



Le Rhône en 100 Questions

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

ZABR

Zone Atelier Bassin du Rhône

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 :

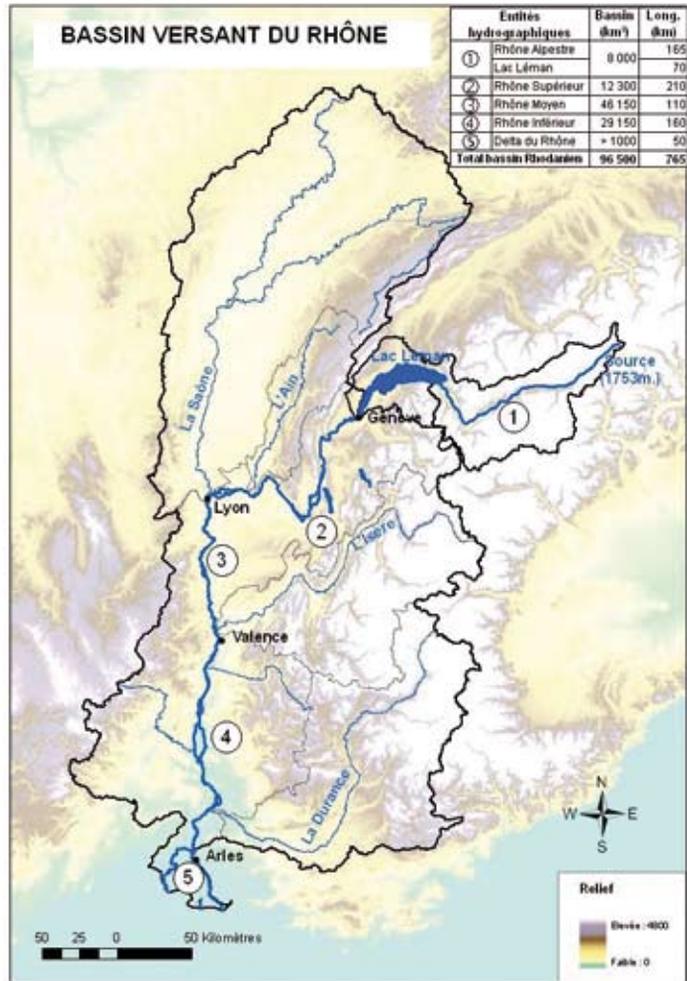
■ **Le Rhône alpestre**, de sa source au Léman, est un torrent qui parcourt 165 km dans une vallée encaissée entre les Alpes Bernoises au Nord et les Alpes Pennines du Valais. Son bassin versant, de 5220 km² à l'entrée du Léman, est remarquable par son relief élevé et accidenté. Plus de la moitié de 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 alpêtres 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.

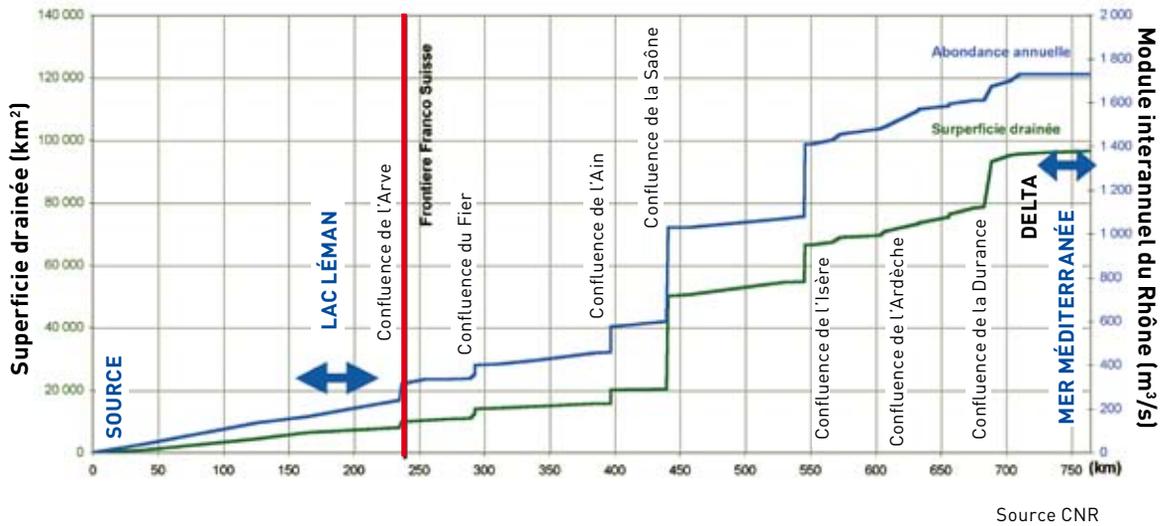
Le débit semi-permanent (débit moyen journalier dépassé six mois dans l'année) du Rhône aval est de 1450 m³/s. Cette valeur proche du module annuel démontre la régularité du régime hydrologique.

