

## **Apport des connaissances sur la thermie du Rhône dans l'actualisation des règles de gestion du fleuve**

Contribution to knowledge on the Rhone River thermal processes - Implications for management policies

Alain Poirel<sup>1</sup>, Georges Carrel<sup>2</sup>, Jean-Michel Olivier<sup>3</sup>, Jean-François Fruget<sup>4</sup> et Sébastien Langlais<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EDF-DTG, 21 av. de l'Europe, BP41, 38040 Grenoble (Auteur correspondant : [alain.poirel@edf.fr](mailto:alain.poirel@edf.fr)). <sup>2</sup>CEMAGREF Aix, 3275 Route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5. <sup>3</sup>Université LYON1, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, 69622 Villeurbanne Cedex. Zone Atelier Bassin du Rhône. <sup>4</sup>ARALEP, Domaine Scientifique de la Doua, 66 Bld Niels Bohr, BP 2132, 69603 Villeurbanne Cedex

### **RÉSUMÉ**

Sur le Rhône, la production d'énergie à partir de Centres de Production Thermiques (CPT) ou de Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) nécessite de refroidir les installations à partir des eaux du fleuve.

Basées sur l'avis d'experts, les règles initiales de gestion destinées à limiter l'impact de ces rejets thermiques sur les écosystèmes aquatiques demandent à être amendées au contexte de changement climatique et de gestion intégrée du Rhône. Aussi, il est apparu opportun de préciser l'impact de ces rejets thermiques. Les études scientifiques conduites sur le Rhône depuis plus d'une décennie permettent aujourd'hui d'appréhender l'incidence thermique des installations de production d'électricité sur les milieux de façon plus objective et tendancielle.

Par leur travail réalisé, EDF et les différents partenaires scientifiques associés ont participé à l'amélioration des connaissances sur la thermie du Rhône et son incidence sur la vie aquatique. Ces nouvelles informations ont ainsi contribué à préciser les règles de gestion afin d'intégrer l'évolution thermique rhodanienne, dans le temps et dans l'espace.

### **ABSTRACT**

Along the Rhone river, Thermic power plant (CPT) or Nuclear power plant (CNPE) use water from the river as a cooling medium.

A set of management policies has originally been proposed by experts, in an attempt to limit the impacts of warm water released into aquatic ecosystems. These regulations now need to be updated in the context of integrated river management and of climate change. Against this background, it appeared essential to define more precisely the impacts of thermal releases. All the studies carried out over the last decade on the Rhone River provide comprehensive, unbiased and trend-based data on the effects of power stations.

EDF, together with various partners from the scientific community, have significantly contributed to increase knowledge on the thermal processes governing the Rhone River as well as on its impacts on aquatic life. Based on these new datasets, the original management rules could be refined by integrating the thermal evolution of the Rhone River, both spatially and temporally.

### **MOTS CLES**

Électricité, Hydrobiologie, Réglementation, Rhône, Thermie.

## 1 INTRODUCTION

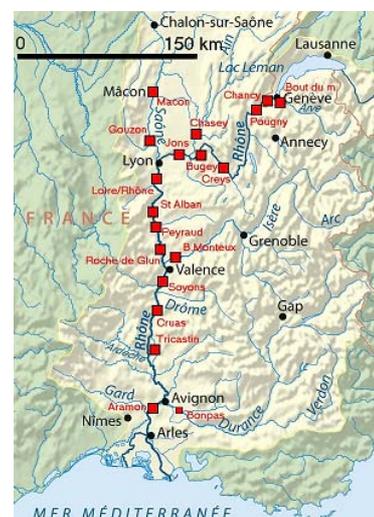
A la fin des années 1990, le Conseil Scientifique du Comité de bassin Rhône-Méditerranée et l'Administration ont identifié le besoin, pour les Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE), de préciser l'impact thermique de ces installations sur le Rhône afin de délivrer des autorisations pertinentes sur les impacts écologiques. En effet, les sites de productions d'énergie d'origine nucléaire (CNPE) et thermique (CPT), nécessitent une source froide : l'eau du Rhône. La réalisation de ce projet a été confiée à un groupe de travail composé d'experts de l'administration, d'organismes de recherches, et d'EDF. Tout d'abord, l'examen des données physiques a permis de caractériser le fonctionnement et le régime thermique du Rhône. Ensuite, sur la base de l'analyse des suivis chimiques et hydro-biologiques, il a été possible de définir l'incidence spécifique de la température sur les écosystèmes rhodaniens. Ces nouvelles informations ont servi de base scientifique à l'actualisation de la réglementation sur les rejets thermiques en situation hydro-climatique normale et, suite à la canicule de 2003, en situation exceptionnelle.

