

## **Amélioration de la connaissance et de la prévision des vents de vallée en conditions stables : expérimentation et modélisation statistique avec réseau de neurones artificiels**

L'objet de cette thèse est l'étude des écoulements en conditions stables dans une vallée dans le but de participer à l'amélioration des calculs de transport et dispersion atmosphérique dans ces conditions. Les stratifications stables sont en effet critiques car elles limitent les mouvements verticaux, ce qui réduit le mélange et la dispersion des composés émis près de la surface. De plus, dans ces conditions, les écoulements créés sont fortement dépendants du relief local, et donc difficiles à calculer précisément avec des modèles de prévision opérationnels, car la résolution requise devient prohibitive. Le site étudié est la vallée de Cadarache, située dans le sud-est de la France, et dans laquelle est installé le centre CEA de Cadarache. Cette vallée de largeur 1 km, avec des versants de 100 m de hauteur, est le siège de courants de densité dès que les conditions stables s'établissent. Ces courants ont des interactions complexes avec les écoulements d'échelle supérieure.

Le premier objectif a été d'améliorer les connaissances sur la stratification et les écoulements à l'échelle de la vallée grâce aux observations de la campagne KASCADE 2017. Une profondeur adimensionnelle de la vallée permet de distinguer les situations de couplage ou découplage entre les vents dans et au-dessus de la vallée. Ces situations ont été reliées à l'intensité de l'hétérogénéité des températures et des vents. En situation de découplage, la stratification dans la vallée est de type « cold pool marginale ». Les vents de pente sur les versants et dans le fond de la vallée, associés aux cold pools marginales, ont été analysés.

Le second objectif a été d'améliorer la détermination des vents près de la surface dans la vallée, à partir d'informations d'échelle supérieure. Une prévision immédiate statistique de ce vent, à partir d'observations du vent au-dessus de la vallée et de la stratification dans cette dernière, a été réalisée à l'aide d'un réseau de neurones artificiels (RNA). La méthode s'est révélée performante et le RNA a donc également été appliqué aux prévisions opérationnelles réalisées avec une résolution de 3 km sur la région avec le modèle météorologique WRF. Cette mise en œuvre consiste donc à effectuer une descente d'échelle statistique à partir de simulations dans lesquelles ni le relief ni l'occupation des sols ne sont correctement représentés à l'échelle de la vallée. Les résultats produits permettent d'améliorer significativement la prévision du vent près de la surface dans la vallée.

Mots-clés :

Couche limite stable, vents de vallée, réseaux de neurones artificiels, campagne de terrain, WRF

## **Improvement of the knowledge and forecast of valley winds under stable conditions: Experimentation and statistical modeling using artificial neural networks**

The aim of this thesis is to study the valley flows under stable stratification to participate to the atmospheric dispersion calculations improvement under such conditions. These conditions are studied because vertical motions are reduced under stable conditions, which diminishes mixing and dispersion of compounds emitted close to the surface. Furthermore, the winds are strongly dependent on topography, which makes their calculation very hard with mesoscale NWP models. The region studied is the Cadarache valley, in south-east of France, which hosts the Cadarache CEA center.

The first objective was to improve our knowledge on stratification conditions and local winds at the valley scale thanks to the KASCADE 2017 experiment. A non-dimensional valley depth allowed us to determine whether above and inside valley winds are coupled or not. Each of the two situations has been related to the temperature and wind heterogeneity in the valley. When winds are not coupled, the stratification in the valley behaves like a marginal cold pool. Slope and valley winds associated to this stratification regime have been analysed.

The second objective was to improve the wind definition, inside the valley and close to the surface, from a larger scale information. A statistical nowcasting of this wind was performed, based on above valley wind observations and the knowledge of the stratification at the valley scale, with an artificial neural network (ANN). Since the method has proved to be efficient, it was thus applied to operational forecasts done on the area with the WRF meteorological model at a 3-km horizontal resolution. This constitutes a statistical downscaling process, applied to simulations where neither the topography nor the land use are adequately resolved at the local scale of the valley. This allows to improve significantly the valley wind forecast.

Keywords:

Stable boundary layer, valley winds, artificial neural networks, field campaign, WRF