

## SYNTHESE DE L'ETUDE THERMIQUE RHONE

Cette étude a été initiée par la DRIRE (23/11/1999), suite à un avis du Conseil Scientifique de l'Agence de l'Eau : « *il est apparu opportun de cerner l'impact des rejets des CNPE établis sur le Rhône, en matière thermique, toxique et radio écologique* ». L'aspect thermique a été confié à un groupe de travail (Administrations, Scientifiques, EDF) par le Comité de Pilotage du 04/01/2000.

Le Groupe de Travail a proposé de découper l'étude en trois phases distinctes, successives, fondées chacune sur une thématique précise associée à un cahier de charges très détaillé :

**Phase 1 – le constat** - : quel est l'état thermique du Rhône et de ses affluents ? Y-a-t-il des évolutions et si oui quelles sont-elles ? [2000-2002]+[2004]

**Phase 2 – les processus thermiques** - : pourquoi observe-t-on telle température tel jour à tel endroit ? quelle est l'incidence des rejets thermiques des CNPE sur cette valeur observée ? [2003-2004]

**Phase 3 – l'impact biologique** - : quel est l'effet de la température sur les écosystèmes rhodaniens ? quel est la part des échauffements des CNPE dans cet effet, le tout replacé dans le cadre des différentes autres altérations potentielles ? [2004-2006]

Débutée en 2000, et initialement calée sur les données 1977-1999, cette étude a été « percutée » par la Canicule/Sécheresse de 2003 ce qui a nécessité d'intégrer en 2004 la période 2000-2003, puis d'adapter les phases 2 et 3 à la lumière de ces nouvelles données.

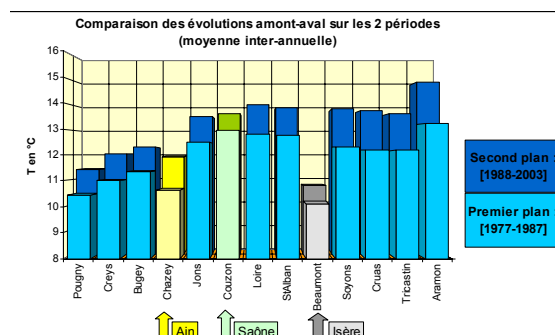
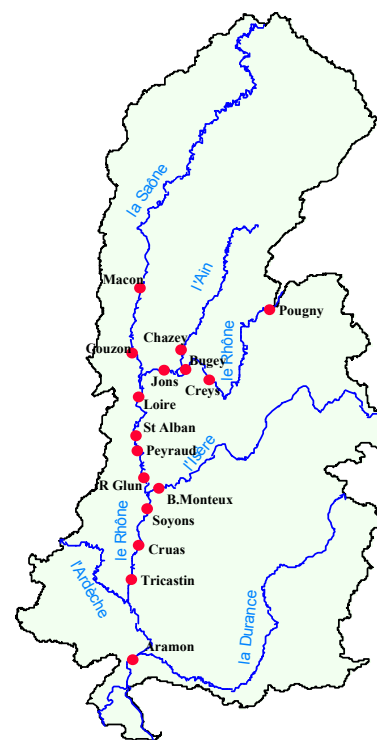
### L'état thermique du Rhône et de ses affluents de 1977 à 2003

L'état thermique a été analysé à partir de **12 stations** de mesures réparties **sur le Rhône** depuis l'entrée en France jusqu'à la confluence de la Durance et de **3 stations** situées **sur les 3 affluents majeurs** que sont l'Ain, la Saône et l'Isère. Les stations situées au droit des CNPE représentent les données amont du site. Elles sont gérées par EDF depuis 1977 avec une acquisition de données horaires.

Dans cette phase 1, il a été acté que l'**analyse statistique journalière** était satisfaisante, sous réserve de quantifier les amplitudes journalières.