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.

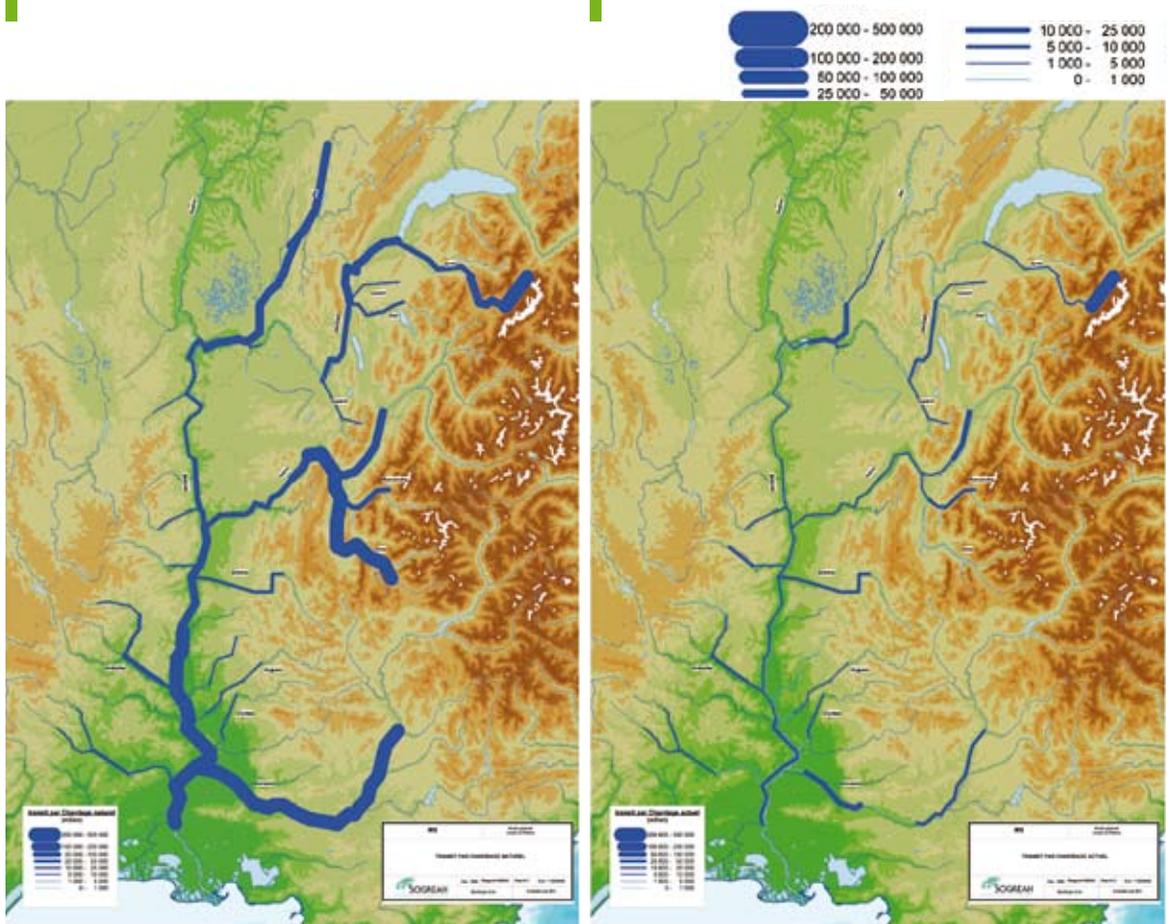
Le Rhône transporte différemment les sédiments selon leur taille

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 canalisation, 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

