

## Modélisation numérique de la couche limite atmosphérique par conditions stables

**Gabriele ARDUINI**

**Laboratoire :** LEGI

**Directeur de thèse :** Chantal Staquet /  
Charles Chemel

**Co-financeurs :** U. Hertfordshire (RU)

**École doctorale :** TUE

**Début / Soutenance :** 01/10/2013 - 06/06/2017

**Formation :** Master de Physique Atmosphérique ;  
Université de Bologne, Italie

**Poste actuel :** PostDoc au Centre européen pour  
les prévisions à moyen terme  
(ECMWF), Reading, RU



### Résultats majeurs et illustrations

Le travail de thèse a permis d'explorer l'impact de l'environnement d'une vallée alpine (plaine, variation de la largeur de la vallée, vallée tributaire) sur les bilans de masse et de chaleur au sein de la vallée, par modélisation numérique tridimensionnelle idéalisée ou réaliste (cas de la vallée de l'Arve autour de Passy). Une situation stable hivernale est considérée.

Les résultats majeurs du travail sont les suivants :

- la structure de la couche limite dans une vallée idéalisée (champs de vent et température) est fortement dépendante du relief à l'aval ; en particulier, lorsque la vallée devient plus étroite, comme dans le cas de la vallée de l'Arve autour de Passy, le vent le long de l'axe de la vallée s'inverse en fin de journée et s'oppose à la ventilation de la vallée (figure 1, gauche) ;
- la modélisation numérique réaliste d'un épisode stable hivernal dans la vallée de l'Arve autour de Passy montre que le vent le long des vallées tributaires contrôle la hauteur et l'intensité de l'inversion thermique mais ne pénètre pas en fond de vallée du fait de la couche d'air très froid qui s'y forme (figure 1, droite). La direction de ce vent est elle-même pilotée par l'écoulement de grande échelle associé à l'anticyclone ;
- la modélisation numérique de la vallée de l'Arve est la première modélisation réaliste à fine échelle d'une vallée alpine (100 m horizontalement) réalisée par condition stable hivernale.