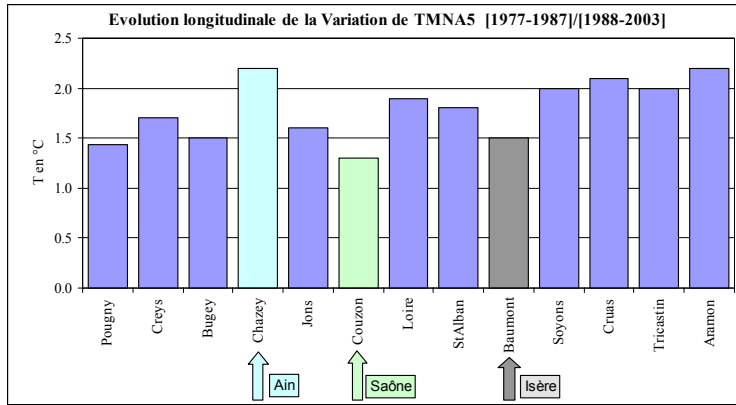
Les principaux enseignements de cette phase sont les suivants :

- La **température moyenne** passe, sur le Rhône, de **10.9°C à l'amont** du secteur d'étude (Pont de Pougny) à **14.1°C à l'aval** (Aramon). Cette augmentation n'est pas régulière sur le linéaire. Elle est élevée de +2.4°C entre Pougny et Jons et de 1.2°C entre Tricastin et Aramon.
- Les trois affluents pris en compte ont des caractéristiques différentes. **La Saône** est un affluent plutôt **chaud**, **l'Ain** un affluent plutôt **froid en hiver** et **chaud en été** et **l'Isère** un affluent très **froid**. **L'Isère**, avec son régime hydrologique nival, abaisse les températures du Rhône en aval de sa confluence de **-1°C en période chaude**.
- L'évolution des températures dans l'année suit un régime d'allure assez semblable sur toutes les stations, même si les températures moyennes et les amplitudes annuelles varient différemment selon les stations.



- À l'échelle pluri-annuelle, **le Rhône et ses affluents ont vu leur température augmenter sur la période d'étude**. On note par exemple un échauffement moyen de **+0.5 à +1.6°C** selon les stations de mesure entre les périodes [1977-87] et [1988-2003].

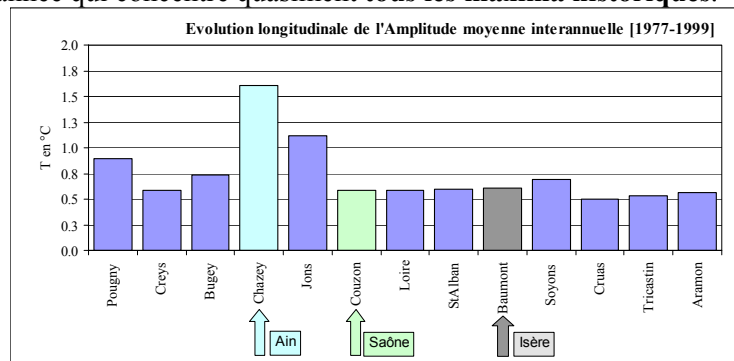
- La modification de la zonation thermique est très importante : la situation [1988-2003] vers Lyon correspondant à la situation [1977-1987] vers Orange.



- Sur le Rhône, les **caractéristiques de températures chaudes** (mois le plus chaud par exemple) sont modifiées de **+1.5°C à +2°C** entre avant et après 1987.
- **Sur les affluents** (moyenne Ain, Saône et Isère) l'augmentation de température est également de **+0.7°C en moyenne et de +1.7°C pour les températures caractéristiques des périodes chaudes**, l'Ain étant la rivière la plus touchée.

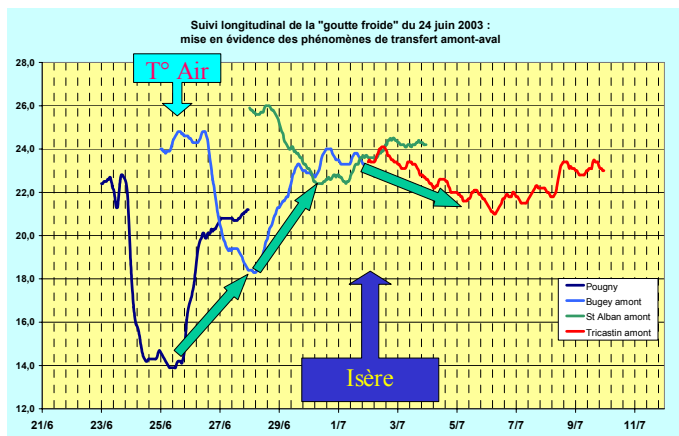
- La mise en perspective de **2003** dans ce référentiel permet de bien mettre en évidence le **caractère exceptionnel** (jusqu'à ce jour) de cette année qui concentre **tous les maxima historiques**.

