

**- CARMEN<sup>1</sup> -**

**REALISATION D'UN MODELE THERMIQUE  
DU RHONE**

**UN OUTIL POUR LA GESTION  
DES REJETS THERMIQUES**

Prof. Patrick Haas

Ecole d'Ingénieurs de Genève

Février 2005

<sup>1</sup> Cette belle qui, parcourant la ville, attisait toutes les convoitises.

# DESCRIPTIF DU PROJET

## 1 Quel est le problème ?

Les cours d'eau en milieu urbain représentent **une source froide convoitée pour réaliser du rafraîchissement de bâtiment et d'installations**. L'utilisation de cette masse d'eau froide permet d'imaginer des concepts énergétiques innovants. Il s'agit d'une **énergie renouvelable**. Toutefois, des **conséquences sur l'écologie du système** existent, notamment sur la vie des poissons. Il semble que lorsque la période de fraye approche, les zones chaudes formées par les rejets laissent croire aux poissons que le moment de pondre est venu. Les œufs meurent alors lorsqu'ils arrivent plus en aval du cours d'eau où la température est normale. D'autres impacts existent également, parmi ceux-ci il faut noter que la capacité de l'eau à contenir des gaz sous forme dissoute, de l'oxygène par exemple, diminue lorsque la température augmente.

En Suisse la loi sur la protection des eaux et son ordonnance (réf. 1) précise que la température des eaux rejetées **ne doit pas dépasser 30 °C et ne pas augmenter la température du cours d'eau de plus de 1,5 °C** après avoir obtenu un mélange homogène. **Ce mélange doit être réalisé sur une distance aussi courte que possible.**

La rencontre de deux courants liquides ayant des températures et des impulsions différentes conduit à des stratifications. Une étude récemment réalisée par la société NRG (Hollande) sur un lac et une rivière (réf. 2) a montré que de l'eau ayant une température de 28 °C introduite dans une rivière plus froide monte en surface et forme une nappe fine qui "flotte". **Cette nappe s'étend sur plusieurs centaines de mètres en aval du point d'injection** (figure 1).

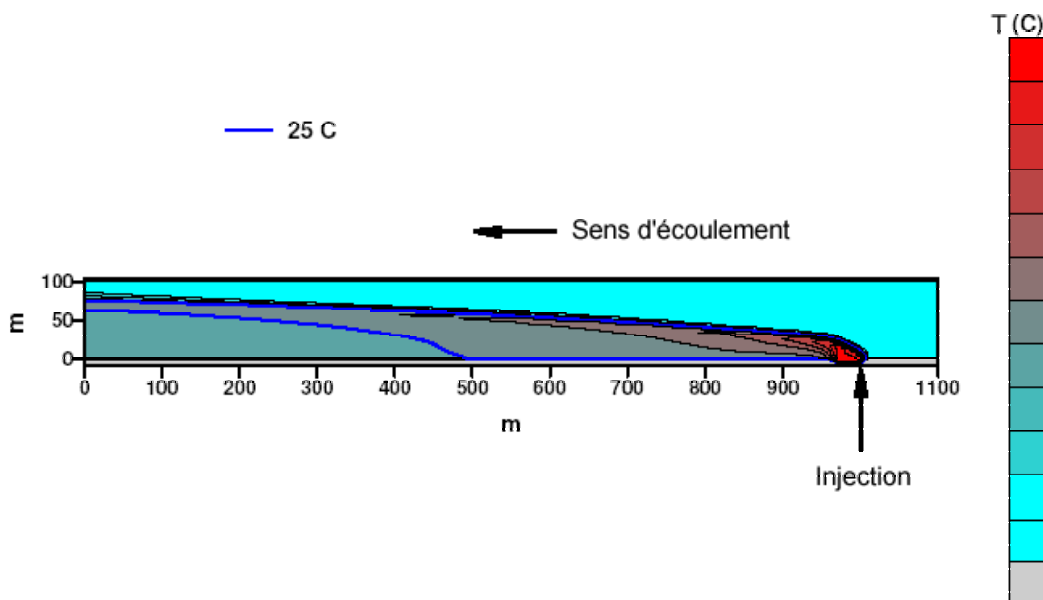


Figure 1 (a) : Injection en rivière typique, températures de surface en vue de plan (réf. 2)