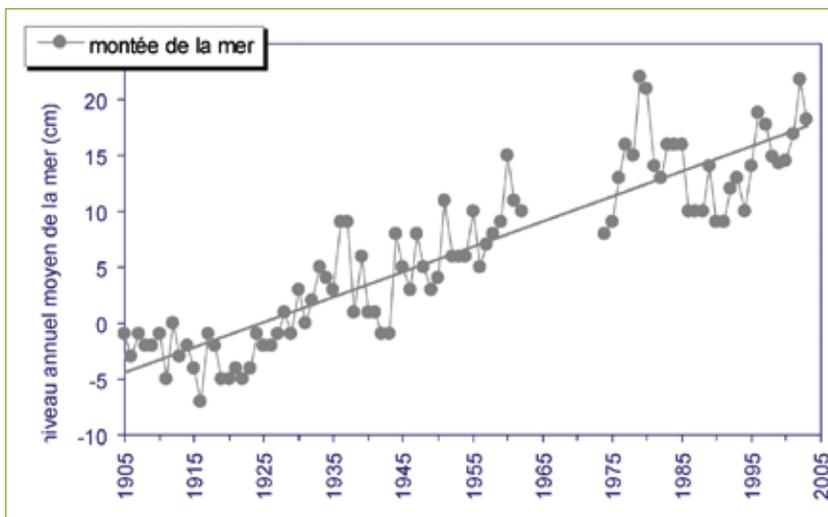
La Camargue est une construction naturelle qui a été édifée par les sédiments du Rhône au cours des derniers millénaires. L'avancée s'est effectuée à partir d'embouchures successives qui ont permis de « nourrir » les différents secteurs côtiers. Les progressions les plus importantes se sont réalisées 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.

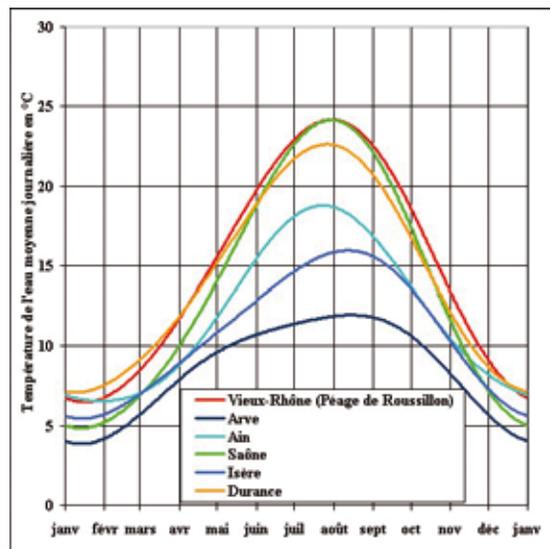
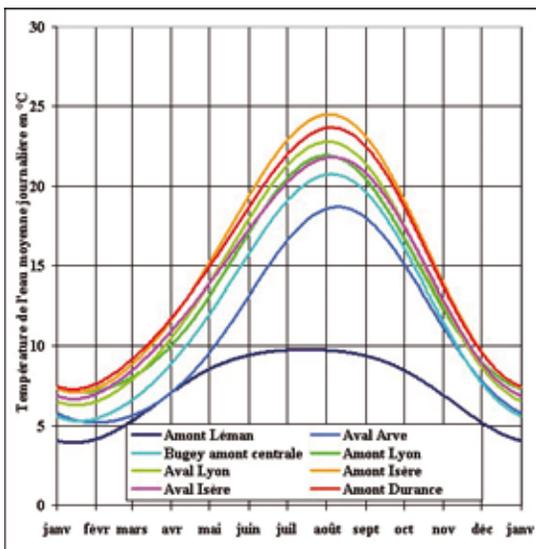
Comment varie la température du fleuve au cours de l'année ?