- Les **amplitudes journalières moyennes** sont très **faibles sur le Rhône** (de l'ordre de 0.5°C). Elles n'ont pas été modifiées au cours de la période d'étude.
- Seuls **l'Ain et le Rhône à Jons** (sous l'influence de l'Ain et du CNPE du Bugey) présentent des **amplitudes dépassant 1°C**.



## Les facteurs qui expliquent la température de l'eau. Estimation de la part relative des rejets thermiques des CNPE sur cette température.

Cette seconde phase de l'étude s'est attachée à déterminer **les différents processus en jeu**, d'une manière qualitative d'abord, puis d'une manière statistique ensuite.

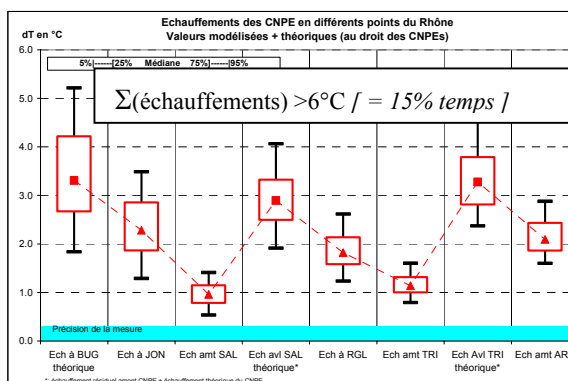
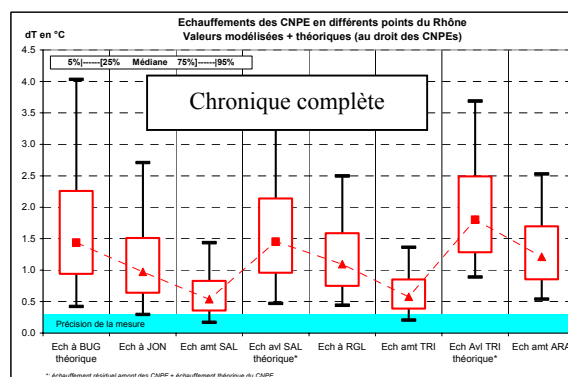
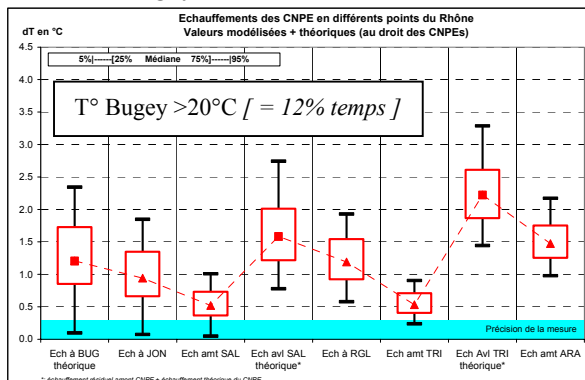


- Les **transferts amont-aval sur le Rhône sont prépondérants** : une modification de la température en un point du fleuve se propage loin à l'aval. En ce sens la température en sortie du lac Léman est fondamentale, d'autant qu'elle peut être soumise à des variations brusques.
- Les temps de transfert de la température sont bien supérieurs à ceux des débits (graphe ci-contre : il faut 10 j entre la sortie du Léman et Tricastin pour un débit du Rhône amont de 400 m<sup>3</sup>/s, alors que le temps de transfert du débit ne dépasse pas 3 j).

