

**Titre du projet :** Circulation atmosphérique par condition stable hivernale en vallée alpine et impact sur la qualité de l'air

*Volet :* Recherche (fléchage zone Alpes)

*Porteur du projet :* Chantal STAQUET, LEGI

*Laboratoires impliqués :* LEGI (UMR 5519),  
LGGE (UMR 5183) et LTHE (UMR 5564) (devenu IGE UMR 5001 au 01.01.2017)

## Bilan du projet pour la période 2015-2016

### Bilan d'activité (1 page max)

Ce projet concerne les épisodes stables hivernaux en vallée alpine urbanisée. L'objectif est de comprendre le lien entre la circulation atmosphérique à l'intérieur de la vallée et la forte hétérogénéité de la pollution qui prévaut durant ces épisodes. Ce projet fait suite au projet PASSY financé sur le même thème en janvier 2014 par l'ADEME dans le cadre du programme LEFE de l'INSU (porteur: C. Staquet, LEGI). Le projet PASSY incluait une campagne de mesures dans la vallée de l'Arve autour de la ville de Passy, qui a eu lieu en janvier et février 2015. Les partenaires du projet PASSY étaient les trois laboratoires grenoblois LEGI, LGGE et LTHE, le laboratoire CNRM/GAME de Météo-France (qui a piloté la campagne) et l'université de Hertfordshire en Angleterre.

Le présent projet s'inscrit dans la continuité du projet PASSY et avait pour objet de soutenir l'activité de recherche des partenaires grenoblois et leur collaboration. Il comportait trois axes principaux : (i) l'analyse des données de la campagne de mesure; (ii) le développement innovant d'une modélisation numérique à très fine échelle du site alpin de mesures et l'étude des propriétés de transport des polluants; (iii) le couplage entre chimie et dynamique lors d'épisodes de brouillard.

L'analyse des données de la campagne a été menée dans le cadre des deux stages de M2R d'Isabel Peinke (LEGI) et Julie Allard (LGGE), des travaux de thèse (en cours) de Gabriele Arduini (LEGI) et de Julian Quimbayo (LEGI) et du post-doctorat d'Hélène Barral (LTHE). Les données sont issues de plusieurs instruments : lidar vent, radio-sondages, radiomètre micro-onde, scintillomètres, anémomètres soniques et sondes de température embarquées sous ballon (Figure 1). Leur analyse pour l'une des périodes d'observation intensive de la campagne (associée à une forte pollution) a conduit à une vue précise de la circulation atmosphérique durant cette période et de son impact sur le transport de polluant. Elle a permis de comprendre pourquoi le niveau de pollution est très élevé au niveau de la station de mesures de Passy.

Cette compréhension fine a également été acquise grâce au développement d'un modèle numérique réaliste à très fine échelle de la vallée de l'Arve à l'aide du modèle numérique Weather Research and Forecast -WRF- (thèse de Gabriele Arduini). Ce développement a représenté un véritable challenge, la vallée étant très étroite (2 km au plus) et profonde (2000

m) avec de nombreux obstacles à lever (tel que la modélisation de la neige). Un très bon accord avec les mesures de la campagne (température et vitesse) a finalement été obtenu (voir figure 2), validant en cela la stratégie de modélisation. Une analyse plus précise du transport d'un polluant dans une vallée alpine par condition stable a également été menée numériquement avec une topographie idéalisée par Julian Quimbayo (thèse en cours).

Le déploiement d'un micro-aéthalomètre AE52 (Magee Scientific) placé sous le ballon captif durant la campagne de mesures a permis d'obtenir des profils verticaux de la concentration de Black Carbon durant l'épisode stable (figure 3). Une hauteur d'inversion de basse couche de l'ordre de quelques dizaines de mètres a été observée expliquant une partie des concentrations élevées mesurées au sol. Dans le cadre du stage M2R de Julie Allard, un système non-conventionnel pour mesurer la stabilité atmosphérique (capteurs de température installés le long des pentes) a pu être caractérisé et validé par comparaisons avec les mesures obtenues par des instruments de la campagne (sondes de température sous ballon captif, mesures radiosondages, lidar vent). Ce système déployé sur 3 sites de la Vallée de l'Arve depuis 2013 a mis en évidence une quasi-proportionnalité entre les différences de température des basses couches et le niveau des concentrations de  $PM_{10}$  durant la destruction matinale de l'inversion au niveau des 3 sites.

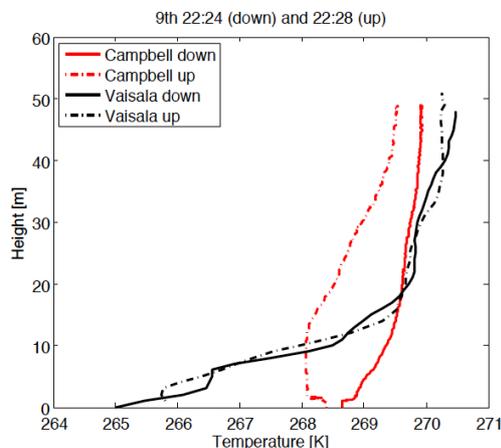


Figure 1 : (a) Ballon captif portant les sondes de température, pression et humidité de type Vaisala et Campbell (photo Julie Allard). (b) Comparaison des profils nocturnes de température enregistrés par les deux sondes durant une montée et une descente successives du ballon (extrait du rapport de M2-R de Isabel Peinke).