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

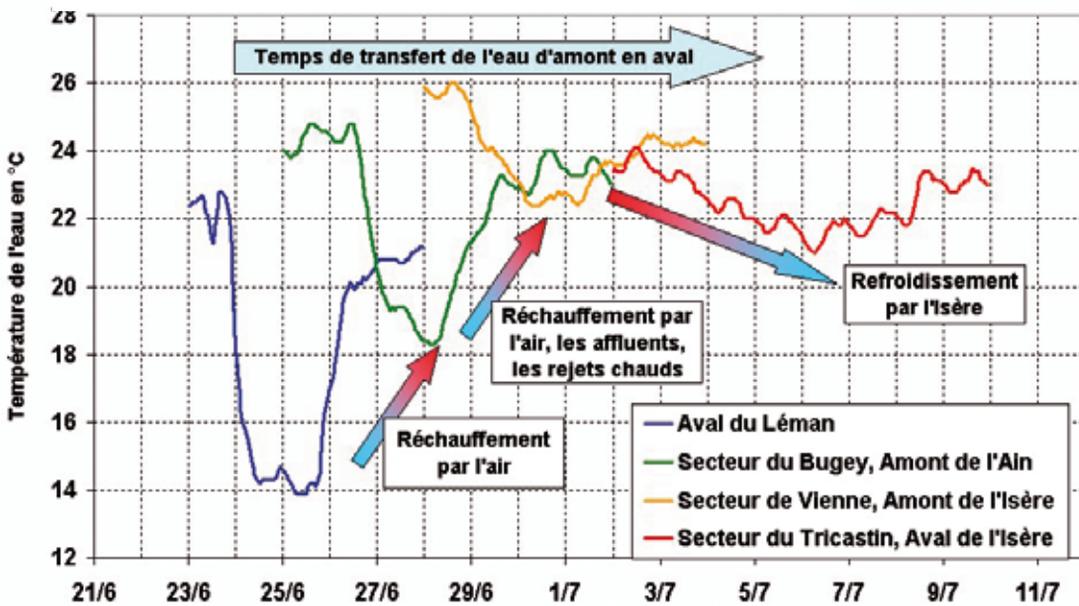


■ **Les «gouttes froides» du Léman : des accidents thermiques remarquables.** Le lac Léman, en été, modifie parfois la température du Rhône par des apports d'eaux très froides issues du fond du lac. Ces phénomènes brutaux sont appelés «gouttes froides».

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).

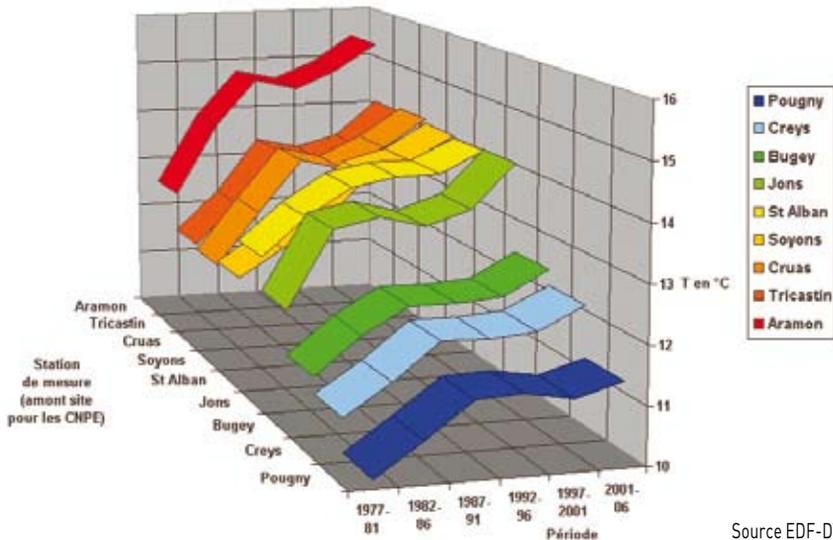
La température moyenne du Rhône et de ses affluents augmente

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

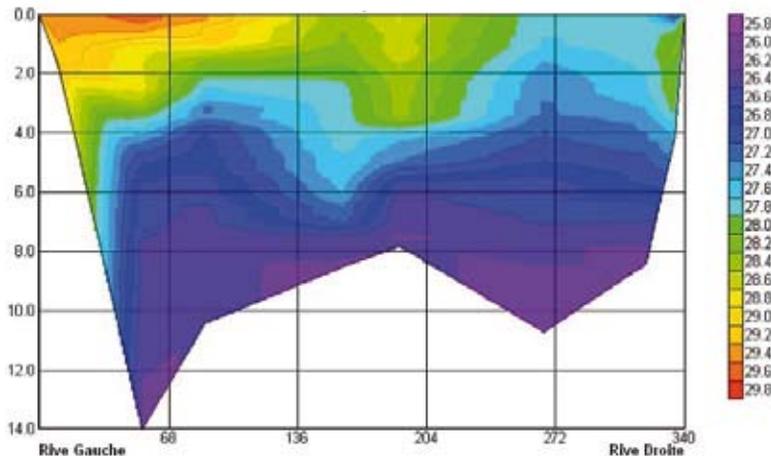


La température du fleuve n'est pas partout la même à un instant donné

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



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.

