontre une autre espèce, le pouillot de Bonelli.



L'hélléborine des castors (*Epipactis fibrifera*), une espèce d'orchidée découverte en 1994, dont la répartition mondiale se limite à certains sous-bois de la vallée du Rhône de Lyon à Montélimar (© C. Gaultier).

Ce qu'il faut retenir

Le fleuve influence les espèces « terrestres » de plusieurs façons.

Ses alluvions offrent des sols variés à la végétation. Il alimente en eau les milieux naturels, de façon souterraine (nappe phréatique) ou superficielle (inondations).

Enfin, il constitue un axe de déplacement des espèces.

Ces phénomènes expliquent que la vallée du Rhône possède une forte biodiversité et une originalité par rapport aux régions qu'elle traverse.

Forêts alluviales et peupleraies plantées

Les forêts alluviales, une biodiversité riche mais menacée

La forêt alluviale désigne les formations boisées qui se sont développées spontanément dans les plaines d'inondation des cours d'eau.

La formation et la composition de ces forêts sont étroitement liées au fonctionnement hydrologique du fleuve qui gouverne le déroulement des « successions végétales ». Certaines plantes dites pionnières ont la capacité de s'installer sur les zones d'alluvions nues. Les herbacées stabilisent le sol et par leurs parties aériennes, ralentissent le courant, accélérant le dépôt de sédiments et l'exhaussement du sol. Elles permettent à des espèces ligneuses dites de bois tendres de s'installer (peuplier, saule...). Ces arbres amplifient à leur tour le phénomène d'exhaussement et sont relayés par d'autres espèces dites de bois durs (chêne, frêne, orme...).

Ainsi, en s'éloignant du cours d'eau, on observe une succession de formations végétales installées sur des terrains de plus en plus élevés et de moins en moins soumis aux inondations. De temps à autre, le milieu est « rajeuni » par les crues et une nouvelle succession démarre. Grâce à cette dynamique, les forêts alluviales sont constituées d'une mosaïque de milieux naturels très différents et constituent ainsi des écosystèmes d'une biodiversité exceptionnelle.

Les forêts alluviales jouent un rôle écologique fondamental. Elles abritent de nombreuses espèces animales et végétales. Elles servent de couloirs de migration pour la faune. En absorbant les nitrates, elles participent à l'épuration des nappes. Elles contribuent à la régulation des crues en ralentissant le courant, en écrétant l'onde de crue et en servant de réservoirs temporaires pour l'excédent d'eau. Elles participent également à la protection des berges contre l'érosion.

Le Guide pour la gestion des forêts alluviales de la moyenne vallée du Rhône, élaboré conjointement par : la Réserve Naturelle de l'Île de la Platière et le Centre Régional de la Propriété Forestière illustre la volonté de combiner valorisation économique et gestion environnementale des espaces alluviaux.



Peupleraie à Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).



Ripisylve de la lône des Molottes à Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).

Depuis cinquante ans, le long du Rhône, leur superficie a baissé au profit des cultures et des emprises humaines.

L'aménagement a profondément modifié le fonctionnement hydrologique du fleuve. Les crues plus restreintes et l'abaissement des nappes phréatiques ont limité le rajeunissement du milieu, réduisant la régénération des stades pionniers et des forêts de bois tendres. Plusieurs des peuplements caractéristiques des forêts alluviales figurent désormais dans la liste des habitats européens prioritaires et de nombreuses actions sont engagées pour protéger et restaurer ces écosystèmes menacés.

Les peupleraies cultivées, une valorisation économique des zones alluviales

La populiculture, développée principalement dans les espaces alluviaux, est un modèle de foresterie intensive en Europe. Le peuplier a besoin de sols fertiles et bien alimentés en eau, tout en étant capable de résister à des périodes d'inondation. La France est le premier producteur européen de bois de peuplier en Europe : 250 000 ha de peupleraies produisent annuellement 2,5 à 3 millions de tonnes de bois d'œuvre, soit 30% de la production de grumes de feuillus. Le bois de peuplier a des débouchés variés (contreplaqué, emballages, menuiserie intérieure, charpentes légères, etc.).

Les peupleraies plantées sont des boisements monospécifiques (une seule espèce) et monoclonaux. En Europe, la populiculture utilise essentiellement trois espèces et leurs hybrides : *Populus nigra*, espèce eurasiatique, *P. deltoides* et *P. trichocarpa*, espèces nord-américaines ; ce sont principalement des hybrides « euraméricains » entre *P. deltoides* et *P. nigra*, ou des hybrides « interaméricains » entre *P. deltoides* et *P. trichocarpa*.

Forêts alluviales et peupleraies : adversaires ou complémentaires ?

Une exploitation adaptée des forêts alluviales permet de protéger ces écosystèmes en favorisant la régénération naturelle des espèces indigènes et en luttant contre certaines espèces invasives comme le robinier ou l'érable negundo.

Ce qu'il faut retenir

Les espaces alluviaux sont composés de forêts alluviales dont la formation et la composition sont liées au fonctionnement hydrologique du fleuve, de peupleraies cultivées.

Il est important de combiner une valorisation économique et une gestion environnementale de ces espaces.

Quelles sont les espèces exotiques présentes le long du Rhône ?

Problème très ancien, les invasions biologiques ont pris une ampleur considérable durant les cinquante dernières années. Avec la banalisation des voyages et la recherche de nouvelles espèces commercialisables, la prolifération d'espèces invasives ne cesse de croître.

L'importance du phénomène

En France, le nombre d'espèces allochtones représente à peu près 10% du nombre d'espèces autochtones. L'expansion de l'aire occupée par ces espèces est très souvent liée aux systèmes fluviaux qui assurent leur

TABLEAU DES ESPÈCES EXOTIQUES PRÉSENTES DANS LA VALLÉE DU RHÔNE

Familles	Nom latin	Nom commun
Macrophytes	<i>Egeria densa</i>	Élodée dense
	<i>Elodea Canadensis</i>	Élodée du Canada
	<i>Elodea nuttallii</i>	Élodée de Nuttall
	<i>Lagarosiphon major</i>	Lagarosiphon
	<i>Ludwigia peploides</i>	Jussie rampante
	<i>Ludwigia grandiflora</i>	Jussie à grandes fleurs
	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Myriophylle du Brésil
Plantes riveraines	<i>Acer negundo</i>	Érable du Manitoba
	<i>Ailanthus altissima</i>	Ailante glanduleux
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Ambrosie à feuilles d'armoise
	<i>Amorpha fruticosa</i>	Faux-indigo
	<i>Aster lanceolatus</i>	Aster lancéolé
	<i>Aster novi-belgii</i>	Aster de Virginie
	<i>Aster squamatus</i>	Aster écailleux
	<i>Aster x-salignus</i>	Aster hybride
	<i>Bidens frondosa</i>	Bident à fruit noir
	<i>Buddleja davidii</i>	Buddleia du père David
	<i>Helianthus tuberosus</i>	Topinambour
	<i>Helianthus x-laetiflorus</i>	Topinambour hybride
	<i>Heracleum mantegazzianum</i>	Berce du caucase
	<i>Impatiens glandulifera</i>	Balsamine géante
	<i>Parthenocissus inserta</i>	Vigne vierge
	<i>Reynoutria japonica</i>	Renouée du Japon
	<i>R. sachalinensis</i>	Renouée de Sakhaline
	<i>R. x-bohemica</i>	Renouée hybride
	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Robinier faux-acacia
	<i>Senecio inaequidens</i>	Séneçon du Cap
	<i>Solidago Canadensis</i>	Solidage du Canada
	<i>Solidago gigantea</i>	Solidage glabre
	<i>Acacia dealbata</i>	Mimosa d'hiver
<i>Baccharis halimifolia</i>	Séneçon en arbre	
<i>Cortaderia selloana</i>	Herbe de la pampa	
<i>Paspalum dilatatum</i>	Paspale dilaté	
<i>Paspalum distichum</i>	Paspale distique	
<i>Phyla filiformis</i>	Lippia	
Cnidaires	<i>Craspedacusta sowerbyi</i>	
	<i>Cordylophora caspia</i>	
Bryozoaires	<i>Pectinatella magnifica</i>	
	<i>Urnatella gracilis</i>	
Turbellariés	<i>Dugesia tigrina</i>	
Polychètes	<i>Hypania invalida</i>	

transport et la régénération de milieux pionniers qui favorisent leur implantation. Pour les plantes, l'altération des berges et des milieux annexes constitue un facteur favorable à cette colonisation. Pour les espèces animales, à partir de points d'introduction, l'extension de l'aire de répartition est facilitée le long des cours d'eau, voies de colonisation naturelles.

Certaines introductions sont très anciennes comme celle de la carpe, apportée par les Romains. D'autres sont très récentes comme *Jaera istri*, une aselle originaire du Danube dont les premiers spécimens ont été repérés en 2007.

Plus de quatre vingt espèces exotiques sont présentes dans la vallée du Rhône, les principales espèces sont répertoriées dans le tableau suivant.



Dikerogammarus villosus, crustacé amphipode d'origine Ponto-Caspienne, présent dans le Rhône à l'aval de Lyon depuis 1998 et à l'amont de Lyon depuis 2006 (© G. Caron)

Familles	Nom latin	Nom commun
Oligochètes	<i>Branchiura sowerbyi</i>	
Mollusques Gastéropodes	<i>Menetus dilatatus</i>	
	<i>Physella heterostropha/acuta</i>	
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	
	<i>Gyraulus parvus</i>	
	<i>Lythoglyphus naticoides</i>	
Mollusques Bivalves	<i>Dreissena polymorpha</i>	Moule zébrée
	<i>Corbicula fluminea</i>	
Crustacés	<i>Jaera istri</i>	
	<i>Gammarus roeseli</i>	
	<i>Gammarus tigrinus</i>	
	<i>Dikerogammarus villosus</i>	Crevette tueuse
	<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	
	<i>Orchestia cavimana</i>	
	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Crevette palomète
	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	
	<i>Hemimysis anomala</i>	Crevette rouge sang
	<i>Orconectes limosus</i>	Écrevisse américaine
	<i>Procambarus clarkia</i>	Écrevisse de Louisiane
Poissons	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Truite arc-en-ciel
	<i>Ameiurus melas</i>	Poisson-chat
	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche-soleil
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre
	<i>Gambusia affinis</i>	Gambusie
	<i>Micropterus salmoides</i>	Achigan à grande bouche
	<i>Silurus glanis</i>	Silure glane
	<i>Carassius auratus gibelio</i>	Carassin argenté
	<i>Carassius auratus</i>	Carassin doré
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe
	<i>Carassius carassius</i>	Carassin
	Amphibiens	<i>Rana catesbeiana</i>
Reptiles	<i>Trachemys scripta</i>	Cistude
Mammifères	<i>Myocastor coypus</i>	Ragondin
	<i>Ondatra zibethicus</i>	Rat musqué

Les biocénoses des berges du Rhône ont été altérées par les aménagements divers. L'essartage régulier des bancs de galets des Vieux Rhône, réalisé dans le cadre de l'entretien des voies d'écoulement en crue, met à disposition des plantes invasives des espaces vierges à coloniser.

De plus, le réchauffement climatique favorise l'installation d'espèces thermophiles (capable de vivre à des températures très élevées) (jussie, crevette palomète...). Une fois l'introduction effective, la dispersion rapide des individus, propagules ou des graines rend vaine toute tentative d'éradication ou de limitation de la colonisation.

■ Exemples d'espèces végétales invasives

- La jussie (*Ludwigia peploides*) recouvre très rapidement les surfaces d'eau libre des plans d'eau et canaux. Elle constitue un écran à la lumière et provoque l'asphyxie des étangs qu'elle colonise.
- Les Renouées du Japon (*Fallopia sp.*), transportées par les engins de chantiers et introduites le long des routes, colonisent les berges de rivières où elles constituent des fourrés denses éliminant toute autre espèce.
- L'Ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*), plante annuelle proche des armoises, se développe en été dans des espaces dépourvus de végétation. Elle colonise les champs de céréales récoltés et les berges de cours d'eau.