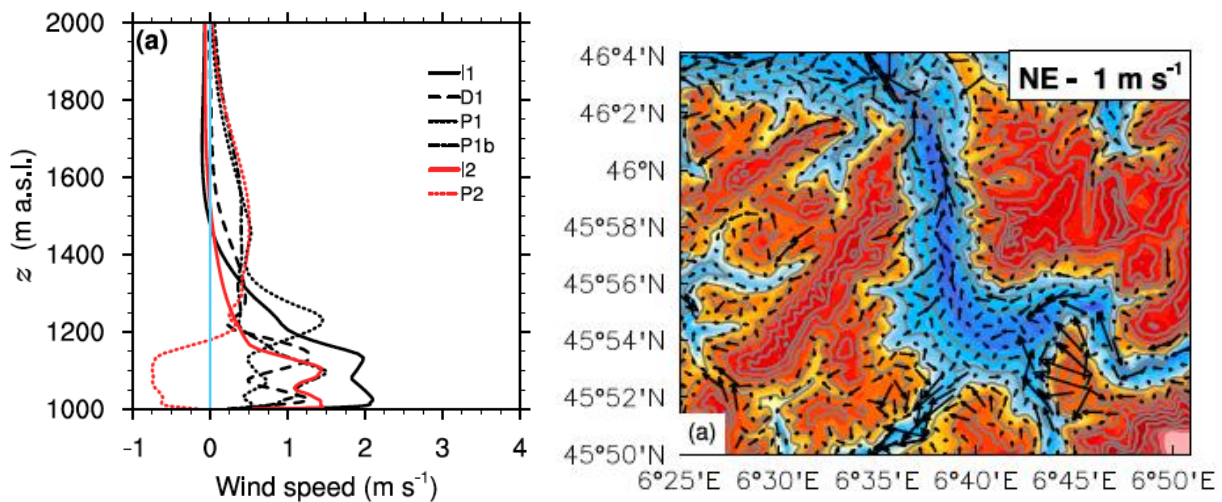


Figure 1 : (Gauche) Profils verticaux du vent de vallée pour une vallée idéalisée de type alpin dont la largeur varie vers l'aval avant d'ouvrir sur une plaine. La situation représentative de la vallée de l'Arve autour de Passy correspond au trait pointillé rouge, qui montre qu'un vent (de vitesse négative) se développe près du sol et remonte la vallée. (Droite) Champs de vent et de température potentielle simulés avec le modèle WRF (Weather Research and Forecast) à 10 m au-dessus du sol le 10 février 2015 à 1800 UTC. La direction et la vitesse à 6000 m d'altitude de l'écoulement de grande échelle associé à l'anticyclone sont indiquées dans le coin en haut à droite.

Crédit : (figure de gauche) Arduini G, C. Chemel, C. Staquet, 2017, Energetics of Deep Alpine Valleys in Pooling and Draining Configurations, *J. Atmos. Sci.*, 74, pp 2105-2124, doi: 10.1175/JAS-D-16-0139.1; (figure de droite) Arduini G., C. Chemel, C. Staquet, Local and non-local controls on a persistent cold-air pool in the Arve River valley, submitted to *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

#### Publication dans une revue prestigieuse :

ARDUINI Gabriele, Charles CHEMEL, Chantal STAQUET 2017 Energetics of deep Alpine valleys in pooling and draining configurations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 74 (7), 2105-2124.

#### Résumé de la thèse

L'objectif du travail de thèse est de comprendre l'influence du relief environnant une vallée (une plaine ou une autre vallée, de même axe ou tributaire) sur les bilans de masse et de chaleur au sein de la vallée par condition stable hivernale. Le travail s'appuie sur des simulations numériques tridimensionnelles pour une vallée idéalisée puis pour la vallée de l'Arve autour de la ville de Passy, une modélisation numérique à haute résolution (100 m horizontalement) d'un épisode stable hivernal associé à une campagne de mesures ayant été développée pour cela. Le code communautaire WRF (Weather Research and Forecast) est utilisé. La modélisation numérique réaliste dans la vallée de l'Arve montre que le vent le long des vallées tributaires, dont la direction est pilotée par l'écoulement de grande échelle, contrôle la hauteur et l'intensité de l'inversion thermique mais ne pénètre pas en fond de vallée du fait de la couche d'air très froid qui s'y forme. Le modèle développé permet ainsi de comprendre qu'une forte pollution ait pu s'établir à Passy durant l'épisode stable. Couplé au cadastre d'émission fourni par l'agence de qualité de l'air de la région Auvergne Rhône-Alpes, ce modèle permettra de prédire le champ de concentration des polluants au sein de la vallée.

## Collaborations

Le travail de thèse s'est inscrit au sein d'un projet LEFE de l'INSU dont les partenaires étaient le CNRM (Centre de Recherches Météorologiques) à Météo-France et l'IGE à Grenoble (Institut de Géophysique de l'Environnement). La collaboration avec l'agence de qualité de l'air de la région Auvergne Rhône-Alpes a également été poursuivie.

## Publications à comité de lecture

1. ARDUINI G., C. CHEMEL, C. STAQUET 2017 Energetics of deep Alpine valleys in pooling and draining configurations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 74 (7), 2105-2124.
2. ARDUINI G., C. STAQUET, C. CHEMEL 2016 Interactions between the night-time valley wind system and a developing cold-air pool. *Boundary-Layer Meteorology*, **161** (1), 49-72.
3. CHEMEL C., G. ARDUINI, C. STAQUET, Y. LARGERON, D. LEGAIN, D. TZANOS, A. PACI 2016 Valley heat deficit as a bulk measure of wintertime particulate air pollution in the Arve River Valley. *Atmospheric Environment*, **128**, 208-215.
4. PACI A., C. STAQUET et 39 auteurs (dont G. ARDUINI et C. CHEMEL) 2016 La campagne Passy-2015 : dynamique atmosphérique et qualité de l'air dans la vallée de l'Arve. *Pollution atmosphérique*, N°231 - 232 - VIII - La vallée de l'Arve : des dispositifs innovants.  
<http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=5913>