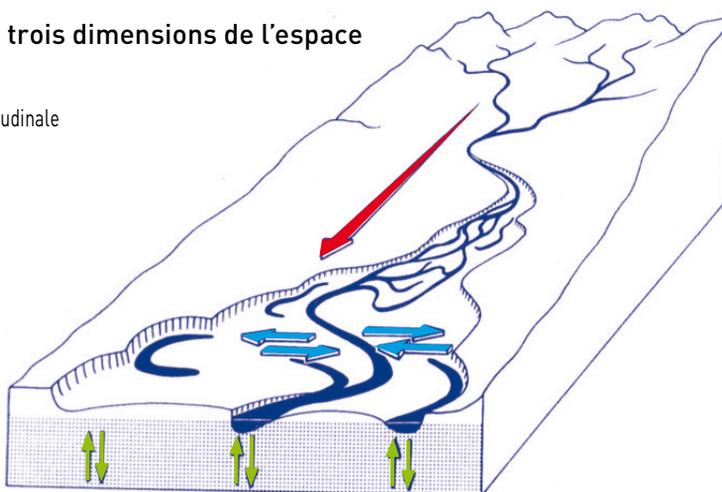
Qu'est ce que la dimension transversale du fleuve ?

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.

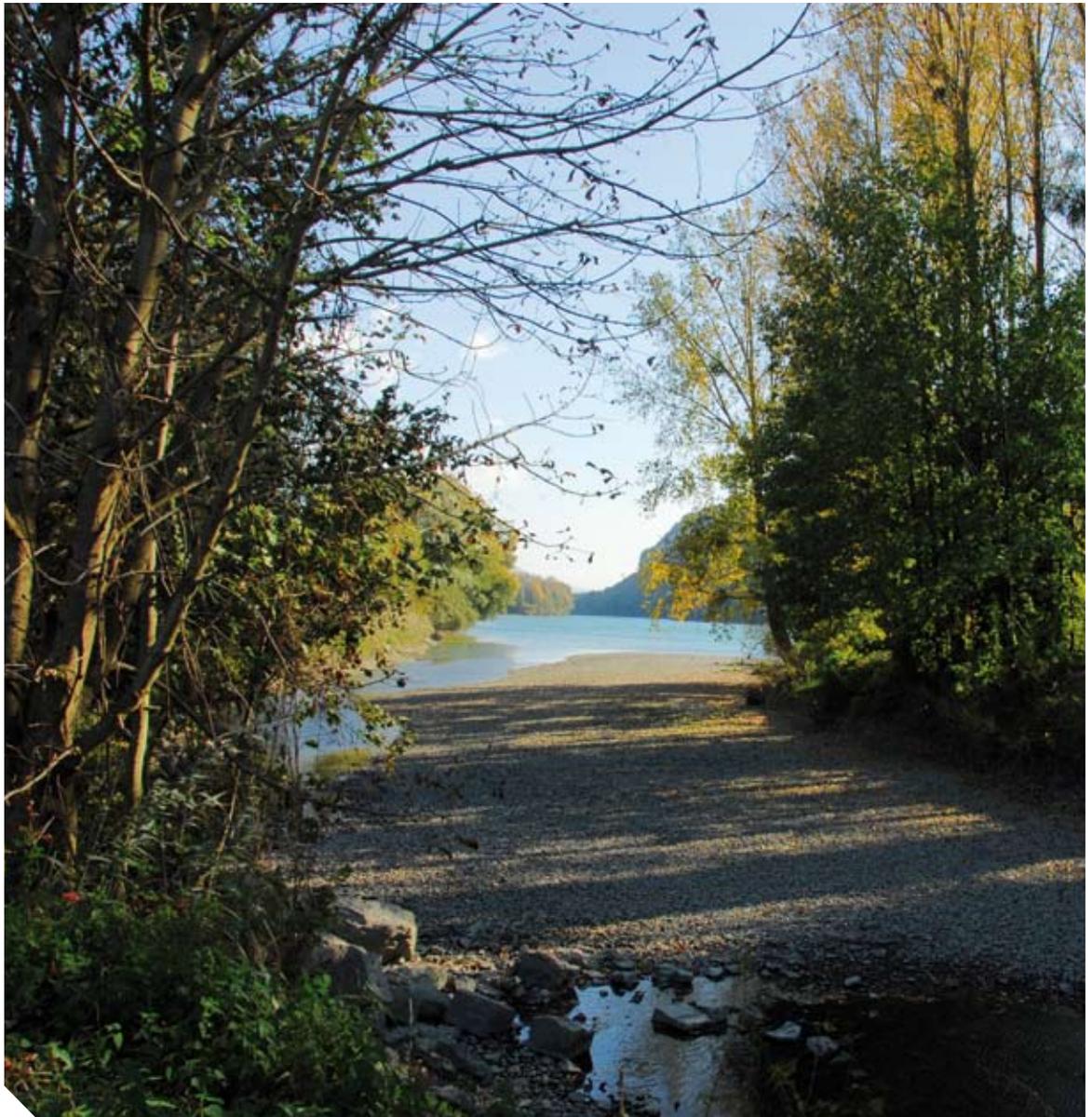
Qu'est ce que la dimension verticale du fleuve ?