■ Exemples d'espèces animales invasives

- L'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), souvent introduite pour des raisons halieutiques, concurrence les espèces autochtones d'écrevisse toutes en voie de disparition.
- La tortue de Floride (*Trachemys scripta elegans*), introduite dans les zones humides par des personnes qui souhaitent s'en débarrasser, concurrence la cistude d'Europe, tortue indigène devenue rare dans le bassin du Rhône.
- La grenouille taureau (*Rana castesbeiana*), découverte il y a trois ans sur le Haut Rhône, limite les possibilités d'accès aux sites de reproduction des espèces de grenouilles autochtones.



Renouée du Japon sur les rives du Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS).



Groupe de tortues de Floride (© O. Born, A. Cadi).

Quel est l'impact des espèces invasives ?

Elles concurrencent les espèces autochtones (les plus vulnérables sont menacées de disparition) et les espèces locales qui ont une importance économique.

- Leur lutte et éradication a un coût économique.
- Elles peuvent avoir un impact sur la santé : l'ambrosie dont le pollen constitue un allergène affecte une part importante de la population.

Face aux espèces invasives, quelles sont les propositions du Plan Rhône ?

- Un observatoire pour localiser et suivre la progression des espèces.
- Une sensibilisation des professionnels intervenant en milieu naturel.
- La création d'un guide de bonnes pratiques.
- Une sensibilisation du public, vecteur de dissémination.
- Des actions d'éradication ou de contention de plantes exotiques envahissantes dans des secteurs prioritaires au regard de la biodiversité, de menaces sur la santé humaine ou d'impact sur l'économie locale.

Ce qu'il faut retenir

De nombreuses espèces exotiques sont présentes dans et au bord du Rhône.

Si l'impact de certaines d'entre elles reste relativement peu connu, d'autres posent des problèmes graves d'invasion biologiques et les moyens d'éradication sont souvent inefficaces en raison de la très grande capacité de colonisation de ces espèces.

Comment protège-t-on des îlots de nature sur le Rhône ?

Les paysages actuels du corridor alluvial rhodanien sont le résultat de l'histoire du fleuve et des hommes ; à défaut d'être « naturels », ils constituent un patrimoine indéniable.

L'accélération de l'occupation du corridor alluvial depuis le milieu du xx^e siècle et l'aménagement direct du cours d'eau ont conduit à une forte réduction des surfaces de milieux peu artificialisés et à la régression de nombreuses espèces végétales et animales. Face à cette pression croissante, divers projets de protection de sites ont vu le jour.

De nombreux outils visant à assurer la conservation du patrimoine naturel sont disponibles dans l'arsenal administratif et juridique ; la plupart d'entre eux ont été utilisés sur le Rhône. On peut classer ces différents outils en 3 grandes catégories.

Quels sont les outils réglementaires ?

Ils ont en commun d'avoir un texte fondateur (décret en Conseil d'État, délibération de l'exécutif régional ou arrêté préfectoral) qui détermine un périmètre sur lequel s'applique une réglementation adaptée au site et à ses enjeux.

- **La réserve naturelle.** Cet outil, initialement et uniquement à la disposition de l'État (Réserve Naturelle Nationale : RNN), a été étendu en 2005 aux Régions (Réserve Naturelle Régionale : RNR). La gestion de la réserve naturelle est assurée par une structure locale (établissement public, collectivité locale ou association loi 1901). Elle est supervisée par un « comité consultatif », rassemblant les acteurs du territoire, qui examine et donne son avis sur les orientations proposées par le gestionnaire.



Le Vieux-Rhône dans la réserve naturelle de la Platière (© B. Pont – Association des Amis de l'île de la Platière)

Exemple : la réserve de la Platière.

D'une superficie de 489 ha, la réserve naturelle fluviale de la Platière, située entre Sablons et Péage-de-Roussillon, a été créée en 1986. Elle est constituée d'une mosaïque de milieux (Rhône, lône, prairies, forêt alluviale, banc de gravier) riche pour la flore et la faune qu'elle abrite. Elle est gérée par l'association des amis de l'île de la Platière



Cheminement piétonnier dans le marais de Lavours (© G. Poussard).

qui doit assurer sa protection, sa gestion et l'accueil du public. L'année 2006 a été marquée par l'achèvement du plan de gestion de la réserve (1999-2005) pour lequel la priorité était les actions pédagogiques et de restauration et de gestion de l'hydrosystème et des habitats. Si les objectifs ont été atteints concernant la gestion des habitats, des efforts restent à faire pour mieux prendre en compte la dynamique fluviale et la fréquentation touristique.

■ **L'arrêté préfectoral de protection de biotope.** Cet outil est à la disposition du préfet pour assurer la conservation du biotope d'espèces animales ou végétales protégées par la loi. Aucun moyen de gestion n'est

prévu, mais le plus souvent des accords locaux permettent de financer la gestion des APPB.

À l'aval du barrage de Motz, entre le canal et le Rhône naturel, les îles de la Malourdie font l'objet d'un arrêté de biotope, géré par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie. Ce dernier assure ainsi la préservation des milieux naturels, en partenariat avec la Compagnie Nationale du Rhône (CNR).

Outre de nombreux castors, ce secteur accueille également des populations de sangliers.

Le défilé de Donzère et de Châteauneuf-du-Rhône fait également l'objet d'un arrêté de biotope qui permet de préserver le plateau calcaire qui constitue une zone de refuge pour de nombreuses espèces animales (une chauve-souris, le grand rhinolophe) et végétales (orchidées).



Quels sont les outils fonciers ?

Ils ont en commun d'être basés sur l'acquisition de terrains par une structure publique dans le but d'assurer la conservation du paysage, des milieux, de la faune et de la flore.

■ **Le conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (CELRL).** Cet établissement public de l'État a pour fonction d'acquies des

espaces sur le littoral maritime et des grands lacs. Son domaine d'intervention est donc limité sur le fleuve. Il a toutefois acquis quelques sites riverains du lac du Bourget et est surtout intervenu dans le delta. La gestion des terrains acquis par le CELRL est assurée par les collectivités locales ou des associations.

■ **Les espaces naturels sensibles départementaux.** Les départements ont la possibilité d'instituer la Taxe Départementale des Espaces Naturels Sensibles (TDENS) qui porte sur l'ensemble des permis de construire délivrés.

Cette taxe doit être consacrée à l'acquisition d'espaces naturels dans le but d'en assurer la conservation, la gestion et d'en permettre l'ouverture au public. La gestion est assurée soit directement par le Conseil général, soit par une structure partenaire.



Réserve naturelle de la Platière (© B. Pont-association des amis de l'île de la Platière)

Quels sont les outils contractuels ?

■ **Les CREN.** Les Conservatoires Régionaux d'Espaces Naturels sont des associations loi 1901 ayant pour but d'assurer la conservation de sites naturels. Ils agissent en privilégiant le partenariat avec les acteurs locaux pour mettre en place une gestion conservatoire. Ils peuvent également recourir à la maîtrise foncière ou d'usage. Ils se trouvent à la charnière des outils contractuels et fonciers.

■ **Les PNR.** Les Parcs naturels régionaux sont créés pour protéger et mettre en valeur de grands espaces ruraux habités. Ils concernent des territoires à dominante rurale dont les paysages, les milieux naturels et le patrimoine culturel sont de grande qualité, mais dont l'équilibre est fragile. Un Parc naturel régional s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine naturel et culturel (la charte).

■ **Réseau Natura 2000.** Deux directives européennes prévoient des dispositions afin d'assurer la conservation d'espèces ou de milieux considérés comme rares et/ou menacés à l'échelle de l'Union (directive «oiseaux» de 1979 et directive «habitats, faune, flore» de 1992). Ces deux directives prévoient la désignation par les états membres de sites abritant les espèces ou les milieux listés dans les annexes de ces directives. Chaque état membre a le choix des moyens à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif de conservation. La France a choisi de recourir prioritairement à des mesures contractuelles engageant les acteurs des sites (contrat ou charte Natura 2000).



(© Parc naturel régional de la Camargue/S. Marche)

La gestion de chacun de ces outils est organisée par un document de planification (plan de gestion, document d'objectifs...) qui définit les objectifs et prévoit les moyens pour les atteindre. Dans le cas des sites de corridor alluvial, une attention particulière doit être portée à la fonctionnalité de l'hydrosystème.

Dans de nombreux cas, plusieurs outils cohabitent ou se cumulent sur un même site afin de combiner les modes d'action.

Ce qu'il faut retenir

Des outils réglementaires, fonciers et contractuels permettent la conservation du patrimoine naturel rhodanien. Certains se cumulent sur un même site afin d'apporter les complémentarités d'actions nécessaires.

		Confluence Ain/Rhône	Rhône	Camargue	Total
APB	Nb	1	10	0	11
	Surf.	115,56	13,23	0	128,79
CELRL	Nb	0	0	3	3
	Surf.	0	0	8,93	8,93
Ramsar	Nb	0	0	1	1
	Surf.	0	0	848,06	848,06
Rbios	Nb	0	0	1	1
	Surf.	0	0	131,17	131,17
RN	Nb	0	3	2	5
	Surf.	0	11,84	141,87	153,71
PRN	Nb	0	0	1	1
	Surf.	0	0	847,75	847,75
SIC	Nb	1	7	1	9
	Surf.	6,80	155,93	246,67	409,40
ZSP	Nb	0	1	1	2
	Surf.	0	2,73	225,50	228,23

Récapitulatif des aires protégées présentes le long du Rhône, à la confluence Ain-Rhône en Camargue.

Nb = nombre de sites, Surf. = aire en km², APB : Arrêté Protection Biotope, CELRL : Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, Ramsar : Convention de Ramsar sur les zones humides, Rbios : Réserve de Biosphère, RN : Réserve Naturelle, PRN : Parc Naturel Régional, SIC : Site d'importance Communautaire, ZSP : Zone de Protection Spéciale.

Les conditions de réalisation d'une politique de restauration de milieu aquatique sur le Haut Rhône

Frontière administrative impossible à ignorer, le Rhône est aujourd'hui au cœur de projets interdépartementaux d'aménagement du territoire fluvial. Le cas du Haut Rhône aux frontières de la Savoie, de la Haute-Savoie, de l'Ain et de l'Isère semble constituer une bonne illustration de la complexité induite par l'existence d'un fleuve-frontière au sein d'un ensemble géographique cohérent.

Un projet de territoire se développe depuis plus de dix ans le long de ce tronçon de fleuve de 60 km et prend aujourd'hui un nouvel essor avec le lancement du Contrat de Projet Interrégional « Plan Rhône ». L'enjeu pour les maîtres d'œuvre de ce projet aura été, et restera, de transformer la complexité en atout et de faire du Rhône un trait d'union pérenne entre les hommes.

La crue de 1990, un élément déclencheur de la coopération interdépartementale

À la mi-février 1990, le Haut Rhône français est l'objet d'une crue d'importance centennale, inédite depuis 1944. Ce fut un épisode brutal dans l'histoire du fleuve. Choqués par l'ampleur du phénomène, des élus riverains de la Savoie de l'Ain et de l'Isère cherchèrent à en savoir davantage sur le fonctionnement du Rhône. Onze communes de Savoie créèrent un syndicat intercommunal de protection des berges, qui commença aussitôt à travailler avec ses deux homologues de l'Ain (13 communes) et de l'Isère (5 communes).

Les trois syndicats commanditèrent en 1991 une étude hydrologique et écologique. Sa première conclusion sera que les grandes crues, qui constituent le moteur naturel de la dynamique fluviale, ne peuvent être évitées. Confirmation est donnée que les ouvrages de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), construits



Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (© G. Poussard)



Vue sur le Rhône et le lac du Bourget du Grand Colombier (© P. Gaydou)

dans les années 1980, n'ont pas vocation à réduire les crues et ont obligation de ne pas entraver l'écoulement de l'eau. C'est ainsi que les terrains inondés en 1990 seront quasiment les mêmes qu'en 1944.

Un point primordial est également porté à la connaissance des élus : d'un point de vue écologique, le fonctionnement de l'écosystème fluvial a été altéré, mais il serait possible d'y remédier, du moins en partie.

Un Schéma de Gestion du Haut Rhône dresse, en 1994, le bilan des dysfonctionnements écologiques : dans les tronçons privés de la majorité de leur eau par les aménagements hydroélectriques, le fleuve se «chenalise», ses bras secondaires, les lônes, se comblent, les milieux annexes s'assèchent et la forêt alluviale tend à se banaliser et à évoluer vers des forêts moins liées au milieu aquatique.

Le Schéma de Gestion propose l'ébauche d'un programme d'action de grande envergure qui pourrait améliorer l'état écologique du fleuve.