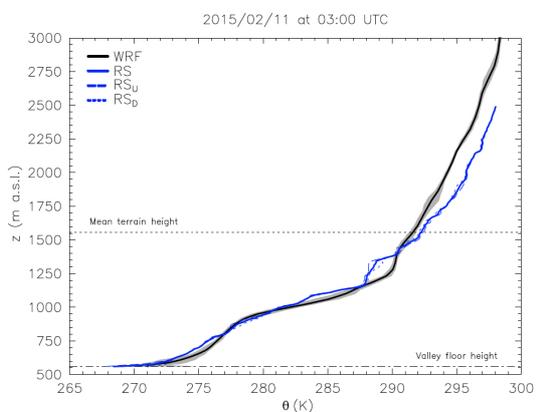


Figure 2 : Comparaison du profil vertical de température calculé par le modèle numérique WRF (courbe noire) et issu de mesures par radio-sondage (courbe bleue) à 03:00 le 11 février 2015. Les valeurs grisées représentent l'intervalle de valeurs de la température dans un rayon de 333 m autour du point de mesure dans le plan horizontal. Les traits tiretés bleus correspondent aux valeurs de la température à la montée et à la descente du radio-sondage (travail de thèse de Gabriele Arduini).

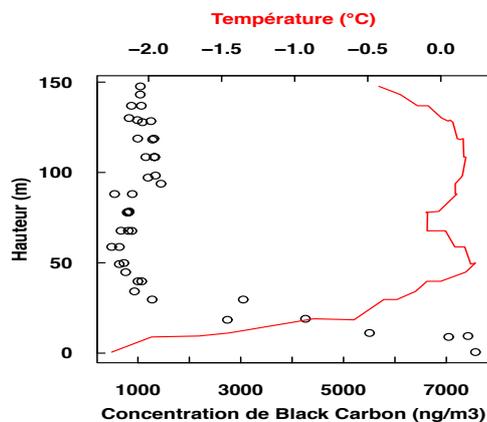


Figure 3: Profils verticaux du 13/02/15 à 7h12 UTC (mesures réalisées en phase montante par la sonde Vaisala et l' AE52) de la température et concentration de Black Carbon à Passy (travail de M2-R de Isabel Peinke et de thèse de Julie Allard).

## **Production scientifique** (articles scientifiques, actes de congrès...)

### **Publications**

- 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
- Paci A, C Staquet, J Allard, H Barral, G Canut, J-M Cohard, J-L Jaffrezo et al. 2016 La campagne Passy-2015 : dynamique atmosphérique et qualité de l'air dans la vallée de l'Arve. *Pollution atmosphérique*. N°231 - 232, Octobre - Décembre 2016. <http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=5913>

### **Acte de conférence**

- Arduini G, C Chemel, C Staquet, S Todzo, F Troude 2016 The atmospheric boundary layer in an Alpine valley during wintertime persistent temperature inversions. *VIIIth international symposium on stratified flows (ISSF)*, San Diego, CA, USA, 29 août-1er septembre, 8 pages.

### **Conférences**

2015

- Paci A, C Staquet & 43 auteurs: The Passy-2015 field experiment: an overview of the campaign and preliminary results. *Proc. of the 33rd International Conference on Alpine Meteorology*, Innsbruck, Austria (poster).
- Staquet C, A Paci and 24 auteurs: The Passy project: objectives, underlying scientific questions and preliminary numerical modeling of the Passy Alpine valley. *Proc. of the 33rd International Conference on Alpine Meteorology*, Innsbruck, Austria (oral).

2016

- Paci A, C Staquet et al: The Passy-2015 field experiment: wintertime atmospheric dynamics and air quality in a narrow alpine valley, Colloque de la société européenne de géophysique (EGU) Vienne, Autriche, 17-22 avril (poster).
- Staquet C, G Arduini, I Peinke, S Todzo, C Chemel: Relation between dynamics and pollution in the Arve valley around Passy. *Colloque en l'honneur de E.J. Hopfinger*, Grenoble, 11-13 mai (oral).
- Arduini A, C Chemel, C Staquet, G Canut, D Tzanos, A Paci, T Douffet: Dynamical controls on air pollution in the Arve river valley during a persistent cold-air pool event. *17th conference on Mountain Meteorology*, Burlington, Vermont, 27 juin - 1<sup>er</sup> juillet (oral).
- Arduini G, C Chemel, C Staquet, S Todzo, F Troude The atmospheric boundary layer in an Alpine valley during wintertime persistent temperature inversions. *VIIIth international symposium on stratified flows (ISSF)*, San Diego, CA, USA, 29 août-1er septembre (oral).
- Allard J et al: Investigation of local meteorology on PM<sub>10</sub> and BC atmospheric concentrations in the alpine Arve Valley, France. European Aerosol Conference, Tours (poster).

## Rapports de stage de master 2

- Isabel PEINKE 2015 Analysis of temperature inversions in the Passy valley as inferred from a wintertime field campaign (*M2R Environmental Fluid Mechanics, Grenoble; accueil LEGI*).
- Julie ALLARD 2015 Météorologie locale et concentration des PM10 dans la vallée de l'Arve (*M2R Eau, Climat, Environnement, Grenoble; accueil LGGE*).
- Stella TODZO 2016 Wintertime atmospheric circulation in the Passy valley as inferred from field data (*M2R Environmental Fluid Mechanics, Grenoble; accueil LEGI*).
- Mehdi Maleki 2016 Evaluation of performance of CSAT anemometer in laminar and grid turbulence regime in a wind tunnel (*M2R Fluid Mechanics & Energetics, Grenoble; accueil LTHE & LEGI*).

**Bilan financier succinct** (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

Le montant attribué était de 15 000 €. Il a été dépensé comme suit :

	LEGI	IGE-LTHE	IGE-LGGE	<b>Total</b>
Fonctionnement	803	3000	2985	6788
Frais publication	2435			2435
Indemnités stage	2646			2646
Missions	3116			3116
<b>Total</b>	9000	3000	2985	<b>14985</b>