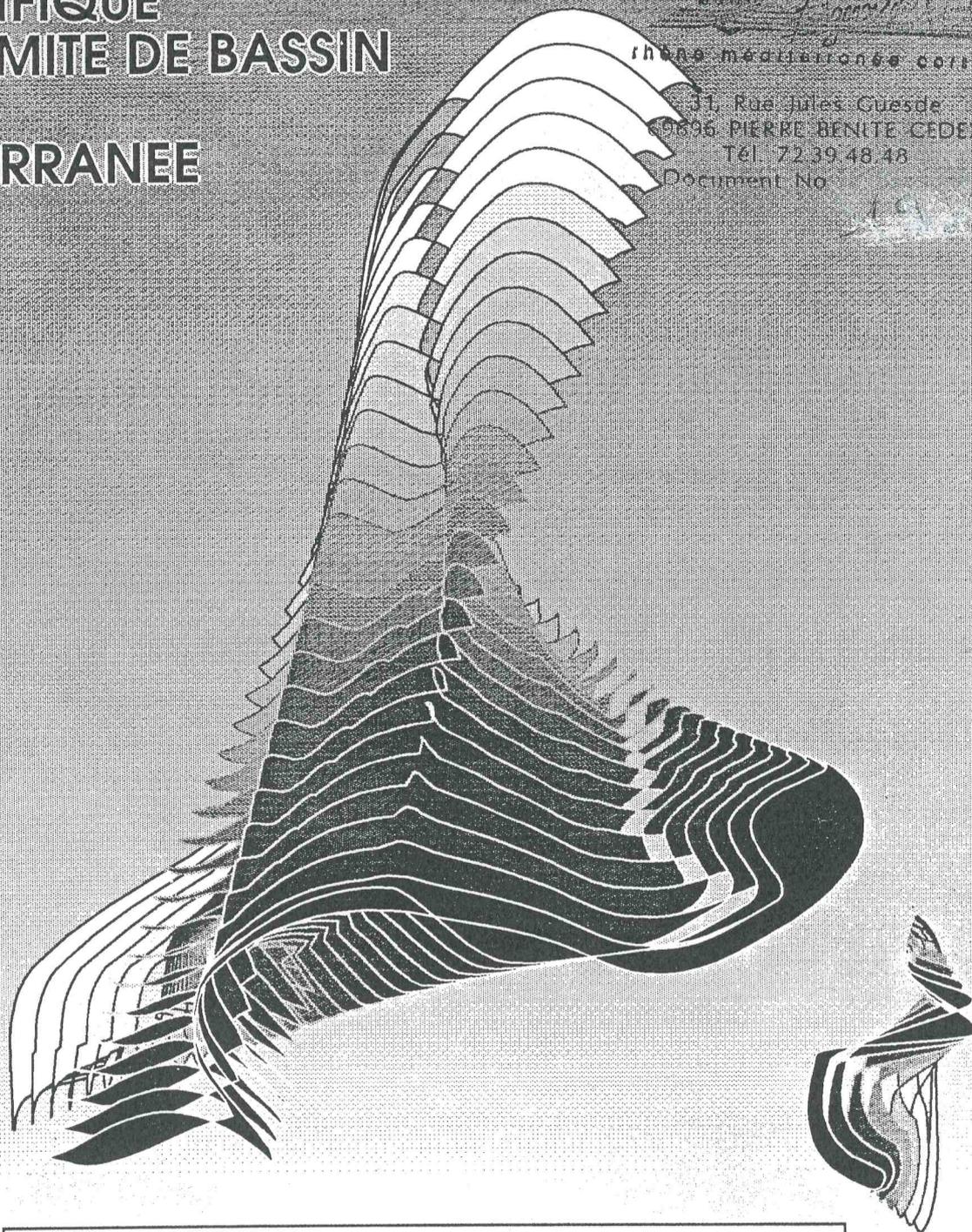


**CONSEIL
SCIENTIFIQUE
DU COMITE DE BASSIN
RHONE
MEDITERRANEE
CORSE**

Comité de Bassin
rhône méditerranée corse

31, Rue Jules Guesde
98956 PIERRE-BENITE CEDEX
Tél. 72 39 48 48

Document No



**TEMPERATURE DU RHONE :
EFFETS DES REJETS
DES CENTRALES THERMIQUES EDF**

NOVEMBRE 1994



rhône méditerranée corse

Une étude générale destinée à mesurer l'impact thermique des centrales thermiques et nucléaires sur le fleuve Rhône a été réalisée par Electricité de France à la demande de la Mission Déléguée de Bassin du 24 juin 1992.