Les principales mesures proposées sont l'augmentation du débit réservé au fleuve à l'aval des barrages et le recreusement d'une vingtaine de lônes.

Un contexte favorable pour une action interdépartementale : le Programme Décennal

La fin des années quatre-vingt-dix baigne dans un contexte global de meilleure prise en compte des questions environnementales et le concept de «développement durable» fait son chemin depuis la conférence de Rio en 1992. En 1998 est lancé le Programme Décennal de Réhabilitation Hydraulique et Écologique du Rhône.

La perspective d'une reconquête de l'environnement exceptionnel du Haut Rhône commence alors à se concrétiser dans l'esprit des élus et des techniciens, sur les deux rives du fleuve.

En 1999, sous la responsabilité des trois syndicats intercommunaux, débutent les études pour définir un programme de réhabilitation du Haut Rhône. Les trois syndicats reçoivent l'appui technique des services d'ingénierie de la CNR et de l'Agence de l'Eau. Les services de l'État demandent qu'un suivi social et économique soit intégré au projet et sollicitent la création d'un syndicat unique chargé de porter ce projet et d'être l'interlocuteur des différents partenaires.



Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (© J.-M. Olivier, UCBL CNRS)

Un Syndicat unique pour le portage politique de la réhabilitation, et davantage...

Le Syndicat du Haut Rhône (SHR) est créé en avril 2003. Il est composé des trois syndicats départementaux et de deux communes en adhésion directe. Le 20 mai est signée la convention pour la mise en œuvre, sur cinq ans, du Programme de Réhabilitation du Haut Rhône.

Le SHR s'engage dans le portage, l'animation, la coordination et la communication autour du programme, entre la confluence du Fier à l'amont et le pont de Groslée à l'aval.

Conformément à ses statuts, le SHR peut également porter tout projet relevant d'une logique de développement durable en lien avec le fleuve. Cette compétence est cohérente avec l'ambition du Programme Décennal qui souhaite, au-delà des enjeux environnementaux, inscrire les projets de restauration du milieu aquatique dans une perspective d'aménagement du territoire. Il s'agit de « *valoriser la reconquête du Rhône par des initiatives locales de développement et de valorisation socio-économiques durables, qui constituent, de fait, un objectif essentiel* ».

Un programme qui s'achève sur de nouvelles perspectives

Dix-sept ans après l'élément déclencheur que fut la crue de février 1990, porté par la volonté d'élus persévérants, par le travail des techniciens, et soutenus par l'intérêt des riverains, le Programme de Restauration hydraulique et écologique du Haut Rhône 2003-2008 touche à sa fin. La mise en œuvre de ses mesures « phares » s'est achevée en 2006. Les débits minimums ont été augmentés dans les tronçons court-circuités du Rhône et 22 îles ont été réhabilitées.

Afin d'évaluer les effets de ce programme, l'impact écologique et social de la réhabilitation continuera à être mesuré jusqu'à la fin de 2008. Des équipes pluri-disciplinaires (écologues, sédimentologues et sociologues) sont chargées de déterminer si les travaux et l'augmentation des débits sont bénéfiques pour les milieux aquatiques et si, d'autre part, la restauration du fleuve motive de manière effective la ré-appropriation des espaces alluviaux par les riverains du Rhône dans leur vie quotidienne et leurs loisirs.

Dans le contexte de la fin prochaine du Programme de Réhabilitation du Haut Rhône, la signature en mars 2007

du Contrat de Projet Interrégional « Plan Rhône » apparaît comme une occasion de poursuivre, renforcer et concrétiser les habitudes de travail bâties au fil des ans entre les élus des trois départements.

À l'échelle du Haut Rhône, l'objectif de ce plan est de fédérer et d'articuler tous les projets liés au Rhône dans les domaines du tourisme, de l'environnement, du patrimoine et de la prévention du risque d'inondation. La prise en compte d'un espace géographique de grande dimension et des interactions entre l'ensemble des compartiments formant la mosaïque du paysage de cette région, permettront la mise en place d'une gestion intégrée probablement très efficace tant d'un point de vue écologique que socio-économique.

L'élaboration d'un « **Schéma de développement durable du Haut Rhône de Seyssel à Groslée** », en cours à la date de rédaction de cet article, est déjà l'occasion de créer de nouveaux lieux de débat et de réflexion où se réunissent les élus, les techniciens et les acteurs de l'économie locale des territoires riverains du fleuve dans quatre départements.

La question de l'association des personnes habitant de part et d'autre du fleuve à cette réflexion mérite enfin d'être posée. La prise de conscience environnementale de chaque individu, souhaitée de toute part dans le contexte actuel, est grandement tributaire de sa perception du pouvoir de ses propres actes sur son environnement.

Cette perception peut être aidée par le biais de dispositifs de sensibilisation « descendants » comme le journal *Ô Rhône* du SHR.

La mise en place d'outils « ascendants » et pérennes de consultation, comme le questionnaire distribué et recueilli par l'Agence de l'Eau dans le cadre de la Grande Consultation sur l'Eau (un outil ascendant mais non pérenne) serait sans doute une piste à explorer si la volonté se faisait jour, au sein des organes locaux décisionnels interdépartementaux, de mobiliser plus directement les riverains sur les questions liées au fleuve.

Ce qu'il faut retenir

La crue du Haut Rhône de 1990 a été le déclencheur d'une dynamique interdépartementale.

Des études, commanditées par des élus locaux de trois départements, ont mis en évidence de profonds dysfonctionnements écologiques. Avec l'appui des institutions et de scientifiques, un programme de réhabilitation du fleuve a été élaboré.

Sa mise en œuvre, portée localement, a permis une amélioration de la qualité des milieux aquatiques.

En 2007, les intercommunalités riveraines souhaitent poursuivre la dynamique et se saisissent notamment du « Plan Rhône » pour élaborer un nouveau projet de territoire.

Culture et patrimoine



Le paradoxe de la gestion de l'eau en Camargue

La mobilité naturelle dans le delta du Rhône, avec les divagations des bras du fleuve, les inondations, les entrées maritimes, a été pendant longtemps contradictoire avec toute idée d'implantation humaine permanente. Dans une optique agricole, les réponses à ces contraintes se déclinent en trois grandes opérations d'aménagement qui ont débuté dès le Moyen Âge : endiguement du fleuve, drainage des marais et irrigation.

La Camargue a été structurée par les activités humaines

Les endiguements pour s'abriter des inondations ont eu pour effet imprévu d'accentuer la salinité des sols. En effet, le déficit hydrique qui caractérise le delta du Rhône (500 mm de pluie et 1 000 mm d'évaporation), associé à la présence d'une nappe phréatique salée, favorisait les remontées de sel et stérilisait les sols du fait de l'absence de dilution et de limonage par les crues.

Il fallut un puissant réseau d'irrigation pour compenser artificiellement et de façon contrôlée le mécanisme naturel des crues. Ce système devint vraiment performant à partir du XIX^e siècle grâce à l'invention de la machine à vapeur qui permit d'établir des stations de pompage sur les berges du Rhône et d'introduire de l'eau douce dans le delta pour y développer une agriculture permanente.

Conséquences indirectes de l'arrêt de l'industrie salinière pour les flamants roses

L'industrie salinière ayant cessé ses activités en 2007, l'étang du Fangassier où se reproduisent les flamants roses chaque printemps n'a pas été mis en eau faute de pompage à la mer et, pour la première fois depuis très longtemps, il n'y a pas eu de reproduction de l'espèce en Camargue.

L'arrêt d'une activité économique, en intervenant sur la gestion de l'eau, a eu un effet négatif sur le plus célèbre symbole d'une Camargue naturelle ! Il est certain que si la riziculture connaissait le même sort, l'avifaune inféodée aux milieux doux serait elle aussi sérieusement menacée.



Porte-eau en fonctionnement (PNR Camargue - J. Faure).

Actuellement, cent cinquante trois pompes électriques introduisent 400 millions de m³ d'eau du Rhône dans le delta ; ces importants frais de mise en valeur sont rentabilisés par la riziculture.

Depuis 1953, la moitié des eaux de drainage agricole est renvoyée au Rhône, l'autre moitié étant drainée par gravité vers les grands étangs centraux de Camargue. Six bassins de collecte régulent le drainage. Les importants investissements nécessaires à cette mise en valeur expliquent la structure capitaliste de l'agriculture camarguaise et ses grandes exploitations.



Flamants roses (© PNR Camargue – J. Faure).

En 1855, la moitié sud du delta était vouée à la production de sel. La gestion salinière de l'eau était inverse de celle de l'agriculture : sur 20 000 ha de basse Camargue, l'entreprise introduisait, à l'abri de la Digue à la mer, de l'eau de mer pour produire 800 000 t/an de sel.

L'étang du Vaccarès, au centre du delta, propriété des Salins mais zone de drainage agricole, devint source de conflit. Ce conflit fut résolu en 1927 par la création de la « réserve nationale de Camargue » sur cette zone d'étangs devenue saumâtre du fait de cette gestion contradictoire de l'eau.

Biologiquement très productive, la réserve de Camargue a contribué à construire socialement la Camargue comme espace naturel. Parallèlement, au début du xx^e siècle, le mouvement romantique du « félibrige » a érigé ces milieux lacustres en martyrs du progrès.

À partir de 1960, la politique d'aménagement du territoire a désigné la Camargue comme « coupure verte » entre les aménagements touristiques du Languedoc-Roussillon à l'Ouest et la zone industrielle-portuaire de Fos-sur-Mer à l'Est. En 1970, est créé le « Parc Naturel Régional de Camargue » pour protéger cet espace, défini comme naturel, des agressions humaines dont il serait menacé.



Stockage du sel dans le delta du Rhône (© P. Gaydou).

La Camargue est-elle aussi naturelle qu'on le croit ?

Ce bref état des lieux contient à lui seul tous les ingrédients qui nourrissent les crises que connaît la Camargue contemporaine.

Pour les surmonter, il est nécessaire de revisiter et de déconstruire bien des mythes contemporains la concernant. Le premier est fait de la segmentation habituellement opérée entre ce qui est naturel et ce qui ne l'est pas.

Les activités humaines sont importantes pour le maintien de la biodiversité

Depuis l'endiguement généralisé du delta suite aux inondations de 1856, cette « zone humide d'importance internationale » ne serait plus sans les apports d'eau artificiels opérés par l'industrie salinière et l'agriculture irriguée. Les grands marais qui occupent les dépressions camarguaises doivent leur survie aux apports d'eau des drainages agricoles. La protection de la biodiversité passerait donc par le maintien des activités humaines souvent accusées de dénaturer la Camargue.

La variabilité naturelle et saisonnière de la Camargue a laissé la place à une variabilité spatiale économiquement organisée. Au lieu de se succéder dans le temps, les milieux tantôt adoucis par les pluies et les inondations de l'hiver, tantôt salinisés par l'évaporation estivale, se répartissent dorénavant entre milieux adoucis par l'agriculture et milieux saliniers permanents. En contre-partie, l'hydrologie de la Camargue est inversée par rapport à ses rythmes naturels, elle est plus humide en été qu'en hiver et l'eau du Rhône qu'elle reçoit est de qualité médiocre quand s'y rajoutent les intrants agricoles de la riziculture.

Pour une gestion « durable » de la Camargue, il ne s'agit plus d'opposer le naturel et l'artificiel, mais de faire en sorte que ces milieux hybrides ou « socio-naturels » soient gérés au mieux des intérêts de la vie, parce que la qualité de l'eau, des sols et de la biodiversité sont indispensables à la vie, qu'elle soit humaine ou non humaine.

Revenir à l'état naturel est une utopie

L'important est de penser l'avenir en favorisant une gestion concertée de l'eau

Le Parc Naturel Régional de Camargue va dans ce sens en tentant d'organiser une gestion concertée de l'eau entre toutes les parties prenantes, agriculteurs, pêcheurs, protecteurs de la nature. Pour gérer l'hydrauli-



Roubine en hiver (© PNR Camargue - E. Vialet).

que au mieux des intérêts de tous, il existe une commission exécutive de l'eau, un projet de charte de l'eau et un projet de contrat de delta.

À contrario, les crises du Parc de Camargue, qui défraient régulièrement la chronique, sont encore révélatrices de l'affrontement récurrent entre acteurs économiques du delta et gestionnaires publics de la protection de la nature, entre producteurs et protecteurs, schéma inapte à rendre compte du fonctionnement de l'hydrosystème.