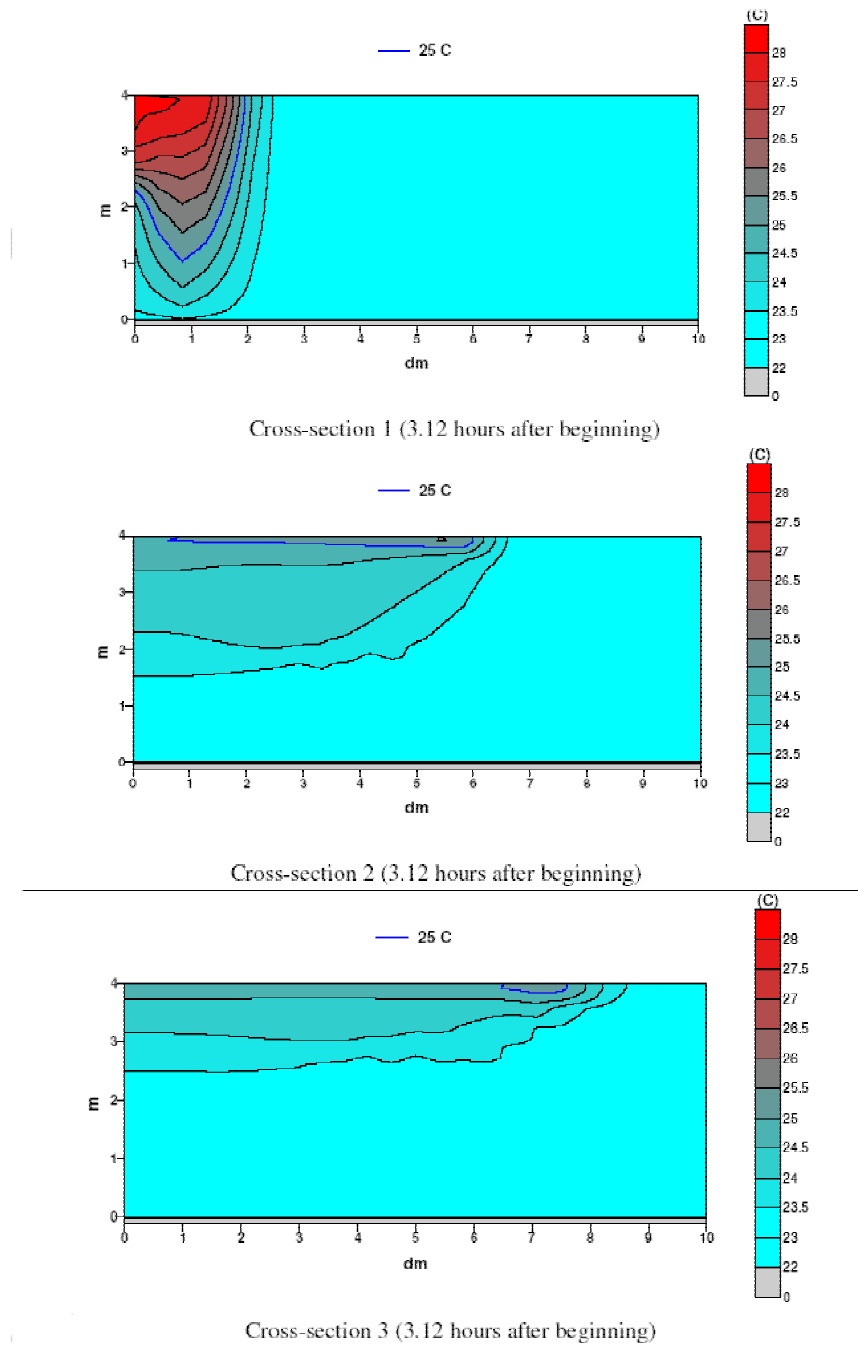


Figure 1 (b) : Injection en rivière typique, coupes transversales situées en aval du point d'injection (réf. 2)

Les dimensions de la nappe sont influencées par le vent en surface. Plus la vitesse du vent est importante, plus la nappe est épaisse. La direction du vent a également un impact significatif.