D'autre part, au cours d'une réunion de la Mission déléguée de Bassin le 10 novembre 1993, le projet d'arrêté de renouvellement d'autorisation de prise d'eau et de rejet de la centrale nucléaire de Tricastin (effluents non radioactifs) a été examiné. Un avis favorable a été donné au projet avec toutefois des réserves pour ce qui touche à la demande d'extension de la période pendant laquelle les valeurs limite de température sont augmentées.

En conséquence, le Préfet Coordonnateur de Bassin a sollicité, le 8 mars 1994, l'avis du Conseil Scientifique du Comité de Bassin à la fois sur l'étude thermique générale et sur la demande d'extension pour la centrale de Tricastin.

La présente expertise a été conduite par MM B. Chocat et G. Oberlin, membres du Conseil Scientifique, et l'aide de personnes extérieures : MM. J.J. Roux (INSA Lyon), G. Carrel (CEMAGREF Aix-en-Provence), M.C. Roger et B. Faessel (CEMAGREF Lyon).

A Pierre-Bénite, le 8 novembre 1994

Le Président du Comité de Bassin
Rhône-Méditerranée-Corse



H. TORRE

Le Président du Conseil Scientifique
du Comité de Bassin
Rhône-Méditerranée-Corse



M. LEVEAU

Rapport d'Expertise

Température du Rhône : effets des rejets de centrales thermiques EdF

Analyse du modèle élaboré pour la simulation numérique, et des moyens de mesure et de contrôle mis en oeuvre

*par Bernard Chocat, Guy Oberlin (membres du Conseil)
et alter (collaborateurs)*

Question principale

La question principale concerne le système de mesure et le modèle de simulation des effets thermiques des rejets EdF sur le Rhône français (de Creys à Aramon) : est-il suffisant pour bien contrôler les t° ? Permet-il de vérifier qu'il n'y a pas cumul des échauffements d'amont en aval ? L'expertise a été faite au vu de 3 rapports EdF :

- EdF DER n° HE-31/93/003 de février 1993 : Simulation numérique des t° du Rhône de Creys-Malville à Aramon, par A. Gilbert et A. Hita ;
- EdF DTG n° D4160/DTG-RECA/CP/93-001-A d'avril 1993 : Etude des t° de l'eau observées le long du Rhône, par C. Avognon ;
- EdF PT-SE n° D-SÉN/LQ-93/240 de mai 1993 : t° du Rhône et centrales thermiques EdF (*note de synthèse*).

Pour ne pas inutilement paraphraser un résumé de la situation disponible par ailleurs, et par souci de bien coller aux réalités à expertiser, on ne résumera pas ici ces rapports. Le lecteur qui voudra des précisions se reportera à la 3^{ème} note d'EdF, synthétique et de fait largement diffusée par EdF malgré sa mention (document interne EdF). On ajoute simplement le résumé de la norme de rejet thermique à laquelle doit se soumettre EdF (voir par ex. l'arrêté préfectoral du CNP du Tricastin) : pas plus de 25 °C en aval (canal ou Rhône) c'est à dire bon mélange fait, et jamais plus de + 7 °C en échauffement, les 25 °C pouvant exceptionnellement, et pas plus de 20 jours en cumul de durées, atteindre 27 °C entre le 1.7 et le 15.9 de chaque année.

Avis principal

Si l'on se limite à la question du cumul des effets des rejets successifs le long du Rhône, d'amont en aval, le dispositif EdF actuel (réseau de mesure et modèle) est suffisant pour évaluer ce cumul à l'échelle de l'ensemble du Rhône et pour répondre par la négative : il y a actuellement une élévation générale moyenne de l'ordre de + 1.5 à + 3.0 °, mais sans dérive systématique (échauffement artificiel sans cesse croissant) vers l'aval. Cependant, il existe des variations temporelles et spatiales beaucoup plus importantes, mais pas connues dans le détail (ou alors pas affichées), en particulier autour des "marches d'escaliers" et des veines chaudes observées en aval à chaque rejet.