Un syndicat mixte ouvert aux acteurs économiques, a été mis en 2007. Il s'inscrit dans le sens d'une gestion plus intégrée de la Camargue.

Le débat autour de la gestion des risques d'inondation doit dépasser le clivage entre naturel et artificiel.

Il est évident que la désignation des lieux comme naturels, voire paradisiaques, avait contribué à l'oubli du risque et au non entretien des digues. Les digues ont bloqué la sédimentation du delta qui devient de ce fait de plus en plus sensible aux événements extrêmes, mais il est socialement inacceptable de revenir en arrière.

Il convient de redonner de la mobilité au fleuve

Alors, plutôt que d'adopter une politique de grands ouvrages, c'est-à-dire d'affrontement Homme-Nature, il apparaît plus judicieux de composer en redonnant de la mobilité au fleuve, en établissant des déversoirs pour soulager les digues, en favorisant l'évacuation des eaux à la mer et en interdisant toute nouvelle implantation en zone à risque.

Le paradoxe de la gestion de l'eau en Camargue, c'est finalement que l'artificialisation a produit des milieux valorisés comme naturels par la société et que leur sauvegarde passe dorénavant par la prise en compte des activités humaines qui en sont à l'origine.

C'est aussi une belle incitation à une pensée renouvelée autour de la nécessaire prise en compte des rapports Homme-Nature comme objet réunifié.



Les rives de l'étang de Malagroy (© PNR Camargue - S.Marchel).

Ce qu'il faut retenir

La notion de naturel est délicate : les nombreux travaux réalisés sur la Camargue pour lutter contre les crues, concilier l'extraction du sel et les activités agricoles, ont créé un milieu sur lequel les espèces végétales et animales ont trouvé un équilibre.

La remise en cause de ces activités remet en cause l'équilibre.

Au-delà d'un naturel idéalisé, l'essentiel est de définir la finalité de ces espaces dans une concertation constructive.

De quoi est constitué le patrimoine rhodanien ?

L'énergie électrique produite par les barrages n'est pas la seule richesse du Rhône. À la fin du xx^e siècle se sont progressivement imposées les valeurs culturelles et sociales du fleuve : diversité des milieux et des paysages, multiplication des usages...

Sur cette palette de valeurs plurielles, est née la conviction que le Rhône est un bien commun, un patrimoine dont nous héritons et que nous avons à transmettre.

Digues, épis et barrages...

Cette notion de fleuve-patrimoine fait écho à un large mouvement culturel qui a progressivement considéré le caractère essentiellement non-marchand de sites, d'espaces naturels remarquables soulignant leur caractère inaliénable et collectif.

Mais que reste-t-il du patrimoine rhodanien après l'aménagement systématique du fleuve au xx^e siècle, qui provoqua de tels bouleversements et produisit une rupture profonde avec les riverains et les sociétés locales ? Il convient en effet de considérer la rareté des objets mobiliers et immobiliers de la vie fluviale pour la période antérieure. Croix de mariniers, tours de bac à traîlle, vestiges d'embarcations, constituent une collection très limitée. Ainsi, les ponts représentent des témoins d'une histoire technique et industrielle (les plus célèbres étant les ponts suspendus des frères Seguin). Les aménagements du Rhône ne débutèrent pas avec la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) ! L'empreinte des travaux conduits au xix^e siècle par l'ingénieur Girardon marque encore les paysages des rives. Ces épis, digues et barrages font désormais partie du patrimoine rhodanien et pas seulement Génissiat, symbole de la modernité de l'après-guerre, époque à laquelle le Rhône fut mis « au service de la nation ».

Un patrimoine vivant

La culture rhodanienne, faite de la familiarité des communautés riveraines, constituait avant tout un patrimoine immatériel : savoir-faire, pratiques, techniques, usages, croyances, rites...



Toueur à Valence. Le toueur « l'Ardèche » dernier témoin de la navigation à vapeur rhodanienne (© Frapna RA).



Lâcher d'objets flottants non identifiés (OFNI) à Givors (© MDRF).

En moins d'un siècle un fleuve nouveau est né et la culture d'un fleuve quelque peu mythique relève pour l'essentiel d'un temps révolu. Pour autant la vie des riverains reste marquée par la présence physique et mentale du fleuve : alors que sa traversée est devenue aujourd'hui quotidienne et banale, persiste dans les relations de rive à rive, le sentiment d'une frontière mais aussi l'attirance, le lien avec la rive d'en face. L'espace vécu s'est affranchi des contraintes physiques du fleuve et les usages se développent de nouveau, retrouvant des rituels (fêtes du Rhône, décizes...) inventant de nouvelles fréquentations : itinéraire vélo Léman-mer (en cours de réalisation), sentiers de découverte, centres d'observation de la nature, navettes fluviales (toujours en débat)...

Que l'on considère le fleuve comme un plan d'eau (aviron, jet ski, kayak) comme un littoral (Lyon ou Avignon) ou comme une voie d'eau (croisière, plaisance...) ce sont tout à la fois des savoir-faire, des pratiques, des usages qui témoignent d'une culture du fleuve contemporaine. Ainsi, c'est bien le fleuve comme patrimoine vivant qui est investi par les riverains et les visiteurs.

Patrimoine culturel ou patrimoine fluvial ?

Le patrimoine rhodanien n'est pas un ensemble fini dont on aurait une fois pour toutes établi l'inventaire. Il témoigne de la nature des rapports que les hommes entretiennent avec le fleuve, de la considération qu'ils lui portent et pas seulement des bénéfices qu'ils en retirent. Dès lors, patrimoines culturel et naturel sont indissociables.

Objet de nature, le fleuve ne peut garder ces valeurs que dans la mesure où il conserve sa capacité de résilience aux impacts générés par ses usages mais aussi, si se maintient son caractère désirable, seule garantie de l'attachement que les hommes lui manifestent. Un attachement menacé par les pressions qu'ils exercent et garant que leur propre estime se refléchit en lui comme milieu de vie.

Ce qu'il faut retenir

En bouleversant la familiarité des riverains avec le Rhône, l'aménagement systématique est venu perturber un ensemble de pratiques, savoir-faire, usages... Aux côtés de ce patrimoine immatériel, subsistent quelques vestiges d'un passé révolu.

Avec la période moderne viennent s'ajouter à cette « collection » de nouveaux objets patrimoniaux, la ré-invention d'un rapport au fleuve construisant le Rhône du XXI^e siècle.

Le Rhône est-il porteur d'une culture de fleuve pour ses riverains ?

Il peut a priori paraître surprenant de parler de culture à propos du fleuve. Pourtant, lorsque l'on examine les différentes dimensions des relations qui l'unissent à ses riverains, on mesure combien il structure leur quotidien. Émerge alors un ensemble de traits faisant que l'on peut se reconnaître comme partageant une même histoire et une même familiarité avec cet élément de nature.

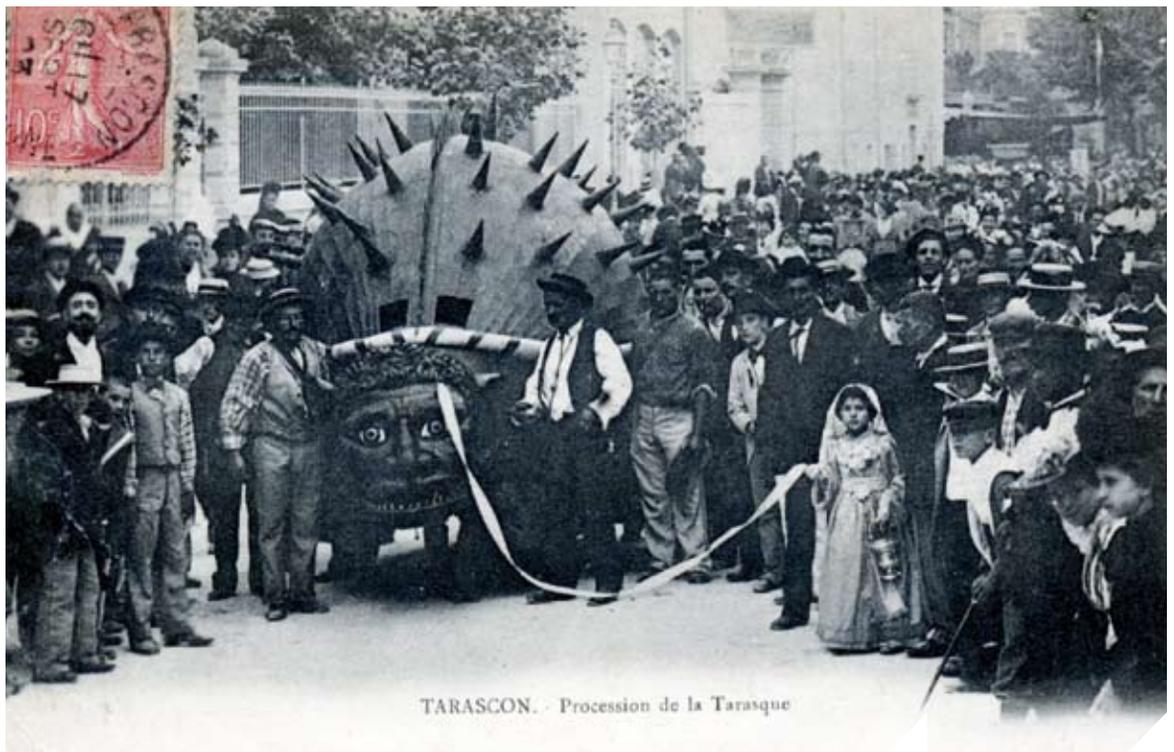
Savoirs et savoir-faire

Si le Rhône « fait culture », c'est parce que ses riverains en tirent parti : s'alimenter, échanger, transformer son courant en énergie... sont quelques unes des fonctions qu'il remplit. Or, ceci ne peut s'envisager sans élaborer des dispositifs techniques : du plus simple – une ligne de pêche, au plus compliqué – un barrage. Ainsi, utiliser le fleuve oblige l'Homme à inventer, à construire... ; s'édifie ici un ensemble de savoirs et savoir-faire sans lesquels l'entreprise se révélerait vite impossible.

Car, le fleuve est un élément de nature changeant : assecs et hautes eaux, déplacements du lit... se succèdent dans le temps et dans l'espace ; il réagit également à l'empreinte de l'Homme et de ses activités : digues, plantations, urbanisation, barrages... Dès lors, l'ensemble des savoirs construits et acquis par tous ceux qui sont en relation avec le Rhône doivent en permanence être recomposés pour intégrer les conséquences de ces actions sur le milieu ainsi que sa transformation sous l'effet de facteurs externes.

Un voisin envahissant

Si le Rhône « fait culture » c'est aussi parce qu'il constitue un « voisin envahissant » : toute son histoire est marquée par les grandes inondations, qui masquent cependant celles de moindre importance qui envahis-



TARASCON. - Procession de la Tarasque

La Tarasque, monstre légendaire du Rhône (© MDFR).



La Tarasque se fête toujours à Donzère (© coll. Rondeau - MDRF).

au Rhône. Techniques, inventions, savoirs en sont les conditions matérielles à partir desquelles peut se voir comment l'Homme joue avec la nature. Mais, ce jeu est aussi le fruit des valeurs dominantes et des représentations qu'il se fait de cette relation : faire avec et maîtriser sont deux attitudes différentes se traduisant dans des dispositifs dont les effets sur le milieu naturel n'engendreront pas les mêmes conséquences.

Le fleuve est aussi un « théâtre social » : c'est par lui que le petit garçon intègre le groupe des jeunes gens à l'occasion de l'épreuve de sa traversée à la nage ; il est le support de fêtes et manifestations révélatrices de la valeur que la société lui donne, à un moment donné de son histoire ; il est le personnage central d'histoires qui se colportent en permanence.

Miroir et territoire

Enfin, s'il peut prendre l'allure d'une frontière, parce qu'il est sans cesse parcouru en tous sens, il représente un territoire qui à la fois sépare et unit ses riverains.

De même, c'est parce qu'il engloutit et transporte au-delà qu'il constitue un commode réceptacle pour les déchets des sociétés qui le bordent. Et puis, à le côtoyer on s'aperçoit vite qu'à l'image de l'Homme lui-même il est toujours identique et toujours différent, coulant sans cesse comme s'écoule jour après jour la vie humaine.