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 île 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.

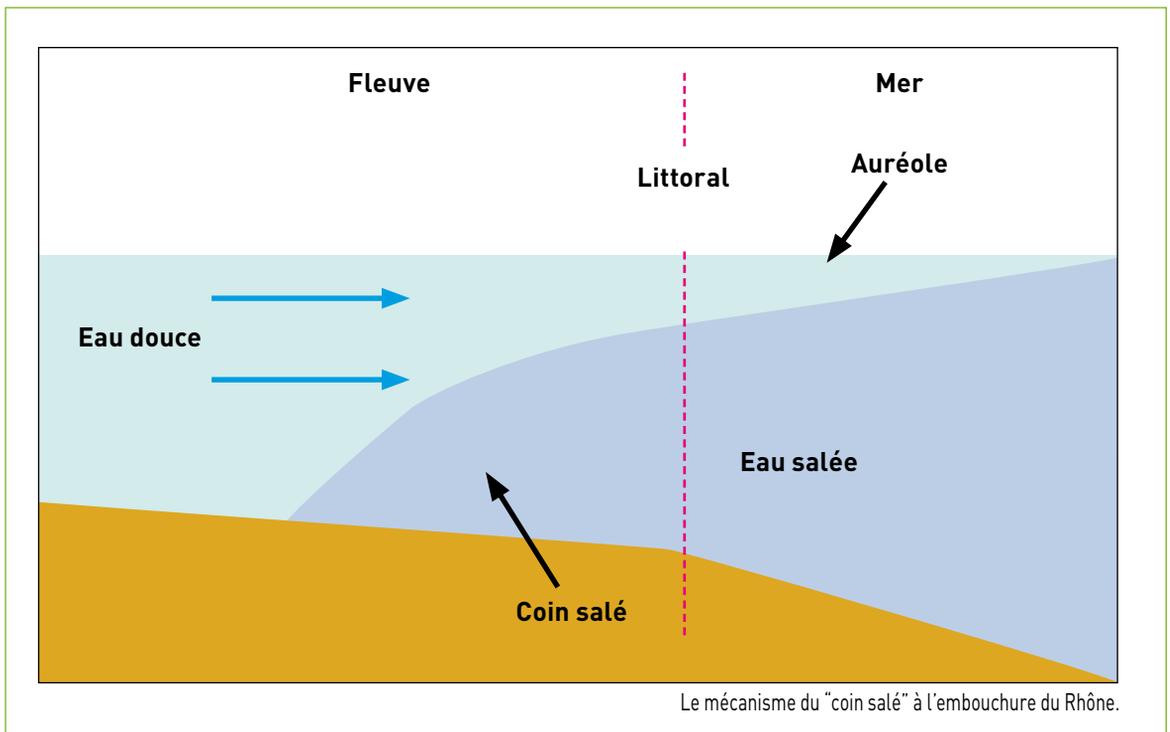
Une stratégie durable de gestion des hydrosystèmes est nécessaire pour en garantir l'intégrité et les potentialités.

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 $1700 \text{ m}^3/\text{s}$.



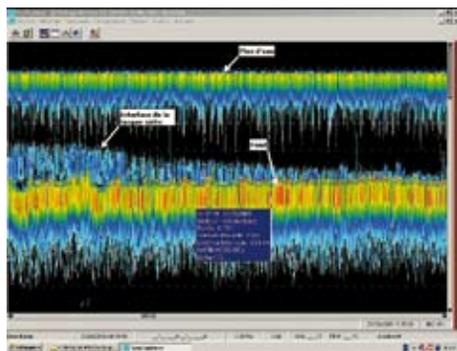
Le Grand Rhône et la station de mesure de salinité au PK 294.5 au seuil de Terrin (© Photothèque CNR).

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.