## 2 METHODOLOGIE ADOPTÉE ET DONNÉES DISPONIBLES

Ce projet sur la thermie du Rhône a initialement été structuré en 3 phases : (i) Description de l'évolution longitudinale et temporelle de la température du fleuve, (ii) Étude des facteurs à l'origine de ces évolutions, (iii) Estimation de l'incidence sur les écosystèmes aquatiques d'une modification de la température de l'eau, au regard d'autres altérations (chimie de l'eau, ...). Cette méthodologie s'appuie sur les données disponibles à la fois sur les caractéristiques physiques (température, conductivité électrique, ...), chimique et biologique du Rhône.

Depuis 1977, on dispose de chroniques horaires, sur les stations EDF. L'état thermique a ainsi été analysé à partir de 12 stations réparties sur le Rhône et sur 3 affluents majeurs (Ain, Saône, Isère).

Des suivis hydrobiologiques sont également réalisés depuis la mise en exploitation des CNPE et une douzaine de points de mesures physico-chimiques sont suivis sur le Rhône (source AERMIC).



Carte de localisation des principaux sites de suivi de température (en rouge)

## 3 PRINCIPAUX RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 3.1 Fonctionnement thermique et variabilité des températures du Rhône

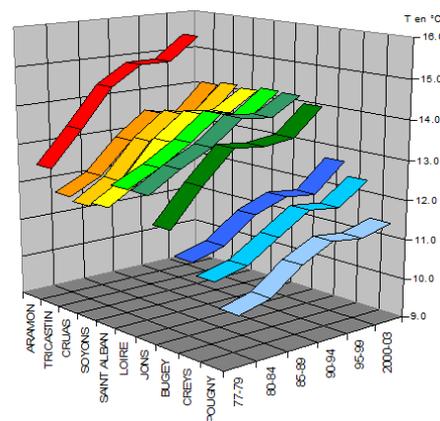
Le Lac Léman joue un rôle majeur dans la qualité de l'eau du Rhône français. Le lac généralement stratifié en température peut dans certaines conditions météorologiques voir s'opérer un mélange entre les couches profondes et superficielles. En été, ce phénomène peut alors provoquer une brusque (< 24 h) et importante diminution ( $\Delta T \sim 5-10^\circ\text{C}$ ) de la température à l'exutoire du lac, formant ainsi ce que l'on appelle une « goutte froide ». Contrairement aux rivières de plaine en équilibre avec les conditions météorologiques locales, le Rhône est un cours d'eau à transfert : 10 jours pour le transfert thermique entre le Léman et la Camargue (< 3 jours, pour le transfert de débit). Compte tenu de sa vitesse et de sa profondeur, les températures du Rhône ne peuvent pas s'équilibrer totalement avec celle de l'atmosphère. La température du Rhône est donc sous contrôle des températures de l'air, du Léman, des affluents et de la température des rejets après dilution. Les températures moyennes et les amplitudes des affluents sont différentes : l'Isère est un affluent très froid, l'Ain un affluent froid en hiver et chaud en été et la Saône un affluent chaud. Leur incidence sur la thermique du Rhône est fonction de leur régime hydrologique : nivo-pluvial pour l'Isère et pluvial pour l'Ain et la Saône.

### 3.2 Contribution des rejets thermiques des CNPE à la température

D'amont en aval, la température moyenne du Rhône augmente significativement, passant de  $10,9^\circ\text{C}$  à l'amont (Pougny) à  $14,1^\circ\text{C}$  à l'aval (Aramon). L'amplitude journalière est limitée à environ  $0,5^\circ\text{C}$ . L'analyse interannuelle montre une augmentation des températures entre [1977-1987] et [1988-2003] de  $+0,5^\circ\text{C}$  à  $+1,6^\circ\text{C}$  suivant les stations, y compris les affluents ; elles sont principalement

imputables aux variations climatiques. Sur la période récente, la température dans le Rhône vers Lyon est proche de celle qui était mesurée vers Orange il y a 25 ans.