C'est donc cet ensemble complexe constitutif de la relation des riverains avec le Rhône qui, au fil des générations, se transmet et se recompose. Pratiques, usages, représentations s'inscrivent au sein d'une histoire que chacun interprète et reconstruit en permanence, au gré des événements qui font le quotidien des cités riveraines.

Et parce que cette histoire est propre au Rhône, parce que sa fréquentation appelle des savoirs qui lui sont spécifiques, parce que cette relation produit des effets originaux..., nous pouvons parler d'une culture de fleuve.

saient quand même régulièrement les cités riveraines.

La solidarité est une des réponses que les sociétés locales apportent à un phénomène qui désorganise leur quotidien, couplée à la mobilisation de savoirs visant à anticiper le phénomène, ainsi qu'à une organisation de la ville et de l'habitat permettant de vivre avec l'aléa.

Jouer et se jouer

C'est donc dans cette confrontation permanente avec le fleuve à la fois ressource et menace que se construit la relation

Ce qu'il faut retenir

Parce que la relation Homme/Fleuve est faite de technique, de symbolique, de juridique... elle fait « culture » au sens où elle structure et organise la vie, les façons de faire, les modes de penser des riverains du Rhône.

Cette culture est mouvante et changeante au gré des événements que connaît et subit le fleuve.

Quelles relations entre les villes et le Rhône ?

Un véritable chapelet urbain de petites et moyennes villes s'égrène le long du Rhône à l'aval de Lyon dont l'agglomération domine l'ensemble de la vallée. Quels sont les liens qui unissent le Rhône et les villes ?

Le fleuve est un milieu contraignant. Depuis la fin du XVIII^e siècle, le Rhône a fait l'objet d'une artificialisation via l'édification des quais et des digues. Les rives ont ainsi été stabilisées par plusieurs siècles d'aménagement, mais les inondations se répètent, comme dans le quartier arlésien du Trébon, inondé en décembre 2003. La présence du Rhône est donc une des fortes composantes de l'organisation spatiale des villes.

Les villes du Rhône à l'aval de Lyon



L'inondation du quartier du Trébon, Arles - décembre 2003 (© E. Delahaye).

Les villes du Rhône à l'aval de Lyon.

L'agglomération lyonnaise est la seule grande ville au sein du chapelet urbain qui s'égrène le long du Rhône. Les autres villes sont de petites villes à l'exception d'Avignon et Valence, villes moyennes (© E. Delahaye).

Quelles sont les fonctions urbaines maintenues à l'époque contemporaine ?

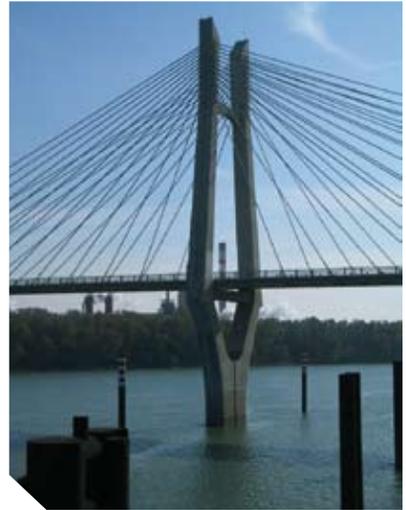
Si certaines fonctions ont disparu telle la fonction défensive, le Rhône formant une douve naturelle, d'autres perdurent. La fonction logistique s'est modifiée. Le transport de marchandises a connu son apogée relative au milieu du XIX^e siècle avant de décliner. Handicapé par les aléas naturels (forte pente, basses eaux, englacement, crues), il a été concurrencé par le rail (ligne Paris-Lyon-Marseille) et la route (RN 7 puis A7 implantées sur les berges du fleuve à Vienne et Valence). Initialement au cœur

des villes, les ports marchands ont été déplacés en périphérie, comme le port de Valence qui a déménagé à Portes-Lès-Valence. Certains ports se tournent vers les conteneurs (Lyon, Valence), ouvrant une nouvelle voie pour le transport rhodanien qui redécouvre la croissance. Le Rhône continue d'alimenter les villes en eau, et les établissements industriels sont implantés de manière irrégulière. L'énergie hydraulique, qui servait auparavant au fonctionnement des moulins-bateaux, est aujourd'hui valorisée par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) et Électricité de France (EDF) pour les barrages hydroélectriques. Un certain nombre se trouve au droit de villes, comme Reventin-Vaugris au sud de Vienne.

Quelles sont les fonctions urbaines réactivées ?

Les enjeux actuels du Rhône urbain résident dans la possibilité de transformer la contrainte fluviale en atout.

- Le Rhône dispose d'un patrimoine d'ouvrages d'art : les ponts (pont Saint-Bénézet à Avignon, construit par les frères pontifes en 1192, le pont à haubans de Tarascon inauguré en 2000), les quais, les digues (digue de la Banquette de Beaucaire) et les ouvrages de la CNR.
- Le Rhône aménagé a permis le développement du tourisme sur le fleuve. Les paquebots-hôtels font halte au droit des villes et alimentent ainsi le tourisme urbain. À Avignon, les croisiéristes accostent le long des allées de l'Oulle. Les villes soignent leurs appontements, comme à Arles. Elles sont conscientes de la valeur économique de cette manne touristique. Le Rhône est un espace de loisir pour les sports nautiques (joutes, planche à voile, navigation de plaisance). Des ports de plaisance sont aménagés, comme celui de Valence.
- Dans le cadre de l'essor des préoccupations environnementales, le fleuve offre un espace de nature au sein des villes ; il est attractif pour le développement de banlieues résidentielles, comme à Guilhaud-Granges (07) en face de Valence ou à Villeneuve-lès-Avignon (30). Les berges accueillent des équipements récréatifs, comme des terrains de sport à Beaucaire. À Lyon, sont lancées des opérations d'urbanisme privilégiant les fonctions de services, de loisirs et la convivialité. Les berges du Rhône qui servaient de parkings ont été récemment transformées en un parc urbain doté de voies piétonnes et cyclables. Ces réaménagements, qui concernent essentiellement la ville de Lyon, participent au façonnage d'une nouvelle image de marque des berges urbaines rhodaniennes.



Le pont à haubans sur le Rhône entre Tarascon et Beaucaire. D'une longueur de 407,50 m, ce pont relie Tarascon à Beaucaire depuis 2000 (© E. Delahaye).



Vue des quais du Rhône à Lyon (© G. Poussard).

Ce qu'il faut retenir

Le Rhône est un fleuve urbanisé dans la traversée des villes. Ses contraintes naturelles ont suscité la réalisation d'aménagements urbains, notamment pour lutter contre les inondations.

Le fleuve conserve certaines fonctions urbaines spécifiques : alimentation en eau, énergie, transport. D'autres sont revalorisées par les villes : loisirs, tourisme, cadre paysager.

Différentes fonctions coexistent ainsi sur les rives, la société imprimant sur son fleuve ses évolutions.

Comment peut-on être rhodanien ?

Chaque société se compose de groupes d'individus qui se reconnaissent comme appartenant à un territoire. À une époque où chacun prend conscience de l'équilibre fragile de son espace, de son fleuve, que signifie se dire rhodanien ?

Un rhodanien appartient au « monde biophysique Rhône »

Les hommes ont de nombreuses façons de s'assembler en groupes au sein desquels ils se reconnaissent comme des semblables, et en même temps comme différents de ceux qui n'en font pas partie. Par-delà les liens de filiation qui forment les familles, les clans, ce peut être le partage d'une même langue, l'adhésion à une même religion, ou, plus étroitement l'engagement pour les mêmes causes... etc. Il n'existe pas de société humaine qui ne soit fondée sur la distinction entre des « nous » et des « eux ». Il n'existe pas – pour un sociologue – de Robinson Crusoe. Parmi ces éléments distinctifs, il en est un que tous les hommes partagent, celui d'être nés et/ou de vivre quelque part. Le mot nation en porte d'ailleurs la trace qui prétend réunir en un même ensemble culturel et politique tous les natifs d'une circonscription territoriale donnée. Reste à savoir sur quelles bases spatiales ladite circonscription est construite ; ces bases peuvent changer d'une période à l'autre, et peuvent être contestées au nom d'autres attachements plus locaux.

Avec la progressive prise en compte du monde bio-physique qui les entoure (une biosphère qui n'est plus exploitable à l'infini et dont l'avenir apparaît comme étant de leur responsabilité), nos contemporains sont devenus de plus en plus sensibles à la façon de définir les espaces qu'ils habitent. Le succès social de l'écologie – science de l'habitat des vivants – en porte témoignage ; mais aussi la mise en place de nouvelles politiques publiques dédiées par exemple à la gestion des bassins hydrographiques. Or, qu'est-ce que se dire « rhodanien » sinon s'identifier à un élément de ce monde bio-physique, un fleuve, et ainsi, professer un attachement à son égard ?

Avant, être « rhodanien » allait de soi

C'est du moins ce qu'il est possible de penser des riverains de ce fleuve pour qui, être riverain, précisément, avait des implications très concrètes sur la vie quotidienne (les crues, les inon-



Fêtes de la ville à Givors (© MDRF)

datations, la pêche, la navigation, l'irrigation, les baignades, les joues, les guinguettes...). Être rhodanien alors, c'était tout au long des rives du Rhône, partager cette expérience de la vie à proximité d'un fleuve fougueux et se sentir solidaire des autres riverains. Avec les travaux d'aménagement du fleuve, ces pratiques de proximité ont disparu en grande partie. N'en est restée alors que la trace des souvenirs chez ceux qui les avaient vécus. N'étaient plus rhodaniens que les seuls habitants du département du Rhône.



Quai d'Arles (© P. Gaydou)

Aujourd'hui, être rhodanien se réapprend

À la faveur de ce retour au monde bio-physique, qui a fait redécouvrir les liens entre les hommes et la nature, sont également revenus à la mémoire ces pratiques fluviales partagées par les communautés riveraines. Les proximités culturelles que les aménagements avaient fait oublier ont peu à peu ressurgi pour redevenir des supports d'identité. Le Centre pour une Anthropologie du Fleuve créé en 1990 en témoigne qui, sous le nouveau nom de Maison du fleuve Rhône (à Givors), allait accompagner cette redécouverte. Les collectivités territoriales qui, elles aussi, s'étaient détournées du fleuve, réalisent à nouveau combien il peut être à la fois une ressource patrimoniale dans une économie touristique mais aussi un lien entre elles pour une politique globale vers un aménagement plus respectueux de l'environnement. Jusqu'à la Région Rhône-Alpes elle-même, dont les huit départements sont traversés par le fleuve, qui redécouvre la vertu identitaire d'une partie de son appellation en faisant du Rhône un des axes majeurs de sa politique territoriale. Avec le Plan Rhône enfin, signé en mars 2006, c'est l'ensemble des Régions riveraines qui, avec l'État, et suite aux inondations de 2002 et 2003 reconnaissent la nécessité de prendre en compte les soucis des « rhodaniens ».

Ce qu'il faut retenir

Être rhodanien, c'est appartenir au groupe qui a un attachement au Rhône.

Avant les aménagements, c'était une évidence pour les riverains du fleuve qui vivaient avec lui. Quand celui-ci est devenu « comme un canal », ce sentiment est tombé en désuétude.

Il faut attendre les années 1990, époque de prise de conscience de la nécessité de préserver notre monde bio-physique, pour que se développe un nouveau sentiment d'appartenance au Rhône.



Lyon la nuit (© G. Poussard)

Peut-on identifier un paysage rhodanien ?

Au long de l'axe fluvial et d'une rive à l'autre, les paysages de grands bassins et de défilés à coteaux se succèdent pour composer une mosaïque, où se mêlent trames urbaine et périurbaine, sites patrimoniaux et espaces naturels, infrastructures de transport, activités commerciales, industrielles et agricoles.

À quoi reconnaît-on les paysages du Rhône ? Une cohérence paysagère émane-t-elle d'un tel patchwork ou les séquences se juxtaposent-elles sans autre lien que la présence physique du fleuve ?

Les coteaux viticoles, un des rares éléments permanents, du Valais au Gard

Les mutations paysagères subies au cours des siècles nous renseignent finement sur l'étroite association société-paysages : premiers agencements géométriques des vignes avec l'apparition de la force animale ; abandon des terrasses au profit des plaines au moment où le travail agricole se modernise.

