

REJETS THERMIQUES DANS LE RHONE URBAIN MESURES ET MODELISATION

Hélène Beauchamp², Cédric Beetschen¹,
Patrick Haas¹, Bernard Lachal², Pierre-Alain Viquerat² et Eric Pampaloni²

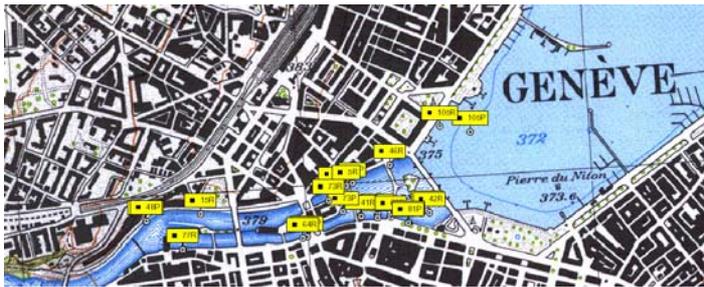
¹ CMEFE – Groupe de compétences en mécanique des fluides et procédés énergétiques, HES-SO
4, rue de la prairie
CH1202 Genève
Patrick.haas@hesge.ch <http://www.cmefe.ch>

² Cuepe, Centre Universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, Université de Genève
7, rte de Drize
CH1227 Carouge
Bernard.lachal@cuepe.unige.ch, <http://www.cuepe.ch>

Le laboratoire de mécanique des fluides de la HES-SO et le centre d'étude des problèmes de l'énergie de l'Université de Genève ont uni leurs forces pour étudier les problèmes liés aux rejets thermiques dans le Rhône urbain, en relation avec les services de l'Etat de Genève en charge de l'énergie et de la surveillance des rivières (ScanE, DOMEAU). Aussi bien l'échelle très locale (« plume » thermique des rejets) que l'échelle globale (le réchauffement du Rhône et les conséquences éventuelles sur la vie fluviale) ont été traitées et montrent que si, à leur niveau actuel, les impacts environnementaux globaux des rejets sont très faibles, les réchauffements locaux peuvent être minimisés grâce aux outils et connaissances développés dans ce travail.

La problématique

Dans le cadre du refroidissement de bâtiments et d'installations industrielles, les cours d'eau représentent une source froide très convoitée. L'utilisation de ce type de source augmente l'efficacité des groupes de froid de manière sensible. A Genève, bien que les puissances thermiques dissipées actuellement dans le Rhône urbain soient relativement modestes, de nombreuses questions se posent sur les zones de concentration qui peuvent exister. On constate notamment que les rejets sont systématiquement situés sur les rives et que, de ce fait, la majeure partie du courant d'eau n'est pas concernée.



Situations des autorisations de rejets thermiques (2005)

Cette étude a permis de mettre en évidence les effets des rejets existants sur la thermique du Rhône, d'évaluer les distances de mélanges et d'identifier les régions à forte concentration. L'approche développée est également utilisée par les auteurs dans le cadre du projet Européen TetraEner qui inclut

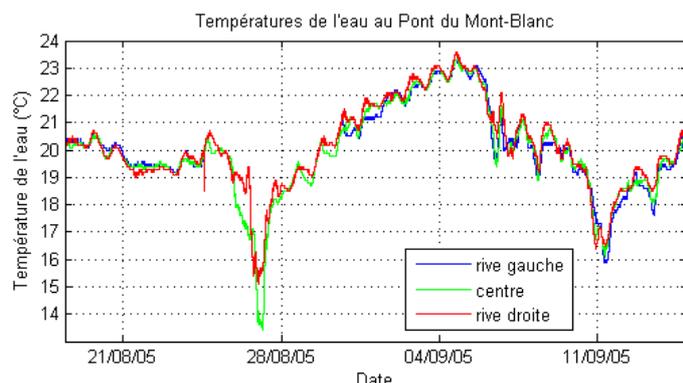
le projet Genève – lac – Nations des Services Industriels de Genève (SIG). Ce projet dont l'objectif est le rafraîchissement d'un quartier genevois pour une puissance totale de 16 MW, est aussi analysé eu égard aux aspects liés à l'environnement aquatique.

En Suisse, l'ordonnance sur l'eau (OEaux-1998) régit la température des eaux rejetées. Les eaux de rejet ne doivent pas dépasser la température de 30°C et ne doivent pas augmenter la température du cours d'eau après mélange homogène de plus de 1.5°C. Le mélange doit en outre être réalisé sur une distance aussi courte que possible et la température du cours d'eau récepteur ne doit pas dépasser 25 °C.

Mesures et analyses de la thermique du Rhône urbain, été 2005

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un travail de diplôme de Master en sciences naturelles de l'environnement de l'Université de Genève.