La réponse à la question initiale est donc plutôt favorable : pas de cumuls provoquant une dérive significative vers l'aval, hors l'augmentation générale liée à d'autres origines (naturelle et/ou hors effets rejets EdF).

Mais le caractère généralisé et systématique de l'augmentation de t° (modeste, mais à présent plus continue, en moyenne, d'amont en aval) a des conséquences à présent connues, en particulier sur la faune aquatique : l'ensemble du système Rhône est à présent moins diversifié, relativement banalisé, et toujours en évolution vers une population plus thermophile. A cette dérive du milieu, qui a d'autres causes que les seuls rejets thermiques, s'ajoutent les effets des séquences sévères (étiages en conditions chaudes) dont on sait qu'elles peuvent structurer un milieu, même si elles ne sont qu'épisodiques. Aux effets thermiques se cumulent les effets dus à une insuffisante dynamique (ralentissements dus aux barrages), les deux tendant à progressivement éliminer du Rhône les espèces à la fois rhéophiles et lithophiles (bancs de graviers recouverts de fines).

Éléments complémentaires

Les experts se doivent donc de signaler des éléments complémentaires, hors les limites de la question limitée initiale, mais directement liés à l'esprit de la question et aux conditions de rejets :

a) Ni les normes et règles de t° auxquelles EdF est soumis ("demande sociale"), ni le modèle, ni le réseau de mesure-contrôle permanent (ceux présentés et exploités dans les 3 rapports fournis), ne sont adaptés au suivi des variations spatiales fortes telles qu'elles se présentent en aval des rejets et jusqu'au "bon mélange", c'est à dire sur les nombreux km (localement plus de 10, en l'absence d'affluents favorisant les mélanges) où un panache est individualisable. Si l'impact de la coexistence de veines froides et chaudes n'est pas nécessairement dommageable (refuges possibles en veine froide, au moins pour la faune lothique ; refroidissement atmosphérique relativement accéléré de la veine chaude ; diversification thermique globalement positive ; etc...), les experts doivent signaler que le contrôle, voire tout simplement la connaissance, de cette diversification spatiale n'est pas assurée avec les moyens actuels.

Pour améliorer le contrôle à ce niveau, il faudrait densifier les mesures et passer en bi-dimensionnel, modèle compris.

b) La remarque précédente vaut aussi pour les phénomènes de durées inférieures à la journée : si modèles et mesures présentent à l'évidence des potentialités de connaissances à pas de temps fins, par exemple tri-horaires, les normes-règles n'y font pas explicitement référence et, bien que des résultats de t° à pas de temps horaires soient affichés en Fréquences (F) dans les 3 rapports évalués, d'autres tableaux et courbes (de type $t^\circ dF$) n'affichent explicitement, ni le pas de temps de travail, ni la signification des durées (d). Pour ces dernières, et d'après les usages en la matière, l'absence de précisions sur d signifie habituellement qu'il s'agit de durées cumulées sur la saison considérée (l'année ou le mois, dans les rapports soumis). Les experts se doivent ici de faire remarquer qu'outre la contrainte "moyenne" due à des cumuls, les contraintes élémentaires continues et répétées, fussent-elles de courtes durées, peuvent avoir des perturbations importantes si elles sont fortes, et d'autant plus que ces répétitions dans le temps se cumulent (pour les migrations locales et générales) aux "marches d'escaliers" déjà citées d'amont en aval.

Pour améliorer le contrôle à ce niveau, il faudrait donc compléter les esquisses de " $t^\circ dF$ " déjà affichées en durées (supposées) cumulées, par l'affichages des séquences continues les plus fortes, de type " $(t^\circ Xcd)dF$ ", où t° et d sont relatifs à des températures dépassées continuellement sur d, maXimales dans la saison analysée. Forts différentes et complémentaires des précédentes " $t^\circ dF$ ", leur comparaison donne en outre une idée de la répétition des séquences continues sévères qui sont à l'origine des cumuls et des moyennes déjà affichés. De tels couples de graphiques de synthèse, de compréhension universelle car progressivement introduits dans beaucoup de thématiques environnementales (à titre de résumé opérationnel de toute chronique), sont un bon compromis entre trop et pas assez de

détail. Ils présenteraient synthétiquement les états pré-et post-rejets, plus efficacement que ce qui est déjà présent dans les rapports actuels pour les seuls cumuls et moyennes.