À l'image de l'initiative menée depuis une dizaine d'années sur l'appellation Saint-Joseph (Côtes du Rhône septentrionales), le retour en force de la tradition amorce une nouvelle recomposition paysagère, directement connectée au contexte économique.

En renouant avec les coteaux de forte pente, les vignes deviennent l'instrument privilégié de promotion et de revalorisation d'un produit, dans une savante combinaison entre terroir, savoir-faire et terrasses emblématiques.

Singularité, diversité ?

Sans céder à la facilité de désigner le couloir fluvial comme fil d'Ariane, quelle corrélation établir entre les différents types de paysages qui, de la Suisse à l'embouchure maritime, s'installent, s'interrompent, resurgissent, se côtoient ou s'affrontent d'une rive à l'autre ? Peut-on dès lors évoquer une quelconque particularité ?

Précisons que la notion de paysage rhodanien ne se superpose pas avec celle de paysage fluvial. Communément, les paysages du fleuve s'attachent plus strictement aux espaces alluviaux. Se référer aux paysages rhodaniens revient à élargir la focale à l'ensemble de la vallée, de la plaine aux versants.

Des paysages humanisés

De ce point de vue, l'empreinte humaine est indissociable du paysage. Inscrite dans « l'ordinaire » plutôt que le « spectaculaire », la valeur des sites réside dans leurs usages, leur historicité culturelle, voire l'émotion qui en émane. La vallée s'impose à cet égard, tel un livre ouvert où se narre, au fil des pages, l'histoire des hommes et de leur territoire.

Une histoire dynamique et tournée vers l'avenir, tant les paysages se transforment au gré des changements sociétaux, de l'évolution des techniques ou de l'extension urbaine.



Terrasse de vignes des côtes du Rhône septentrionales (© J. Dessert, MDR).



Le Rhône à l'entrée de Lyon (© E. Soudan).

À la convergence des paysages : les usages du fleuve

Témoins des temps d'une société, les paysages rhodaniens évoquent le rôle majeur conféré depuis des millénaires au fleuve et à ses ressources, et par là, à sa vallée. Ainsi en est-il de l'essor des cités riveraines dès l'Antiquité, qui s'articule à la circulation des produits et des courants de pensée du nord au sud de l'Europe via le Rhône.

Bien plus tard, les grands aménagements du fleuve et sa mise au service des besoins de la nation ont engendré de tout autres paysages. Enfin, à l'heure où le fleuve réinvestit la scène des loisirs et du tourisme, le souci paysager transfigure les quais, berges et bas ports des villes et villages.

Certes, dans cette tension permanente entre dimension esthétique et approche socio-économique, l'unité semble faire défaut. Pourtant, de la mosaïque émerge la singularité, pour peu que l'on s'attarde sur l'interrelation entre les différentes composantes.

En somme, la spécificité du sillon rhodanien tient à un territoire agencé autour d'un objet structurant : le fleuve. C'est donc de la relation entre hommes et fleuve que naît l'homogénéité paysagère.

Ce qu'il faut retenir

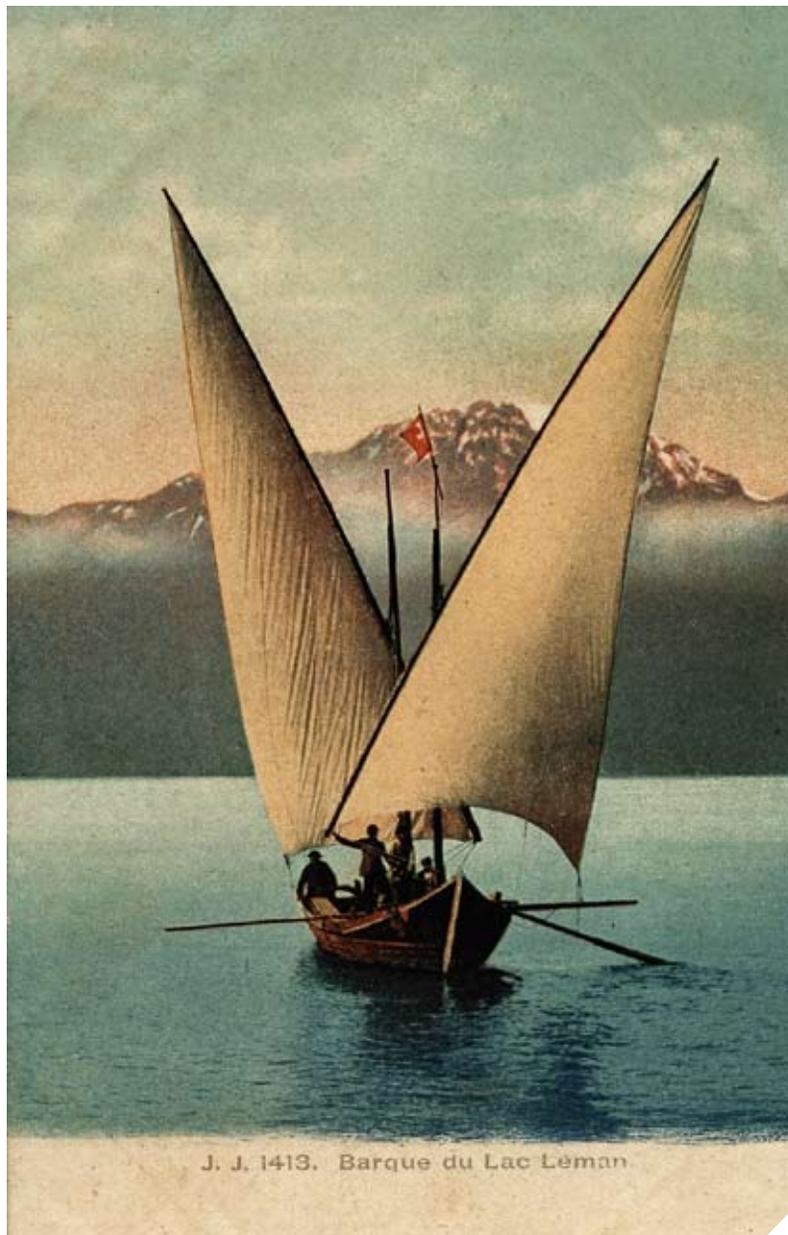
Les séquences paysagères de la vallée du Rhône livrent les secrets de l'histoire humaine. Le fleuve, support économique et social, a de tout temps impulsé des usages spécifiques, lesquels ont modelé les paysages de la vallée. Dès lors, de l'apparente diversité des paysages rhodaniens naît l'unité, pour peu que l'on considère le paysage sous l'angle des usages économiques et sociaux.

Des voiles latines sur le Rhône ?

L'usage de la navigation à la voile sur le Rhône remonte aux temps les plus anciens. À la décize (le fait de descendre le cours d'eau.), les embarcations portant voilure transportaient voyageurs, marchandises et idées. Si cette navigation vers l'aval va de soi, la remonte plus limitée se pratiquait de la mer vers le delta toutefois ne dépassant pas Beaucaire. Aujourd'hui quelques voiles latines fréquentent encore la région d'Arles...

Un passé brillant

Des voiles sur le Rhône. En ce début de XXI^e siècle la présence de voiles sur ce fleuve est sujet d'étonnement. Alors que ce mode de propulsion était bien encore en usage voici cent cinquante ans pour des navires montant et descendant, il est vrai seulement sur une portion limitée du cours. De Beaucaire à la mer c'était



Barque à voile latine sur le Léman au siècle dernier (© collection Dürrenmatt, MDR).

le seul moyen de naviguer, avec un bon vent de mistral à la décize (mais pas trop fort pour ne pas casser) ou bien un souffle bon et suffisant venant des rivages maritimes à la remonte (mais pas trop violent pour ne pas s'échouer sur les bancs de sable aux embouchures).

Depuis cette époque maintenant lointaine, l'arrivée des navires à vapeur et surtout de la mise en service du chemin de fer, les voiles sur le fleuve se sont faites rares et, jusqu'il y a peu de temps, inexistantes.



Césaire Bonaventure et Mireille sur le canal d'Arles à Bouc
(© Allège du Rhône-Voiles latines d'Arles)

Un mode de transport original et rapide

Des voiles il est utile d'en dire quelques mots. Il suffisait en effet sur le parcours du Rhône moyen et bas, à la décize, de disposer d'une voile carrée et grâce au vent du nord et l'aide du courant on pouvait sur des coches d'eau rejoindre depuis Lyon les villes méridionales.

Les récits de voyageurs sur le chemin du Grand Tour d'Italie, surtout au XVIII^e siècle font souvent état de ce mode de transport original et rapide pour l'époque. Les témoignages de ces touristes, en quête de découvertes insolites et d'antiquités, de leur périple, ont surtout noté l'inconfort d'un habitat mouvant un peu instable et l'angoisse, récurrente, de heurter quelques écueils. Le Rhône sauvage suscitait quelques craintes. Pour remonter on empruntait la diligence.

À l'opposé, de la mer à Beaucaire – pas de tirage depuis la rive – en passant par Arles, grand port fluvio-maritime de transit, on a inventé ou plutôt mis en œuvre des navires de mer adaptés qui dès le Moyen Âge sont grées à la latine.

De la disparition au renouveau ?

Cette grande voile triangulaire montée sur arbre et antenne qui fut mise en usage en Méditerranée au plus tard à la fin de l'Antiquité va perdurer jusqu'à nos jours. Le succès de ce type de gréement bien adapté aux conditions de la mer intérieure ne se démentira pas puisque des charpentiers navals venus de Gênes, de Toulon et de Marseille aux XVI^e et XVIII^e siècles iront construire sur les lacs alpins de Suisse et de Savoie nombre de frégates, galères et autres barques le plus souvent grées à la latine.

De nos jours si ces lacs sont à nouveau parsemés de ces belles voiles élégantes grâce à des reconstructions ou des restaurations (La Savoie, La Vaudoise, l'Aurore, Le Neptune, la galère du XVII^e siècle...) sur le Rhône elles restent dans leur zone de prédilection entre Beaucaire, Tarascon, Arles et la mer. De là, par beau temps on peut voir parfois glisser sur le fleuve suave et tranquille quelques barquettes grées selon la tradition méditerranéenne. De fait, sur le Rhône maritime leur usage revient de loin. Si les allèges d'Arles mentionnées dès le XV^e siècle et les tartanes fréquentaient en grand nombre le port arlésien et la foire de Beaucaire, ce fut pendant la grande période antérieure à la venue du train et de la vapeur.

À partir de la moitié de ce XIX^e siècle triomphant et industriel, ces belles barques vont peu à peu disparaître et avec elles les marins qui les montent. Dorénavant la place sera réservée, pour ce qui est du trafic – encore peu développé comparativement aux autres fleuves européens – aux barges propulsées ou poussées, aux péniches et depuis quelques années aux cargos fluvio-maritimes.

Ce qu'il faut retenir

En ce début de XXI^e siècle sur le Rhône – hors les lacs alpins – le renouveau encore modeste de la voile latine est une particularité arlésienne. Elle s'associe avec d'autres initiatives tournées vers les questions environnementales, pour une redécouverte du milieu fluvio-maritime en utilisant une embarcation et une voilure remontant à l'Antiquité.

À quoi jouent les jouteurs ?

Les joutes nautiques sont un jeu traditionnel des marins. Il n'est pas de cité riveraine du Rhône, entre Lyon et le delta, où l'on ne trouve trace de leur présence depuis le début du XIX^e siècle.

Les joutes et l'identité locale

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle on joute principalement à l'occasion des vogues, ces fêtes locales qui sont un moment où s'exprime une « façon d'être ensemble ». Rassemblement de toute la population locale, ces joutes de vogue sont à la fois le moyen de se confronter pour les groupes qui la composent, et le lieu où s'affirme, par delà les particularités, une identité locale partagée.

Les joutes et le Rhône

Les joutes sont indissociablement attachées au Rhône qui occupe une grande place dans la vie des riverains : théâtre de leurs fêtes et rites de passage, lieu privilégié d'une initiation plus quotidienne aux transgressions communes (braconnage...) et surtout menace récurrente puisqu'il recouvre régulièrement partie des villes riveraines, particulièrement jusqu'au milieu du XX^e siècle. Dans ces circonstances, la solidarité s'impose comme condition de la vie quotidienne au bord du fleuve, tout en contribuant au renforcement des liens entre les habitants.