Le régime thermique du Rhône dépend de celui du Lac Léman, des conditions météorologiques, du débit du fleuve ainsi que ses modulations, et dans une moindre mesure des utilisations humaines de l'eau. L'influence des rejets thermiques dépend de la température et du débit des eaux réceptrices, ainsi que du débit et de la distribution spatiale des effluents thermiques. Des mesures de la



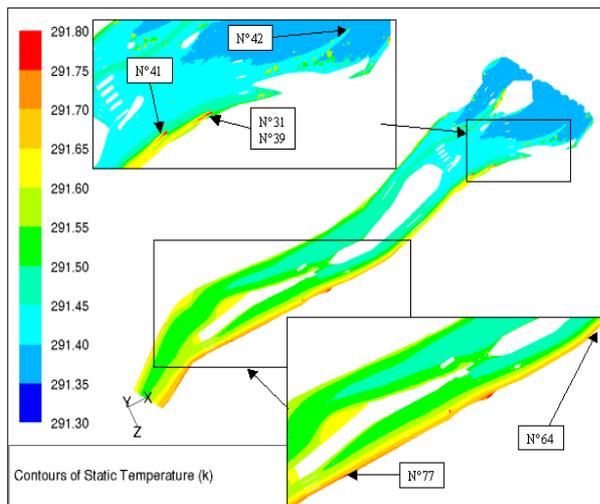
Variations spatiales et temporelles de la température

température faites *in situ* pendant la période de mi-juillet à mi-septembre 2005 ont permis de relever des profils thermiques de l'eau du Rhône, et de comparer l'évolution horizontale et longitudinale de ces profils entre le Pont du Mont Blanc et le Pont de Sous-Terre. Ces mesures ont permis de valider le modèle tridimensionnel du Rhône, mais aussi d'évaluer la situation thermique actuelle du Rhône vis-à-vis des effluents chauffés, et de prévoir un développement durable de cette ressource.

Les débits actuels utilisés pour la climatisation ne provoquent pas d'élévation significative de la température globale de l'eau du Rhône. Les différences de température amont-aval du Rhône urbain sont du même ordre de grandeur que celles entre les rives gauches et droites ; elles sont majoritairement inférieures à 0.5 K. Les dépassements de la limite légale d'une différence de température de 1.5°C ont rarement lieu et sont dus aux perturbations naturelles provoquées par de fortes précipitations imprévisibles.

Carmen - Modélisation hydraulique et thermique

Une première étude, menée au CMEFE dans le cadre d'un travail de diplôme HES, a mis en évidence les phénomènes présents. Dans le voisinage de la buse de rejet, les vitesses du fluide chaud et du cours d'eau sont très différentes tant en direction que en amplitude. Dans cette région on constate qu'un fort mélange est présent. Quelques mètres plus en aval la situation est différente. L'eau rejetée se déplace avec une vitesse sensiblement égale à celle du cours d'eau et monte lentement vers la surface. Des nappes chaudes de surface se forment et sont transportées sur plusieurs centaines de mètres.



Les échanges thermiques existants s'effectuent par convection et par mélange dans la région de la buse de rejet, puis par conduction en aval de cette région. Le gradient de température proche de la buse est compris entre 1 à 5 K/m. En aval, les échanges étant faibles il est seulement de 0.01 à 0.1 K/m.

Le modèle Carmen a été réalisé avec le logiciel Fluent. Il s'agit d'un code de calcul très utilisé dans l'industrie et l'environnement, le schéma est de type volumes finis. Les conditions aux limites du modèle sont données par des flux de chaleur et de masse. Les flux de convection, rayonnement et évaporation sont pris en compte.

La modélisation géométrique est obtenue en traitant des données bathymétriques. Des surfaces complexes sont construites et assemblées pour former les limites du domaine de calcul.

En accord avec les mesures, le modèle a montré que les rejets laissent apparaître des panaches de 0.1 à 0.3 K sur des distances qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres. Comme les rejets sont situés essentiellement sur les rives, les effets de ceux-ci s'additionnent. La température de l'eau pompée est à chaque fois légèrement supérieure au pompage situé en amont.

Conclusion

Les gradients de température relevés ne portent pas préjudice au bon déroulement des processus biologiques du fleuve. Afin de garantir la conservation de l'habitat aquatique, le développement de l'utilisation du Rhône comme source froide doit s'insérer dans une optique d'utilisation rationnelle de l'énergie. En s'imposant une limite pour l'augmentation de la température après mélange aussi basse que 0.2 K dans les périodes de bas débit (nuits et week-ends), la puissance thermique nominale des rejets pourraient être portée à trois fois sa valeur actuelle, soit environ 100 MW.

Toutefois, des réchauffements locaux peuvent exister en aval des rejets et s'accumuler le long des rives. Ces effets peuvent être évalués et minimisés grâce aux outils et aux connaissances développés dans ce travail.

Enfin, un aspect à prendre en considération est le décalage temporel entre la période la plus sensible du point de vue écologique, qui est l'hiver et le printemps, et celle de l'exploitation de la ressource à des fins hydro-thermiques, qui est principalement l'été. Cet aspect n'est pas pris en compte actuellement dans la législation en vigueur.