c) La référence "pseudo-naturelle" estimée par EDF grâce au modèle (et a priori correcte, pour autant que les experts aient eu les moyens de l'apprécier), représente un état du Rhône tel qu'il est aménagé par la CNR et soumis aux divers autres impacts (rejets polluants, etc...). Cette référence contient donc déjà de sérieux impacts par rapport au fonctionnement antérieur du Rhône, en particulier des colmatages et des réchauffements ("naturels") dans les biefs ralentis en amont des barrages et dans les canaux d'amenée. L'impact relativement modéré des rejets thermiques devrait donc être interprété dans ce contexte, comme il est de règle en gestion intégrée des eaux, où l'effet de chaque filière isolée est souvent modeste, mais où les cumuls d'effets peuvent devenir dommageables. On sort du cadre de la responsabilité directe d'EDF seul, mais on est au cœur de la responsabilité des autorités en charge de la gestion du Rhône dans son ensemble.

d) En corollaire au point précédent, et à titre d'application, de nouvelles autorisations de rejets, ou un allègement des contraintes sur les rejets actuels, ne devraient pas être prises sans examiner les cumuls d'effets, non pas des seuls rejets thermiques, mais de ceux d'autres aménagements, et en particulier de ceux de la CNR, existants ou en projet.

Conclusion et résumé

En conclusion, et en résumé, les experts consultés sur l'adéquation actuelle du contrôle des t° dues aux rejets thermiques EDF :

- considèrent comme suffisants les modèles et mesures actuellement utilisés, si les contraintes de rejet en restent aux textes actuels, mais sous réserve d'afficher plus finement les résultats, jusqu'au pas de temps élémentaire tri-horaire disponible, en particulier sous la forme synthétique de courbes " $(t^{\circ} \times d) dF$ ", représentatives des séquences continues sévères, en complément aux durées cumulées $t^{\circ} dF$ déjà présentées ;

- recommandent d'adapter les contraintes de rejet, selon nécessité, après étude demandée par un maître d'ouvrage avec un cahier des charges, tenant compte :

- des objectifs de qualité, de diversité et les dynamiques choisies et/ou à respecter dans le Rhône ;
- d'une intégrité aux effets des autres aménagements du Rhône (CNR et al.) et aux autres impacts subis ;
- de la préparation des modalités qui se mettent en place pour une gestion réellement intégrée (SAGE RHONE, règle d'évaluation commune dite du ralentissement dynamique, etc....).

Alors seulement après une étude réalisée par l'Agence de l'Eau et d'autres acteurs, avec le concours possible d'EDF en partenariat, il sera possible de redéfinir avec pertinence le sous-ensemble particulier lié aux seuls rejets thermiques, et d'exiger tout ou partie des améliorations citées plus haut pour le contrôle de leurs effets.

Question complémentaire et avis

En application des conclusions et recommandations ci-dessus, les experts ont en outre été consultés sur une question liée au seul rejet du CPN du Tricastin : l'opportunité d'autoriser EDF à avancer de 15 jours (début le 15.6 au lieu du 1.7), et donc à rallonger d'autant, la période pendant laquelle EDF est autorisée à effectuer des rejets pouvant amener l'eau (en aval, après bon mélange) à 27°C (et non plus à 25°C), sous réserve de ne pas dépasser un cumul de durée (à t° supérieure à 25°C) de 20 jours par saison. Cette question a été posée sans donner d'information spécifique, et l'avis ci-dessous est donc général. Il ne pourrait être précisé qu'avec des éléments actuellement absents, du moins chez les experts consultés.