## Autres publications et présentations

### 2017

1. STAQUET C., J. QUIMBAYO, S. TODZO, I. PEINKE, G. ARDUINI, C. CHEMEL, F. TROUDE et al On the relationship between atmospheric circulation and PM10 concentration in the Arve River valley around Passy. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Reykjavik, Islande, 18-23 juin 2017.
2. QUIMBAYO J., C. STAQUET, C. CHEMEL, G. ARDUINI Impact of along-valley orographic variations on the dispersion of passive tracers in a stable atmosphere : an idealized study. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Reykjavik, Islande, 18-23 juin 2017.
3. CHEMEL C., G. ARDUINI, C. STAQUET Local and non-local controls on a persistent cold-air pool in the Arve River Valley. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Reykjavik, Islande, 18-23 juin 2017.

### 2016

4. ARDUINI A., C. CHEMEL, C. STAQUET, S. TODZO, F. TROUDE 2016 The atmospheric boundary layer in an Alpine valley during wintertime persistent temperature inversions. *8th International Symposium on Stratified flows*, San Diego, CA (USA), 29 août-1er septembre, 8 pages.
5. ARDUINI G., C. CHEMEL, C. STAQUET Energetics of Deep Alpine Valleys in Pooling and Draining Configurations. *22th symposium on Boundary Layers and Turbulence*, Salt Lake City, USA, 20-24 juin 2016.
6. CHEMEL C., G. ARDUINI, C. STAQUET, Y. LARGERON, D. LEGAIN, D. TZANOS, A. PACI Valley Heat Deficit as a Bulk Measure of Wintertime Particulate Air Pollution in the Arve River Valley. *22th symposium on Boundary Layers and Turbulence*, Salt Lake City, USA, 20-24 juin 2016.
7. G. ARDUINI, C. CHEMEL, C. STAQUET Dynamical Control on Air Pollution in the Arve River Valley during a Persistent Cold-Air-Pool Event. *17th Conference on Mountain Meteorology*, Burlington, Vermont, USA, 27 June – 1 July 2016.
8. STAQUET C., G. ARDUINI, C. CHEMEL Energetics of Deep Alpine Valleys in Pooling and Draining Configurations. *Colloquium in the honor of Prof. E.J. Hopfinger*, Grenoble, 11-13 mai 2016.

## 2015

9. ARDUINI G., C. CHEMEL, C. STAQUET Energetics of idealized valleys in draining and pooling configurations. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Innsbruck, Autriche, 31 août-4 septembre 2015.
10. STAQUET C., A. PACI et 24 auteurs (dont G. ARDUINI) The Passy project: Objectives, underlying scientific questions and preliminary numerical modelling of the Passy Alpine valley. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Innsbruck, Autriche, 31 août-4 septembre 2015.
11. PACI A., C. STAQUET et 43 auteurs (dont G. ARDUINI) The Passy-2015 field experiment: an overview of the campaign and preliminary results. *International Conference on Alpine Meteorology (ICAM)*, Innsbruck, Autriche, 31 août-4 septembre 2015.

## Valorisation

Création d'un modèle numérique de la vallée de l'Arve centré sur la ville de Passy, de résolution 100 m horizontalement.

## Expérimentations sur le terrain

Gabriele Arduini a également participé à la campagne de mesures Passy-2015 (menée dans le cadre du projet LEFE/INSU) via la maintenance d'un radiomètre micro-ondes prêté par l'université de Hertfordshire, dont il a ensuite exploité les données de température.