**On pourrait croire que la turbulence, la présence de nappes tourbillonnaires ou d'obstacles divers occasionnent un mélange des eaux. L'observation des cours d'eau montre que celui-ci est très faible.** A Genève, l'Arve dont les eaux proviennent des Alpes françaises et dont le débit est d'environ  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ , rencontre le Rhône ( $300$  à  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dans le quartier de la jonction. Depuis le Pont-Butin où est situé le CMEFE, nous pouvons observer le mélange des eaux du Rhône et de l'Arve (Figure 2). Sur cette figure nous pouvons voir les eaux du Rhône en vert foncé et les eaux de l'Arve en vert brun chargées de limons. Après une distance d'environ  $800 \text{ m}$  les eaux sont encore fortement distinctes. Il y a très peu de mélange.



Figure 2 : Vue depuis le CMEFE (Pont Butin à Genève) sur le pont de la Jonction.  
En vert foncé les eaux du Rhône, celles de l'Arve en vert brun.

## 2 Pourquoi faut-il absolument résoudre ce problème ?

Les concepts énergétiques déposés par les bureaux d'ingénieurs tiennent compte de la possibilité d'utiliser un cours d'eau comme source froide lorsque la situation se présente. C'est le cas à Genève avec le Rhône. Actuellement les projets déposés sont toujours plus nombreux et une certaine inquiétude existe car les moyens de prédiction font défaut.

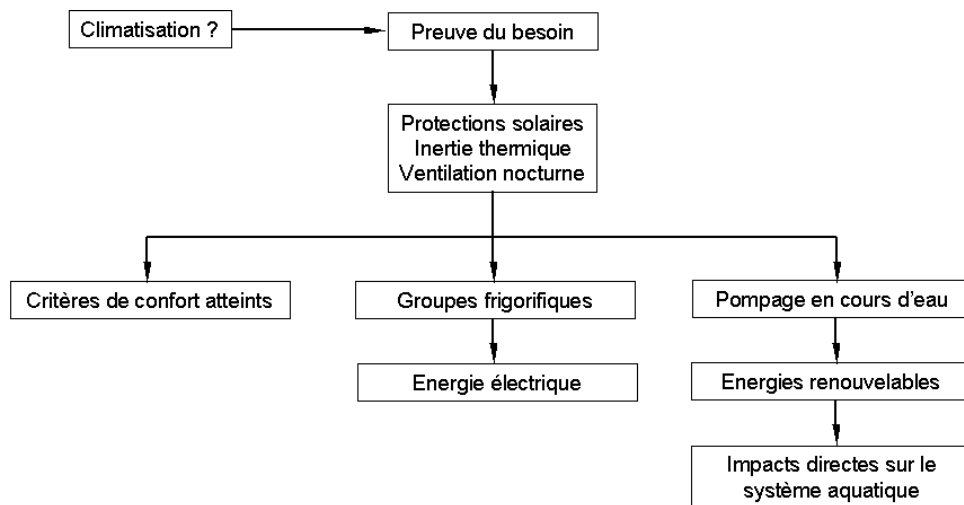


Figure 3 : Démarche concernant la climatisation et la preuve du besoin

Cette démarche paraît intéressante du point de vue écologique, cependant notre vision du problème ne doit pas se limiter au concept énergétique d'un bâtiment ou d'un projet. Elle doit être plus large. Une **évaluation de l'impact sur l'écosystème** doit être réalisée. Il faut démontrer que le gain global qui est obtenu par l'usage d'une énergie renouvelable ne se répercute pas par une dégradation des conditions de vie du Rhône.

Une exploitation intensive d'un cours d'eau conduisant à multiplier les points d'injection conduirait à la présence d'une couche en surface très épaisse dont la température dépasserait les valeurs maximales autorisées par la législation en vigueur. Des études récentes ont montré que les conditions d'injection, notamment la vitesse du jet, ne permettent pas un mélange suffisant (réf. 2, 3).

### 3 Que propose le projet "modèle thermique du Rhône"?

Le projet proposé contient deux chapitres :

1. Le développement de dispositifs de mélange pour les points de rejets
2. La réalisation d'un modèle thermique du Rhône

#### 3.1 Développement de dispositifs de mélange

**Ce projet propose l'étude de dispositifs permettant le mélange rapide des eaux de rejet avec celles du Rhône.** Les champs de températures seront plus uniformes et la stratification n'aura pas lieu.

Ces dispositifs pourraient être réalisés à l'aide de cylindres placés en amont du point de rejet. D'autres type de corps pourront également être utilisés pour générer un bon mélange : des plaques, des sphères, etc.