L'implantation des clubs de joute dans le sud-est de la France

Rendez-vous

- Chaque année le dernier week-end d'août pour la finale du championnat de France méthodes Lyonnaise et Givordine.
- Durant la saison à Chasse-sur-Rhône pour découvrir la Parisienne, à l'Isle-sur-la-Sorgue pour la Provençale, à Sète pour la Languedocienne...



L'effervescence qui règne à cette occasion s'apparente à la jubilation que l'on observe durant les vogues. Secours et entraide sont portés dans une atmosphère paradoxalement plutôt joyeuse, comme si chacun se réjouissait de cette manifestation de solidarité collective. Le joueur marinier est aussi le sauveteur, figure essentielle de la vie rhodanienne.

Les Sociétés de Sauvetage et de Joutes et les inondations

Depuis le milieu du ^{xx}e siècle l'organisation de la pratique des joutes est entièrement dévolue à des associations sportives. Actuellement près de quarante sociétés situées le long du Rhône adhèrent à la Fédération Française de Joutes et Sauvetage Nautique. L'une des plus anciennes est la Société de Sauvetage et de Joutes de Givors ; fondée en 1886 par un groupe « d'honnêtes et de laborieux travailleurs », elle se donne pour objet « d'organiser des fêtes nautiques et de porter secours partout où quelque danger serait signalé ». Comme ses homologues, elle va devenir ainsi la force principale d'intervention en cas d'inondation.

Les joutes, les sports nautiques et la relation au fleuve

Entre les deux guerres, la plupart des Sociétés vont développer un ensemble d'activités utilitaires récréatives et sportives liées au fleuve : natation, sauvetage aquatique et water-polo, barques et joutes. Si ces sociétés peuvent apparaître comme un « conservatoire des savoir-faire aquatiques et nautiques », elles sont aussi le lieu de leur progressive évolution vers l'univers du sport. Celui-ci avec ses exigences réglementaires va conduire à la création d'espaces spécialisés. Nées par et pour le fleuve, les Sociétés voient leurs activités s'éloigner de lui pour des raisons liées à la normalisation des espaces sportifs, condition de la mesure du progrès des performances.

Cependant, même « sportivisées », les joutes restent un temps fort de l'expression des cultures locales traditionnelles dans la vallée du Rhône, sans folklorisation excessive comme on l'observe parfois dans des zones plus touristiques. Elles renouent avec les récits des anciens et avec les symboles qui constituent l'imaginaire du fleuve.

Les joutes aujourd'hui

Avec soixante-treize clubs et trois mille huit cent quatre-vingt jouteurs, les trois régions composant le Grand Sud-Est regroupent la quasi totalité des effectifs de la Fédération française (91 clubs et 4367 licenciés en 2007).

De Lyon à Sète ou Istre il est possible, les dimanches de juin à septembre, de voir s'affronter les jouteurs dans au moins cinq des six méthodes officiellement reconnues par la Fédération : Lyonnaise, Givordine, Parisienne, Provençale, Languedocienne.



Une passe de joute à Givors en juin 2006 lors de la fête de la ville (© MDFR).

Ce qu'il faut retenir

Devenue un sport moderne dans les années 1970, les joutes nautiques françaises puisent leurs racines dans un jeu traditionnel pratiqué dès le Moyen Âge par les « gens de mer et de fleuve ».

Associées à la fête locale, elles ont représenté une mise en scène des valeurs nécessaires à la fréquentation du fleuve comme à la vie quotidienne le long de ses rives. En cela, les joutes ont été, et restent, un temps fort de l'expression des cultures locales et de la culture de fleuve.

Vous avez dit « ré-appropriation » du fleuve ?

Redécouverte, reconquête, ré-appropriation... quelques uns des termes relevant depuis vingt ans du vocabulaire rhodanien. Leur est indissociablement liée l'idée selon laquelle après le temps de la rupture, viendrait celui du « retour au fleuve » ou de la restauration d'un lien défait.

À quel phénomène renvoie la construction de ce discours et quels sont les enjeux et les formes de ce mouvement qui touche le Rhône comme nombre de ses congénères ?

D'abord la rupture...

L'un des effets de l'aménagement systématique des années 1950 à 1980 fut de parachever un lent mouvement de rupture du lien de familiarité des riverains avec le Rhône.

Débuté à partir de 1850 lorsque le chemin de fer prend le pas sur la voie d'eau pour le transport des biens et des personnes, il ne fera que se renforcer au fil des grands travaux de la seconde moitié du XIX^e siècle : édification de digues suite aux désastres de la crue de 1856 ; correction du lit du fleuve en vue de favoriser la relance de la navigation à vapeur.

La perspective d'aménager le Rhône du triple point de vue de la production d'électricité, de la navigation et de l'irrigation, portée dès les premières années du XX^e siècle par Édouard Herriot et l'ensemble des élus et acteurs économiques de la vallée confirme son changement de statut : de support principal des économies locales riveraines, il doit passer au rang d'outil de développement d'abord du grand Sud-Est, puis, dans le contexte de l'après guerre, de la nation.

Or, c'est durant cette période que se modifie le regard des riverains sur le fleuve : il devient un « voisin gênant » dont on se protège et se détourne. L'occupation au XX^e siècle du lit majeur par des usines, autoroutes... ainsi que sa « mise au service de la nation » au travers de la réalisation des missions confiées à la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), viendront parachever ce phénomène qui se traduira, dans le discours des « rhodaniens », par l'expression de la perte irrémédiable de ce qui constituait le cadre de leur vie quotidienne.



Endiguement du Rhône au XIX^e siècle (© coll. Dürrenmatt, MDR).

... puis le temps de la redécouverte

La fin du XX^e siècle a vu, à la faveur de la montée en puissance du sentiment écologique, l'émergence de nouvelles valeurs associées au Rhône. Le fleuve-patrimoine devient un atout de valorisation des cités riveraines. Élément du décor, il accède à nouveau au statut de vecteur de développement économique, social, culturel... Et l'on redécouvre soudain, à la faveur d'un regard historique souvent, qu'un fleuve n'est pas que de l'eau, mais aussi un espace public, un lieu de sociabilité, et de socialisation, un terrain d'expression de valeurs que l'on souhaite mettre en avant : protection de la nature, solidarité, dynamisme... Cela se traduit



Fête du Rhône à Vienne (© M. Guigue - ville de Vienne)

par la multiplication d'initiatives visant à permettre de nouvelles fréquentations : sentiers de découverte, zones de loisirs, fêtes et spectacles, berges réaménagées, voies vertes... sont, du Valais à la Méditerranée, autant de modalités d'un retour de ses riverains au fleuve.

À ceci s'ajoute le fait que le fleuve aménagé permet la pratique de nouveaux sports et loisirs (aviron, voile, jet-ski...) qui croisent les plus traditionnels (joutes, barque, pêche...).

Ainsi se mettent en place les conditions de formes renouvelées de pratiques et usages du cours d'eau et de ses espaces adjacents, aménagés ou non.

L'amour du Rhône ?

Or, l'un des enjeux majeurs de ce lien qui semble se retisser consiste en l'édification de quelque chose dépassant sa simple fréquentation : l'attachement au Rhône. Nous retrouvons là un des traits marquants des riverains inscrits dans une histoire familiale et personnelle de relation au fleuve : l'expression d'un « amour du Rhône », synonyme de la valeur qu'ils lui accordent.

À l'examen, ce sentiment apparaît aussi, s'il est travaillé, comme la condition du devenir du fleuve. Si l'on veut ne pas avoir à engager, dans le futur, un travail de retour vers le fleuve, signifiant qu'une rupture, un abandon se sont produits, sans doute est-il essentiel aujourd'hui de veiller à ce que le seul usage soit transcendé par un attachement garant d'un respect pour ce bien commun que représente le Rhône.

Ce qu'il faut retenir

L'actuel mouvement de ré-appropriation tente de répondre à celui de la désaffection progressive dont le Rhône a fait l'objet à partir du XIX^e siècle. Il s'agit aujourd'hui de restaurer une relation, gage d'un avenir où l'ensemble des fonctions sociales et culturelles pourront être assurées.



Table des matières

1 LES GESTIONNAIRES DU FLEUVE

- 1-01 À qui appartient le Rhône ?** p. 20
P. Géraud (Voies Navigables de France – VNF), Y. Picoche, J.-P. Bionda et D. Daguillon (DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin), F. Colinet (DRIRE Rhône-Alpes), L. Levasseur (Compagnie Nationale du Rhône)
- 1-02 Qui gère le Rhône et ses aménagements sur le terrain ?** p. 22
Y. Picoche (DIREN Rhône-Alpes), J.-P. Bionda et D. Daguillon (DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin), F. Colinet (DRIRE Rhône-Alpes), P. Géraud (VNF), L. Levasseur (Compagnie Nationale du Rhône)
- 1-03 Quels sont les principaux usages et qui fait la police ?** p. 26
Y. Picoche (DIREN Rhône-Alpes), J.-P. Bionda et D. Daguillon (DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin), F. Colinet (DRIRE Rhône-Alpes), P. Géraud (VNF), L. Levasseur (Compagnie Nationale du Rhône)
- 1-04 Quelle coordination sur le Rhône français ?** p. 30
J.-P. Bionda et D. Daguillon (DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin), Y. Picoche (DIREN Rhône-Alpes), F. Colinet (DRIRE Rhône-Alpes), P. Géraud (VNF), L. Levasseur (Compagnie Nationale du Rhône)
- 1-05 Quelle coordination avec la Suisse pour la gestion du Rhône ?** p. 32
F. Colinet (DRIRE Rhône-Alpes), Y. Picoche, J.-P. Bionda et D. Daguillon (DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin), P. Géraud (VNF), L. Levasseur (Compagnie Nationale du Rhône)

2 LE FONCTIONNEMENT DU FLEUVE

- 2-01 D'où vient l'eau du Rhône ?** p. 36
M. Haond (Compagnie Nationale du Rhône)
- 2-02 Quel est le régime hydrologique actuel du Rhône ?** p. 40
M. Haond (Compagnie Nationale du Rhône)
- 2-03 Quels sédiments transporte le Rhône ?** p. 44
B. Couvert (SOGREAH), E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône)
- 2-04 Les sédiments s'accumulent-ils dans les aménagements hydroélectriques du Rhône ?** p. 46
E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône), B. Couvert (SOGREAH)
- 2-05 Pourquoi la côte de la Camargue recule-t-elle ?** p. 50
M. Provansal (CEREGE – UMR 6635), F. Sabatier (CEREGE – UMR 6635)
- 2-06 Le Rhône se réchauffe-t-il ?** p. 52
A. Poiré (EDF), J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), G. Carrel (Cemagref, Aix-en-Provence)
- 2-07 Le fonctionnement écologique du Rhône naturel : quelles leçons pour aujourd'hui ?** p. 56
A.-L. Roux (Académie de l'Eau), J.-P. Bravard (Université Lyon II, Institut Universitaire de France)
- 2-08 L'eau salée de la mer remonte-t-elle dans le fleuve ?** p. 60
E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône)
- 2-09 Les apports du Rhône sont-ils importants pour la vie dans les eaux du golfe du Lion ?** p. 62
C. Salen-Picard (Université de la Méditerranée – CNRS 6540), A.-M. Darnaude (Université de Montpellier – CNRS 5119), M. Harmelin-Vivien et R. Hermand (Université de la Méditerranée – CNRS 6540)



2-10 Quel rôle joue le Rhône dans la migration des espèces ? p. 64
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023)

2-11 Quel est l'impact du changement climatique sur l'hydrologie dans le bassin du Rhône ? p. 66
E. Sauquet (Cemagref, Lyon), E. Leblois (Cemagref, Lyon)

3 LES AMÉNAGEMENTS DU RHÔNE

3-01 Quels sont les principaux aménagements présents sur le fleuve et dans sa vallée ? p. 70
J.-P. Bravard (Université Lyon II, Institut Universitaire de France), E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône), J. Bethemont, P. Allard (DESMID, Arles)

3-02 Que reste-t-il des aménagements du XIX^e siècle ? p. 74
J.-P. Bravard (Université Lyon II, Institut Universitaire de France), E. Doutriaux et G. Collillieux (Compagnie Nationale du Rhône), J. Bethemont