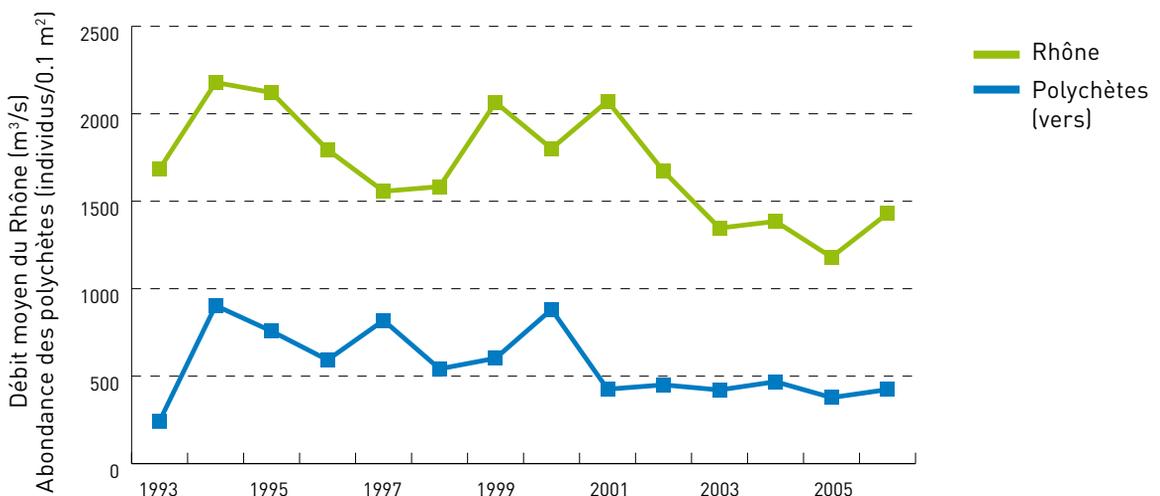
Exemple de crustacé appartenant au zooplancton : une daphnie (*Alona quadrangularis*) (© P. Marmonnier, CNRS).

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.

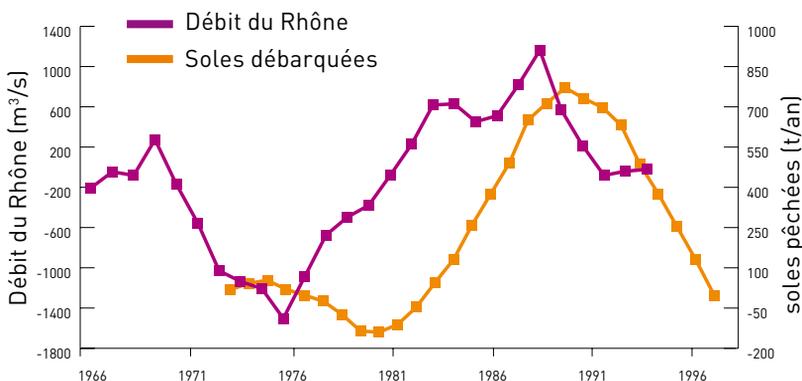
*** **Benthique** : vivant sur le fond (contraire de pélagique).



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).



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.

(© G. Carrel/Cemagref)

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 fluvial...) 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 fluviale, tanche, rotengle, carpe...).

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

Le contexte

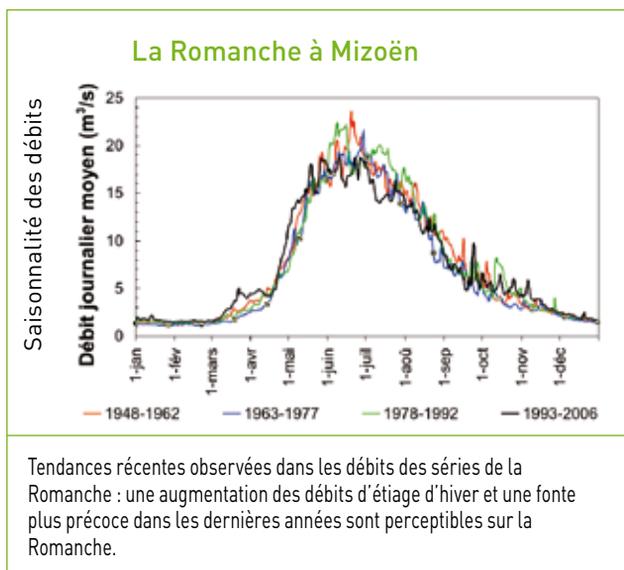
Le réchauffement climatique est considéré comme avéré par la communauté scientifique. Les changements les plus nets concernent la température de l'air, qui a augmenté sur les terres émergées de l'Hémisphère Nord d'environ 0,35 °C/décade sur la période 1979-2005. La France montre des évolutions plus prononcées 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.