- La **température de l'air**, la **dilution par les affluents** et les **échauffements des CNPE** constituent les autres grands facteurs qui influent sur la température de l'eau,
- Les **échauffements des CNPE** sont **caractérisés par une grande variabilité journalière** liée aux débits (dilution) et à la puissance produite (50% des échauffements à Bugey sont inférieurs à 1.5°C et 90% à 3.1°C),
- L'analyse de ces différents facteurs explicatifs a permis de caler **des modèles explicatifs de la température de l'eau** sur l'amont de chacun des CNPE. Ensuite, en enlevant les échauffements, il a été possible de préciser la part relative des CNPE dans la température observée plus en aval.

Trois types de situations ont été analysées :

- **la chronologie complète** donnant l'effet moyen (ci-contre),
- **les situations « chaudes »** permettant de préciser l'effet CNPE pour des températures supérieures à 20°C à Bugey (ci-dessous)



- **les situations « d'échauffements importants »** où la somme algébrique des échauffements de tous les CNPE est supérieure à 6°C (ci-contre).
- L'étude confirme que **les échauffements** liés aux rejets des différents CNPE **ne s'additionnent pas** d'amont en aval mais qu'ils **se conjuguent**. Un échauffement résiduel subsiste à l'amont des sites de production, de l'ordre de **0.5 °C à Saint-Alban et Tricastin** et de **1°C à Aramon** en moyenne sur les 14 années de la période d'étude ; **95 % du temps, il ne dépasse pas 1.4°C à l'amont de St Alban, 1.2°C à l'amont de Tricastin et 2.2°C à l'amont d'Aramon**.
- Quand la **température de l'eau du Rhône est élevée** (supérieure à 20°C à l'amont de Bugey), **les échauffements conservés des CNPE sont plus faibles qu'en moyenne** ;
- Quand les **échauffements** induits par les rejets des CNPE **sont forts** (> 6°C pour les 3 CNPE), **ils se conservent moins bien** mais **les échauffements résiduels à l'aval demeurent plus élevés** qu'en moyenne ; ces situations correspondent à des températures de l'eau peu élevées en général.

### Estimation de l'effet de la température sur les écosystèmes rhodaniens replacé dans le cadre des différentes autres altérations.

Cette **troisième phase** de l'étude est par nature **la plus complexe** puisqu'elle tente d'isoler l'effet d'un changement d'un facteur écologique (la température de l'eau) et même plus précisément d'une composante de cette même température (l'échauffement résiduel des CNPE) sur différents compartiments biologiques, en particulier les **Invertébrés** et les **Poissons** qui ont été **retenus comme prioritaires** par le Comité de Pilotage. Bien sûr, la structure des populations aquatiques répond également à d'autres facteurs comme les **modifications morphodynamiques**, la **chimie des eaux**, l'**hydrologie**, les **introductions et apparitions de nouvelles espèces**,... facteurs qu'ils convient d'intégrer dans la réflexion à l'échelle de chaque tronçon.

Pour la **chimie**, il est possible d'identifier une **importante variabilité spatiale et temporelle** liée à la **succession des apports naturels** des affluents de l'amont vers l'aval, mais également à des **apports d'origine anthropique**. Les efforts réalisés pour traiter les rejets urbains se sont traduits par une **baisse sensible de la pollution classique**. De nombreux paramètres apparaissent **dépendant des conditions thermiques et hydrologiques** au travers des processus de dissolution/dilution, d'équilibre/de cinétique chimique ou de biologie algale/microbienne. Il existe également une **contamination toxique avérée** sur le Rhône, même si celle-ci est en **amélioration** .

En termes d'espèces, on dénombre **24 nouvelles espèces d'Invertébrés** dont **11 sont apparues depuis 1993**. Certaines semblent se développer rapidement, parfois au détriment d'autres. On dénombre également **13 nouvelles espèces de Poissons** depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle dont **3 sont apparues depuis les années 1980**.

Si on ajoute l'aménagement du Rhône amont, des régimes de crues très différents entre les années qui précèdent 1993 et celles qui suivent, on constate que de **nombreux facteurs autres que la thermique** sont **susceptibles d'impacter la biologie**. Que ce soit à l'échelle du bassin (changement climatique, nouvelles espèces) ou de grands tronçons (chimie des eaux, aménagements hydrauliques, CNPE), ces facteurs ne peuvent être discriminés que par des analyses statistiques complexes (ACP, Coinertie, Statis...).