L'avis des experts est que, dans la mesure où le cumul de 20 jours (à $25\text{ }^{\circ}\text{C} < t^{\circ}$ mélangée aval $< 27\text{ }^{\circ}\text{C}$) n'est pas modifié, et que le maximum de $+ 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ est également toujours respecté, cette extension de 15 jours serait de peu de conséquences. Par ailleurs, et dans la limite des éléments dont ils disposent, les hydrobiologistes interrogés n'affectent pas à cette seconde quinzaine de juin une fonctionnalité (fin de fonctionnement des frayères, alevins encore petits, etc...) significativement différente de celle de début juillet. Les experts se doivent cependant de noter que cette levée limitée d'une contrainte, toute modeste qu'elle soit, participe à l'effet de cumul dénoncé plus haut comme la cause majeure de la dégradation du Rhône.

En compensation, également très modeste, les experts proposent que cette extension d'autorisation soit accompagnée d'une meilleure application, par EdF, de ses obligations d'affichage des t° . Ce serait l'occasion d'insister pour que EdF présente la synthèse des t° sous les formes souhaitées ci-dessus ($t^{\circ}\text{dF}$ à partir d'un pas de temps tri-horaire), avant et après rejet, et avec au moins les deux définitions de t° -seuils citées (durées continues maximales, outre les durées cumulées). On rappelle que ceci est à la portée des modèles et mesures actuels, et conforme aux règles qui demandent à EdF d'afficher (sans autre précision, dans les textes actuels) les valeurs maximales et non pas les seules moyennes.

*synthèse rédigée par Guy Oberlin,
directeur de recherches en Hydrologie,
Cemagref Lyon, Orstom*

Annexes optionnelles

Le présent rapport provisoire contient, en annexe, quelques avis individuels rédigés, ainsi que la note EdF dite de synthèse et déjà citée comme résumant correctement la situation, dans les limites d'une position EdF. Le Conseil Scientifique jugera si tout ou partie de ces annexes doit être présent dans le rapport définitif.

Avis de Bernard Chocat

Professeur INSA de LYON
Laboratoire Méthodes

Le dossier à analyser contient deux rapports : le premier rapport s'intitule "simulation numérique des températures du Rhône de Creys-Malville à Aramon", le second "Etude des températures de l'eau observées le long du Rhône". Ces deux rapports sont accompagnés d'une synthèse.

Le but de l'expertise est d'évaluer la qualité de la modélisation. Trois remarques préliminaires sont cependant indispensables.

1) On se demande tout au long de la lecture quelle est la question précise à laquelle répondent ces rapports. A aucun moment les raisons pour lesquelles on souhaite connaître l'évolution de température le long du Rhône ne sont explicitées. Les paramètres utilisés pour évaluer cette évolution ne sont donc jamais justifiés, pas plus que le seuil de variabilité qu'il conviendrait de ne pas dépasser.

2) Cette absence de définition de critères permet à EDF de tirer des conclusions en comparant des paramètres qui me semblent totalement différents les uns des autres : Par exemple l'augmentation de température (annuelle ?) moyenne due aux centrales est comparée aux variations naturelles interjournalières.

3) La seule question à laquelle une réponse est apportée est celle du cumul de l'augmentation des températures le long du Rhône. Là, il apparaît clairement, pour les deux études, que les échauffements ne se cumulent pas. On se contente de maintenir la perturbation entre $+1.2$ et $+3^\circ$ à 50% du temps en moyenne annuelle.

Si l'objectif de l'étude était uniquement d'obtenir ce dernier résultat, alors la méthodologie et la modélisation me paraît correcte.

Si l'objectif de l'étude était d'évaluer l'impact hydrobiologique de l'augmentation de la température, alors la méthodologie me paraît insuffisante et il est difficile de répondre sur la qualité de la modélisation sans connaître les critères déterminants à mesurer.

Je proposerai pour ma part :

- De définir des critères hydrobiologiques significatifs de variation de température associés à des seuils de sensibilité :
- De construire et valider un modèle permettant de déterminer les parties du fleuve où les seuils de sensibilité sont dépassés du fait des centrales.

Il est possible que le modèle permette de répondre dans sa forme actuelle. Il est également possible qu'il s'avère insuffisant, par exemple si les critères retenus nécessitent des pas d'espace plus petits ou l'évaluation de température dans des points spécifiques (à proximité des berges, au fond, etc...). Dans ce cas un modélisation bidimensionnelle, voire tridimensionnelle pour certaines sections voisines des rejets pourrait par exemple être nécessaire.