Figure 4 : Sillage en aval d'un cylindre (ref. 4)

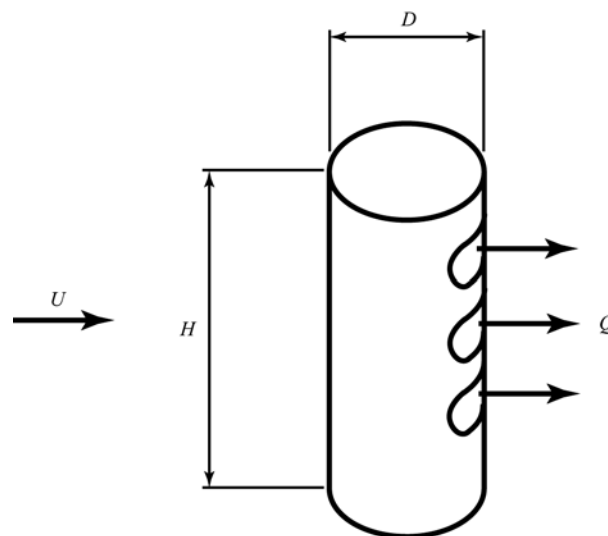


Figure 5 : Un des dispositifs de mélange qui sera étudié

### **3.2 Modèle thermique du Rhône**

Des méthodes développées il y a une vingtaine d'années (réf. 3) permettent d'évaluer avec une exactitude d'environ 20% les variations de la température en aval d'un point de rejet. Jusqu'ici, elles ont surtout été utilisées dans le cadre de projets de centrales thermiques ou nucléaires. Elles sont également utilisées pour déterminer l'impact d'accident de pollution par des composés stables (accidents de type Seveso). Ces modèles ne peuvent toutefois pas être utilisés dans le cas qui nous concerne car ils ne permettent pas de prendre en compte un dispositif de mélange. Ils interprètent la source comme étant ponctuelle ou linéique.

**Nous proposons de réaliser un modèle thermique du Rhône permettant de prédire l'impact de projets utilisant son eau pour du rafraîchissement, de même que de tout rejet thermique.**

D'une manière générale, l'élaboration d'une méthode exacte basée sur une modélisation numérique moderne (CFD) conduira à une exploitation sûre d'une ressource qui est intéressante à plusieurs titres, mais dont l'usage doit être maîtrisé.

**Nous pensons que la présence à Genève d'un modèle numérique du Rhône serait un outil efficace pour améliorer la gestion du patrimoine écologique qu'il représente.**

## 4 Bibliographie

1. Confédération Helvétique, *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux)*, RS 814.201.
2. Heling, R., Maderich, V., Koshebutsky, V., *Cooling water study. Optimisation of discharges on river and lake systems*, Report 91103.55251/P, NRG (KEMA-KPS company), Arnhem, June 20, 2003.
3. Poulin M., Hubert P., *Une méthode de calcul de l'échauffement des rivières; application à la gestion des rejets thermiques du Rhin*, Journal of Hydrology, Amsterdam, 55, pp 195-211, 1982.
4. Brika, D., Laneville, A., *Vortex-induced vibrations of a long flexible circular cylinder*, Journal of Fluid Mechanics, Cambridge University Press, vol. 250, pp. 481-508, 1993.
5. Perraudin, M., Haas, P., *Optipris – Prise d'air énergétiquement performantes*, Projet HES-SO, EIG-CMEFE, Genève, 2003-04.
6. Caissie, D., *Régime thermique des cours d'eau*, INRS-ETE, juin 2004.
7. Patankar, S., *Numerical heat transfer and fluid flow*, Hemisphere Publishing Corp., 1980.
8. Jaluria, Y. Torrance, K., *Computational Heat Transfer*, Hemisphere Publishing Corp., 1986.
9. OFEG - Office Fédéral des Eaux et de la Géologie : Législation, données hydrologiques et thermiques sur les cours d'eau suisses
10. Office fédéral de l'énergie (OFEN), diverses publications
11. Service Cantonal de l'Energie (ScanE/GE), Projet Genève-Lac-Nations : rafraîchissement des Nations Unies par pompage dans les eaux du lac Léman.

Genève, le 3 février 2005.

Prof. Patrick Haas