Avec ces méthodes et les données disponibles, les principales conclusions de la phase 3 sont les suivantes :

- tous les compartiments biologiques étudiés présentent un **gradient** longitudinal avec une **différenciation nette** entre le **Haut Rhône** et le **Bas Rhône**,
- une **dérive temporelle nette** est mise en évidence sur les chroniques, avec une **évolution vers les espèces d'eaux chaudes et lentes, au détriment des espèces d'eaux froides et rapides**,
- on n'observe **pas de différence** significative **entre les peuplements amont et aval des sites**, à l'exception des zones de rejets thermiques non mélangés,
- le principal moteur des changements observés semble donc être **le changement climatique**,

Par compartiment, on peut tirer les conclusions complémentaires suivantes :

- pour les Invertébrés du bas Rhône, la dernière période (2000-2004) semble marquée par l'influence **des espèces exotiques introduites** dans les années 1990, dont **certaines sont envahissantes**, leur impact sur les crustacés autochtones pourrait être important.
- les **évolutions chimiques** expliquent pour partie les évolutions observées sur les Invertébrés
- à noter le **développement de mollusques filtreurs exotiques** (Corbicules) qui peuvent jouer un rôle sur toute la chaîne alimentaire via le **contrôle écologique** qu'elles exercent **sur le phytoplancton**.
- sur le Bas Rhône, **le réchauffement précoce de l'eau** et les températures estivales **favorisent la reproduction des Cyprinidés**,
- mais d'autres grands facteurs comme **les crues de 1993-94** ont eu des effets notables et perdurables sur les peuplements de poissons.

À l'échelle locale, le mélange rapide des rejets thermiques des CNPE en « circuit ouvert » avec le Rhône n'a pas été favorisé ce qui induit une **hétérogénéité thermique très nette entre les deux rives**.

Les conséquences d'un effet thermique fort peut donc être étudié immédiatement en aval du rejet :

- à Bugey par exemple, pour les Invertébrés, **la richesse du peuplement chute** dans la zone soumise à des **échauffements atteignant 8 à 9°C**,
- à Bugey toujours, sur le peuplement piscicole, **l'analyse statistique montre un effet « station échauffé »** même si celui-ci est moins fort que l'effet inter-annuel (il est trois fois plus informatif de connaître l'année de l'échantillonnage piscicole que le caractère échauffé ou non de la station de pêche...),
- à St Alban, les **végétaux supérieurs** montrent une **baisse de diversité** avec un **échauffement de 5°C**.

Les **recommandations** que l'on peut émettre suite à cette étude sont les suivantes :

En matière réglementaire, l'étude n'a pas mis en évidence l'intérêt de descendre à des pas de temps infra-journalier. Les **limites thermiques peuvent donc être fixées à pas de temps journalier** dans la mesure où on reste dans une gamme thermique acceptable même en valeur infra-journalière.

En matière scientifique, les **données physico-chimiques et biologiques** acquises dans le cadre des programmes de surveillance hydro-écologique des CNPE **constituent des séries chronologiques précieuses** pour comprendre les écosystèmes. Il est important de les **poursuivre** et de les **homogénéiser** d'un CNPE à l'autre (détermination à l'espèce pour les Invertébrés, biométrie pour les poissons)

Lors des **crises climatiques**, un programme de **surveillance renforcé** est souhaitable. Celui-ci doit s'appuyer sur les mesures de **physico-chimie en continu**, sur des **observations in-situ** pour les poissons et sur l'analyse des organismes entraînés sur les filtres des prises d'eau.

Les séries actuelles ont permis de suspecter certains processus qu'il serait important de valider par des observations spécifiques : **préciser l'inter-action hydrologique/thermique lors de la reproduction**, **préciser les effets thermiques extrêmes** par des considérations écophysiologiques, **établir les inter-actions** entre les **tronçons court-circuités** et le **chenal principal**, et, **modéliser les effets couplés de l'habitat et de la thermique** constituent trois axes de développement, surtout sur les secteurs à enjeux.