Contribution de Jean Jacques Roux

Maître de conférence à IUT Lyon 1
Centre de Thermique de l'INSA de Lyon (CETHIL)

1) Analyse du modèle élaboré pour la simulation numérique des températures du Rhône :

Les équations et les hypothèses utilisées dans le code de calcul MOTRICE semblent bien adaptées au problème posé, mais appellent néanmoins les remarques suivantes :

-Est-il nécessaire de conserver le terme de diffusion dans l'équation d'évolution de la température d'une masse d'eau (Rapport du 02/93 p A1.1) ? Son ordre de grandeur n'est-il pas négligeable devant le terme de transport ?

-Le pas de temps choisi est de 3 heures. La longueur des volumes de contrôle (des biefs) semble parfois un peu faible au vu des vitesses moyennes que nous avons pu estimer, si l'on accepte le pas de temps de 3 heures.

-Par contre, il nous semblerait intéressant de diminuer la longueur des volumes de contrôle, en particulier pour les zones proches des centrales. Les longueurs importantes utilisées ont certainement pour effet de moyenner des phénomènes locaux. Cela nécessite évidemment de baisser également le pas de temps de simulation, mais rien ne s'y oppose, une interpolation linéaire des sollicitations (températures, vent, etc...), connues avec un pas de temps de 3 heures pouvant s'avérer largement suffisante.

2) Analyse des moyens mis en oeuvre pour surveiller la température du Rhône :

Les moyens de surveillance de la température semblent corrects et cohérents avec les hypothèses utilisées dans le code de calcul.

En ce qui concerne le nombre de points de mesures, celui semble être déjà conséquent (p2 du rapport du 09/04/93) mais les implantations ne sont pas données précisément.

Nous pensons que des points de mesure immédiatement en aval des centrales peuvent s'avérer nécessaires s'il s'agit d'expliquer des phénomènes locaux et à pas de temps journalier voire horaire plutôt que mensuel ou annuel.

Les interprétations des mesures données dans le rapport semblent n'avoir été faites que pour expliquer la non accumulation de l'échauffement dû aux centrales.



E.D.F. minimise le rôle des apports caloriques sur le régime thermique du Rhône en argumentant à partir des caractéristiques hydrologiques du bassin versant (régimes diversifiés et débits importants, réalimentation régulière sur le parcours par de gros affluents froids) qui modèrent ainsi l'élévation de la température des eaux.

Malgré les caractéristiques hydrologiques du bassin versant du Rhône, propices à la multiplication des unités de production dans un espace relativement restreint, force est de constater qu'il n'y a peut-être pas "accumulation" de l'échauffement sur l'ensemble du parcours, mais "conservation" du surplus calorique de l'amont vers l'aval. En moyenne (et d'après le modèle utilisé), la température du Rhône s'accroît de 10,5°C (amont de Creys) à 13,4°C (Aramon) au lieu de 12°C. Il paraît également difficile d'admettre une comparaison entre la variabilité naturelle des températures du fleuve (parfois forte en l'espace de quelques jours) à un échauffement moyen de l'ordre de 1.4°C à Tricastin (cf. rapport MARCILLE, p. 8/9). A croire, à titre d'exemple, qu'EDF ignore l'échauffement "instantané" de +10°C des 170 mètre-cubes d'eau utilisés chaque seconde pour le refroidissement de 4 tranches en fonctionnement au niveau de Tricastin ...

A l'échelle spatiale, l'échauffement localement important de la masse d'eau puis son atténuation progressive sur plusieurs dizaines de kilomètres, voire une centaine de kilomètres, ne constitue pas un phénomène physique anodin et unique, car il se répète (7 centrales thermiques) sur un parcours relativement court (330 kilomètres). Il n'existe aucun secteur en aval de Creys-Malville sur lequel la température retrouve sa valeur d'origine (température de l'eau en l'absence totale de rejets).

Au vu des distances concernées par l'élévation de température (par exemple : +1.4°C en moyenne entre Tricastin et Aramon, soit 73 km), il est permis de penser qu'à une échelle géographique beaucoup plus restreinte, la température de l'eau puisse être localement très élevée, avec des effets portant à la fois, sur les paramètres physico-chimiques de l'eau et du sédiment, et sur l'activité métabolique des organismes vivants poïkilothermes occupant le milieu.