3-03 À quoi servent les aménagements construits par la CNR ? p. 76
A. Giandou (Laboratoire de recherche historique Rhône-Alpes, LARHRA), A. Khaladi (Compagnie Nationale du Rhône)

3-04 Quel est le principe de conception des aménagements CNR ? p. 80
A. Khaladi (Compagnie Nationale du Rhône)

3-05 Quel est le mode de gestion des ouvrages du Rhône ? p. 84
A. Khaladi (Compagnie Nationale du Rhône)

4 L'IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DU FLEUVE

4-01 Quelles ressources le Rhône offre-t-il ? p. 90
J. Bethemont

4-02 Quelle est l'importance de la production énergétique du Rhône ? p. 92
J. Bethemont, P. Castaing (EDF), E. Jeanjean (Rhônalpénergie-Environnement)

4-03 Le Rhône est-t-il un axe de transport d'avenir pour les marchandises ? p. 96
J. Bethemont, R. Bioud (Service Navigation Rhône Saône)

4-04 Les activités industrielles prélèvent-elles beaucoup d'eau dans le Rhône ? p. 100
J. Bethemont, P. Castaing (EDF)

4-05 Le rôle du fleuve et de sa nappe alluviale dans la mise en valeur des terres agricoles ? p. 102
J. Bethemont, B. Mottet (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)

4-06 Quel tourisme et quels loisirs sur le Rhône ? p. 104
S. Beauchêne (Maison du fleuve Rhône), J. Bethemont

4-07 La pêche est-elle toujours une activité économique ou est-elle devenue une activité de loisir ? p. 106
G. Armani (Maison du fleuve Rhône), T. Changeux (Institut de Recherche pour le Développement), C. Putavy (DIREN Rhône-Alpes)

4-08 Le Rhône peut-il approvisionner un autre bassin versant ? p. 108
J.-P. Bravard (Université Lyon II, Institut Universitaire de France)



5 LES CRUES ET INONDATIONS DU RHÔNE

- 5-01 Comment se font la surveillance et la prévision des crues dans le bassin du Rhône ?** p. 112
D. Chatard (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-02 Comment les crues se propagent-elles ?** p. 114
P. Billy (DIREN Rhône-Alpes), B. Chastan (Cemagref, Lyon)
- 5-03 Les crues sont-elles plus fortes depuis quelques années ?** p. 116
P. Billy (DIREN Rhône-Alpes), M. Lang (Cemagref, Lyon)
- 5-04 Comment les affluents du Rhône influencent-ils les crues ?** p. 118
M. Lang (Cemagref, Lyon), P. Billy (DIREN Rhône-Alpes), P. Castaing (EDF)
- 5-05 Les aménagements du fleuve ont-ils un effet sur les inondations ?** p. 120
E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône), P. Billy (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-06 À débit égal les niveaux des crues du Rhône sont-ils plus hauts qu'autrefois ?** p. 122
P. Billy (DIREN Rhône-Alpes), A. Khaladi (Compagnie Nationale du Rhône)
- 5-07 Qu'est ce qu'une ZEC ? Qu'est ce qu'une «sur-inondation» ?** p. 124
M. Dupont (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-08 Quels sont les dommages induits par les inondations du Rhône ?** p. 128
J. Langumier (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-09 Pourquoi les crues de la décennie 1993-2003 ont-elles touché surtout le Rhône aval et la Camargue ?** p. 130
J.-F. Celle (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-10 Est-il possible d'utiliser les ouvrages de la CNR pour abaisser les niveaux d'eau ?** p. 132
E. Doutriaux (Compagnie Nationale du Rhône)
- 5-11 Les villes de la vallée du Rhône sont-elles menacées ?** p. 136
P. Billy (DIREN Rhône-Alpes), A. Khaladi (Compagnie Nationale du Rhône)
- 5-12 Quel est le niveau de la protection apportée par les digues du Rhône ?** p. 138
P. Royet (Cemagref, Aix-en-Provence)
- 5-13 Qu'appelle-t-on « crue de référence » ?** p. 142
O. Conte (DIREN)
- 5-14 Peut-on construire en zone inondable ?** p. 144
J. Langumier (DIREN Rhône-Alpes)
- 5-15 Quelles sont les mesures préconisées pour réduire le risque ?** p. 148
A.-L. Soleilhavoup (DIREN Rhône-Alpes)

6 LA QUALITÉ DE L'EAU DU RHÔNE

- 6-01 L'eau du Rhône est-elle de bonne qualité ?** p. 152
C. Lascombe
- 6-02 Où sont les secteurs altérés et quelles sont les causes ?** p. 156
G. Poussard (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)
- 6-03 Qu'appelle-t-on « objectifs de qualité » ? Qu'impose la réglementation ?** p. 158
C. Lascombe, G. Poussard (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)



- 6-04 Les villes polluent-elles le fleuve ?** p. 160
B. Chocat (INSA, Lyon), J. Chaggier (Grand Lyon)
- 6-05 Comment les polluants affectent-ils la santé humaine ?** p. 164
A. Rouhan (LITWIN)
- 6-06 Comment les polluants affectent-ils la santé des écosystèmes ?** p. 166
M. Coquery (Cemagref, Lyon)
- 6-07 Quels liens entre la baignade et la qualité bactériologique des eaux ?** p. 168
D. Vincent (DRASS Rhône-Alpes)
- 6-08 Les activités industrielles actuelles et anciennes polluent-elles le fleuve ?** p. 170
L. Albert (DRIRE Rhône-Alpes)
- 6-09 Quels sont les risques de pollution accidentelle du Rhône ?** p. 174
L. Albert (DRIRE Rhône-Alpes), J. Chaggier (Grand Lyon), J.-L. Bourlès (Service Navigation Rhône-Saône), G. Berne (DRIRE Rhône-Alpes)
- 6-10 Les micropolluants sont-ils un enjeu pour le Rhône ?** p. 176
T. Pelté (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)
- 6-11 Le Rhône est-il pollué par des radionucléides artificiels ?** p. 178
O. Masson (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – IRSN), F. Eyrolle et C. Antonelli (IRSN), P. Castaing (EDF)
- 6-12 Les chasses des réservoirs affectent-elles la qualité des eaux du Rhône ?** p. 182
C. Bornard (DIREN Rhône-Alpes), J.-M. Chastel (DIREN Rhône-Alpes)
- 6-13 Les PCB dans le Rhône : où en est on ?** p. 186
C. Putavy (DIREN Rhône-Alpes)

7 LES POISSONS ET LA PÊCHE DU RHÔNE

- 7-01 Quelles espèces de poissons peuplaient le Rhône au début du xx^e siècle ?** p. 190
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)
- 7-02 Quelles sont les espèces de poissons toujours présentes ? Avec quelle répartition ?** p. 194
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)
- 7-03 Quelles sont les espèces qui ont disparu ou fortement régressé ? Pourquoi ?** p. 196
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)
- 7-04 Quelles sont les espèces introduites ? Où les trouve-t-on ? Présentent-elles une menace ?** p. 198
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)
- 7-05 À quoi les poissons du Rhône sont-ils les plus sensibles ? Aux grands aménagements, aux pollutions ?** p. 200
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)
- 7-06 Quels sont les milieux importants pour la vie piscicole ?** p. 202
G. Carrel (Cemagref d'Aix-en-Provence)
- 7-07 Quelles sont les actions engagées pour redynamiser le peuplement piscicole ?** p. 206
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023), N. Roset (ONEMA, Lyon)



- 7-08 Peut-on prévoir les effets du changement climatique sur les poissons du Rhône ?** p. 208
G. Carrel (Cemagref, Aix-en-Provence), M. Daufresne (Cemagref, Aix-en-Provence)
- 7-09 Quelle est la situation de la pêche amateur aux engins et de la pêche professionnelle ?** p. 210
T. Changeux (Institut de Recherche pour le Développement), C. Putavy (DIREN Rhône-Alpes)

8 LES EAUX SOUTERRAINES

- 8-01 Quelles sont les caractéristiques des eaux souterraines d'une plaine alluviale ?** p. 216
D. Graillot (École Nationale des Mines de Saint-Étienne)
- 8-02 Les nappes d'accompagnement du fleuve sont-elles de bonne qualité ?** p. 220
L. Cadilhac (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)
- 8-03 En cas de pollution du fleuve, la nappe est-elle affectée ?** p. 222
L. Cadilhac (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)
- 8-04 Les aménagements du Rhône perturbent-ils les nappes ?** p. 224
L. Cadilhac (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse)
- 8-05 Toutes les eaux souterraines sont-elles aptes à l'alimentation en eau potable (AEP) ?** p. 228
D. Graillot (ENMSE)
- 8-06 Quelles sont les menaces qui pèsent sur les eaux souterraines ?** p. 230
D. Graillot (ENMSE)
- 8-07 Existe-t-il une vie dans les eaux souterraines du Rhône ?** p. 232
J. Gibert (UCBL CNRS 5023)
- 8-08 Quels sont les facteurs favorables à la biodiversité souterraine ? Des différences existent-elles entre l'amont et l'aval du Rhône ?** p. 236
J. Gibert (UCBL CNRS 5023)

9 LE PATRIMOINE NATUREL

- 9-01 Comment le patrimoine du Rhône naturel a-t-il évolué ?** p. 240
M. Coulet, J.-P. Bravard (Université Lyon II, Institut Universitaire de France)
- 9-02 Quel est l'intérêt écologique des linéaires aménagés ?** p. 242
M. Zylberblat (Compagnie Nationale du Rhône)
- 9-03 Quel est l'impact de l'augmentation des débits dans les Vieux-Rhône ?** p. 244
N. Lamouroux (Cemagref, Lyon), M. Zylberblat (Compagnie Nationale du Rhône)
- 9-04 Pourquoi réhabiliter les îlons ?** p. 246
C. Amoros (UCBL CNRS 5023), M. Zylberblat (Compagnie Nationale du Rhône)
- 9-05 Le patrimoine naturel du réseau hydrographique du Rhône est-il autochtone ?** p. 248
J.-F. Perrin (DDAF du Rhône)
- 9-06 Quelles sont les espèces qui manquent au Rhône ?** p. 250
J.-F. Perrin (DDAF du Rhône)



- 9-07 Les espèces non aquatiques profitent-elles du milieu fluvial ?** p. 252
J.-L. Michelot (Écosphère Sud-Est)
- 9-08 Forêts alluviales et peupleraies plantées** p. 254
H. Froget-Guilloy (Région Rhône-Alpes)
- 9-09 Quelles sont les espèces exotiques présentes le long du Rhône ?** p. 256
H. Coquillart (Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels),
J.-M. Olivier (UCBL CNRS 5023)
- 9-10 Comment protège-t-on des îlots de nature sur le Rhône ?** p. 260
B. Pont (Association des Amis de l'île de la Platière), J.-M. Olivier
(UCBL CNRS 5023)
- 9-11 Les conditions de réalisation d'une politique de restauration de milieu aquatique sur le Haut Rhône** p. 264
G. Gandy (Syndicat du Haut Rhône), B. Muscat (Syndicat du Haut Rhône)

10 CULTURE ET PATRIMOINE

- 10-01 Le paradoxe de la gestion de l'eau en Camargue** p. 270
B. Picon (UMR 6012 – Equipe DESMID, Arles)
- 10-02 De quoi est constitué le patrimoine rhodanien ?** p. 274
J. Vieux (Maison du fleuve Rhône)
- 10-03 Le Rhône est-il porteur d'une culture de fleuve pour ses riverains ?** p. 276
A. Vincent (Maison du fleuve Rhône)
- 10-04 Quelles relations entre les villes et le Rhône ?** p. 278
E. Delahaye (Université Lyon II)
- 10-05 Comment peut-on être rhodanien ?** p. 280
A. Micoud (Maison du fleuve Rhône)
- 10-06 Peut-on identifier un paysage rhodanien ?** p. 282
K. Tröger (Maison du fleuve Rhône)
- 10-07 Des voiles latines sur le Rhône ?** p. 284
P. Rigaud (Allège du Rhône – Voiles latines d'Arles)
- 10-08 À quoi jouent les joueurs ?** p. 286
J. Camy (Université Lyon I)
- 10-09 Vous avez dit «ré-appropriation» du fleuve ?** p. 288
A. Vincent (Maison du fleuve Rhône)

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.