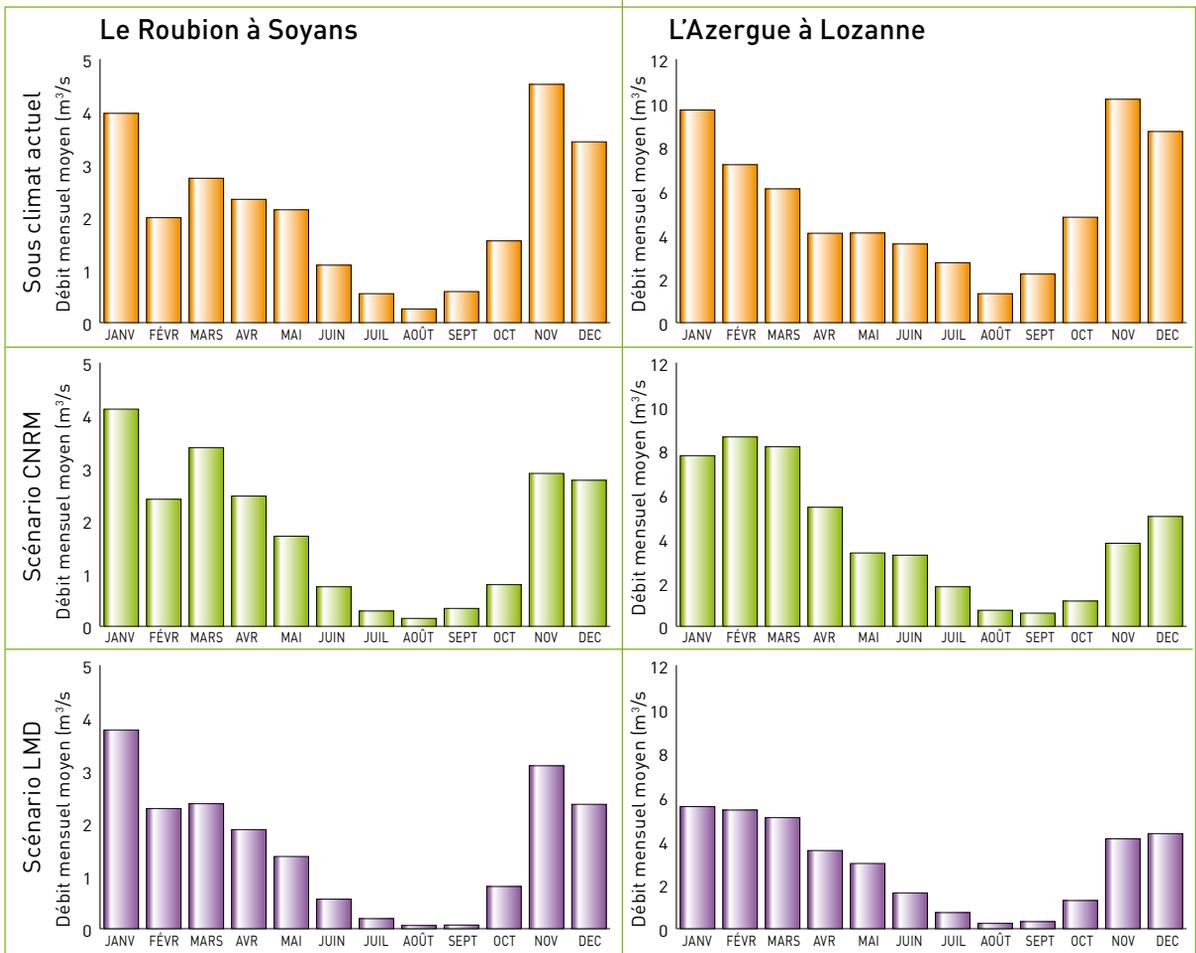
Sur le Rhône proprement dit, des ruptures dans le régime hydrologique peuvent être identifiées. Les plus anciennes semblent imputables aux actions humaines. Les autres, plus nombreuses, se concentrent autour de 1940 et de 1970. En matière de crues, la période 1940-1970 serait une phase de relative accalmie. 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.

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.