L'échauffement engendré par un CNPE est directement lié à la puissance de production mais inversement proportionnel au débit du Rhône (dilution). L'étude montre que les échauffements des CNPE ne s'additionnent pas d'amont en aval mais se conjuguent : un échauffement résiduel moyen subsiste à l'amont des sites de l'ordre de 0,5°C à Saint-Alban et Tricastin, de 1°C à Aramon. L'échauffement médian reste dans la gamme [0,5 – 1,7]°C sur tous les sites. Dans le cas où la température du Rhône amont dépasse 20°C, les échauffements se conservent mieux à l'aval des sites mais avec des résiduels plus faibles qu'en moyenne. Inversement, dans le cas des situations où la somme algébrique des échauffements des 3 CNPE dépasse 6°C, ils se conservent moins bien mais les résiduels sont plus élevés : cette situation correspond généralement à des températures froides.



Évolution des températures du Rhône

### 3.3 Effet de la température sur les écosystèmes rhodaniens

Sur la période 1977-2008, on constate une nette évolution des peuplements d'invertébrés et de poissons. Alors qu'aucune différence des peuplements entre l'amont et l'aval des rejets des CNPE n'est observée, ces compartiments présentent un gradient longitudinal avec un synchronisme remarquable à l'aval de Lyon. Plusieurs facteurs déterminants sont mis en évidence tels que l'impact des grandes crues, l'amélioration de la qualité d'eau, la canicule. Des analyses statistiques complexes (Ktableau, STATIS) mettent en évidence le rôle prépondérant de la chimie de l'eau et secondairement de la température et de l'hydrologie sur les invertébrés. Pour les invertébrés, les espèces exotiques apparues depuis 1990 modifient aussi la structure des peuplements au détriment des espèces déjà présentes. Localement, les zones de rejets thermiques non mélangés se caractérisent par une baisse de la richesse des invertébrés ainsi qu'un effet d'évitement pour les poissons. Cette étude a montré que la température avait un effet biologique au travers de métriques intégratrices. Aucun lien direct avec les températures maximales n'a été mis en évidence.

## 4 CONCLUSIONS ET CONSEQUENCE SUR LA GESTION

Avec les évolutions climatiques et avec des événements comme les canicules de 2003 et 2006 où le Rhône apparaît plus chaud en amont des CNPE que les limites initialement autorisées en aval, les arrêtés de rejet thermique étaient devenus mal adaptés pour assurer la sûreté du réseau électrique. L'absence de différence sur les peuplements amont et aval des CNPE et notamment de Saint-Alban où la limite thermique aval est fixée à 28°C depuis 2000 permet de valider le bien fondé des nouvelles règles adoptées. Ces évolutions se traduisent par l'harmonisation de la réglementation sur le Rhône à l'aval de Lyon (échauffement autorisé à 28°C dans la limite de 3°C en été et 4°C en hiver), la définition d'arrêtés exceptionnels en cas de canicule et de risques sur le réseau, arrêtés associés à des suivis environnementaux renforcés. De ce fait, le passage en moyenne journalière des arrêtés de Saint-Alban et Tricastin est apparu pertinent : la gestion plus lissée de la production thermique fatigue moins les matériels tout en produisant moins de rejets contrairement à la gestion précédente où chaque petite variation de température ou de débit conduisait à des variations de puissance significatives. A l'issue des premières phases de ce projet, de nouvelles interrogations sur les effets croisés de la température et de l'hydrologie sur le fonctionnement des biocénoses aquatiques demeurent mais les données historiques ne permettent pas d'y répondre. La phase 4 actuellement en cours tente d'apporter des réponses à ces questions sur la base de nouvelles recherches scientifiques (suivi comportemental des poissons dans un espace thermiquement contrasté, suivi du succès de reproduction des espèces cyprinicoles, évaluation du fonctionnement chenal/Rhône court-circuité, ...).

## BIBLIOGRAPHIE

- Poirel, A., et Desaint, B. (2004). *Etude thermique du Rhône – Phase 2*. Rapport interne EDF.
- Carrel, G., Desaint, B., Fruget J.-F., Khalanski, M., Olivier, J.-M., Poirel, A., Souchon, Y. (2006). *Étude thermique globale du Rhône – Phase 3*. Rapport interne EDF.
- Tissot, L., et Souchon, Y. (2010). Synthèse des tolérances thermiques des principales espèces de poissons de rivières et fleuves de plaine de l'ouest européen. *Hydroécol. Appl.* Tome 17, pp 17-76.