Les effets induits par cette élévation de température différeront selon le site (Rhône "naturel", retenue, canal), la saison considérée et le débit du fleuve.

Alors que les crues exceptionnelles de ces derniers mois sont à l'origine d'une prise de conscience tardive des coûts sociaux et économiques de l'inconsciente minimisation des risques, il importe qu'E.D.F. fasse de même vis à vis des contraintes hydrologiques (étiages) et climatiques (températures maximales). Celles-ci doivent devenir une base décisionnelle.

Il est en effet anormal

- de restreindre l'interprétation du modèle aux seules valeurs moyennes,
- de sous-estimer les épisodes climatiques et hydrologiques sévères qui, en écologie, constituent des phases critiques pour les organismes.

Des pêches électriques sont réalisées régulièrement depuis de nombreuses années au niveau des différents sites nucléaires et permettent d'avoir une vue à moyen terme (sur au moins une décennie) des évolutions du peuplement piscicole. L'ensemble des équipes constate la banalisation du peuplement, une augmentation des effectifs des espèces relativement peu exigeantes quant aux conditions de reproduction (substrat de ponte notamment), au détriment des espèces rhéophiles (utilisant des milieux lotiques) et lithophiles (ponte sur des substrats durs : graviers et galets).

Sur le chenal principal du fleuve entre Cruas et Marcoule, les captures montrent que

- le peuplement piscicole est dominé par 5 espèces polluo-tolérantes (ablette, gardon, chevaine, anguille et perche-soleil),
- les espèces rhéophiles d'eaux froides (truite, spiralin, vandoise) sont très rarement capturées, ainsi que des espèces autochtones du bassin du Rhône (toxostome, blageon),
- de nouvelles espèces thermophiles sont apparues au sein du cortège faunistique des espèces introduites (*Pseudorasbora parva*, *Carassius auratus*) ; la dernière semble d'ailleurs avoir trouvé un milieu propice à son expansion.



Par ailleurs, le suivi piscicole réalisé par l'ARALEPBP au niveau de St Alban révèle des tendances similaires avec dominance de l'ablette, du gardon, du chevine, de la brème bordelière et de la perche-soleil.

En amont de Lyon, au niveau du site de Bugey, le CEMAGREF de Lyon montre l'accroissement des effectifs du chevine au détriment des autres Cyprinidae rhéophiles tels que la vandoise, le barbeau et le hotu.

Ces constatations très générales sur les changements observés à moyen terme au sein des peuplements et des populations piscicoles du Rhône ne peuvent exclure l'impact graduellement croissant du facteur thermique lors de la mise en service des tranches nucléaires parmi la multitude des facteurs anthropiques (aménagement CNR, usages industriels de l'eau, vidanges périodiques des ouvrages, pollutions industrielles, agricoles et urbaines, etc...) ayant contribué à la dégradation globale de cet hydrosystème en moins d'un siècle.

Division Biologie des Ecosystèmes Aquatiques

Laboratoire Diagnose des Systèmes aquatiques
M.C. ROGER, B. FAESSEL

A l'attention de G. OBERLIN

Commentaires sur le Rapport E.D.F.: "Régime thermique du Rhône".

- Moyens mis en oeuvre:

Ils tiennent peu compte de l'effet local réel. Sur le site du Bugey par exemple (le seul suivi par le CEMAGREF de Lyon), il existe une station de mesure des températures, 5 km à l'aval de la Centrale (Loyettes).

Les valeurs données dans ces rapports sont les valeurs théoriques calculées après mélange et non les valeurs réelles mesurées. Celles-ci représentent l'échauffement en rive droite, car à ce niveau le mélange n'est pas fait.

Le plus souvent dans les rapports, la température aval Bugey est relevée à Jons (16 km en aval de la confluence avec l'Ain).

Les études de suivi montrent un impact biologique modéré sur le Bugey (dans le contexte actuel: n barrages, pollution industrielle), et rien sur Creys-Malville (cette Centrale n'a pas fonctionné beaucoup).

Le CEMAGREF d'Aix-en-Provence s'occupe des suivis des Centrales de Tricastin et Aramon.

- Pertinence du modèle utilisé:

Nous sommes incompetents dans ce domaine.