

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : CNRM, Météo France, Toulouse

Titre du stage : **Impact des hétérogénéités de surface sur la couche limite atmosphérique : une étude de modélisation 1D bi-colonne sous les forçages observés de la campagne LIAISE**

Nom et statut des responsables de stage : BOSCOLO Nefeli (doctorante), COUVREUX Fleur (IPEF)

Coordonnées des responsables de stage : neveli.boscolo@meteo.fr ; +33 (0)780795608

Sujet du stage (*English version below*):

L'impact des hétérogénéités de surface sur la couche limite atmosphérique (CLA) fait l'objet de recherches continues, car leurs effets restent difficiles à représenter, tant sur le plan mathématique que dans les modèles atmosphériques. **En ce qui concerne les hétérogénéités des flux de surface, les activités humaines telles que l'irrigation perturbent, dans les environnements semi-arides, la disponibilité en eau du sol.** Par conséquent, le bilan énergétique de surface est perturbé, créant ainsi de fortes hétérogénéités locales par rapport au milieu environnant. **Lorsqu'elles sont suffisamment étendues, ces hétérogénéités ont un impact significatif sur la couche limite atmosphérique et la circulation à méso-échelle.**

C'est dans ce contexte qu'a été menée, en juillet 2021, la [campagne de mesures LIAISE \(Boone et al., 2025\)](#). Le site d'étude se situe dans la région semi-aride du bassin de l'Ebre, en Catalogne (Espagne), une zone à vocation essentiellement agricole et fortement dépendante de l'irrigation. **Lors des chaudes journées d'été, l'irrigation intensive d'une zone agricole génère une hétérogénéité marquée et bien délimitée par rapport aux terres environnantes, sèches et non irriguées.** Durant la campagne, de nombreux instruments ont été déployés pour étudier la structure atmosphérique au-dessus des zones irriguées et non irriguées sur une période de **8 jours d'observation** ; notamment l'avion ATR-42 de SAFIRE, des radiosondages horaires, des mâts instrumentés et de nombreux autres dispositifs. Il en a résulté une quantité considérable de mesures décrivant les mécanismes atmosphériques complexes à l'œuvre dans cette région.

Une thèse en cours sur ce sujet a révélé que **l'impact de l'hétérogénéité liée à l'irrigation sur l'atmosphère dépend largement de l'importance relative des forçages présents les jours d'observation (contexte synoptique, circulations méso-échelle).** On s'intéresse ici aux interactions des processus d'échelles différentes. Les mécanismes en jeu impliquent la turbulence ainsi que des processus à méso-échelle, telles que les circulations induites par l'hétérogénéité de surface, le vent synoptique mais aussi celles liées à la topographie et à la pénétration d'une brise marine dans la zone en milieu de journée.

L'objectif du stage est **d'étudier la réponse de la couche limite atmosphérique (CLA) à l'aide d'un modèle unidimensionnel (1D) bi-colonne**, caractérisé par des flux de surface hétérogènes, **sous diverses conditions de forçage observées lors de la campagne LIAISE.**

- Dans un premier temps, l'étudiant-e utilisera le modèle **Meso-NH en configuration mono-colonne** pour tenter de reproduire l'évolution de la couche limite (hauteur, caractéristiques thermodynamiques) au-dessus de chaque zone (sèche et irriguée) pour les différentes conditions.
- Ensuite, un **modèle couplé à deux colonnes** (s'appuyant sur les travaux de thèse de Nathan Philippon) sera testé dans ces mêmes conditions. Cette étape permettra de distinguer le rôle de la circulation à méso-échelle de l'impact des différents flux de surface.

Au terme de ce travail, **l'étudiant-e aura appris à concevoir une étude visant à décomposer des systèmes complexes observés pour en comprendre les mécanismes fondamentaux sur le plan théorique.** Il/Elle aura acquis des **connaissances approfondies sur la réponse de la CLA aux hétérogénéités de surface**, ainsi que sur les apports et les limites des approches observationnelles et de modélisation.

Bibliographie:

Mangan, M. R., Hartogensis, O., Boone, A., Branch, O., Canut, G., Cuxart, J., de Boer, H. J., Le Page, M., Martínez-Villagrasa, D., Miró, J. R., Price, J., & Vilà-Guerau de Arellano, J. (2023). The surface-boundary layer connection across spatial scales of irrigation-driven thermal heterogeneity: An integrated data and modeling study of the LIAISE field campaign. *Agricultural and Forest Meteorology*, 335, 109452. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109452>

Lunel, T., Jimenez, M. A., Cuxart, J., Martinez-Villagrasa, D., Boone, A., & Le Moigne, P. (2024). The *marinada* fall wind in the eastern Ebro sub-basin: Physical mechanisms and role of the sea, orography and irrigation. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24(13), 7637–7666. <https://doi.org/10.5194/acp-24-7637-2024>

English Version

The **impact of surface heterogeneities on the atmospheric boundary layer (ABL)** is an ongoing topic of research, as their effects struggle to be represented both in mathematical terms and in atmospheric models. Specifically concerning **heterogeneities in surface fluxes, in semi-arid environments human activity such as irrigation disrupts** soil water availability and therefore **the surface energy balance**, introducing strong local heterogeneities compared to the surrounding environment. **When large enough, those heterogeneities have a significant impact on the atmospheric boundary layer and the mesoscale circulation.**

In this context, the **LIAISE measurement campaign** was carried out in July 2021 ([Boone et al.2025](#)). The measurement site is the semi-arid region of the Ebro basin in Catalunya, Spain. It is heavily agricultural and vastly dependent on irrigation. During the hot summer days, the intense irrigation of an agricultural area creates a strong and delimited heterogeneity compared to its dry rainfed surroundings. During the campaign, **many instruments were deployed to study the atmospheric structure above both the irrigated and dry area over 8 observation days**, including the SAFIRE ATR-42 aircraft, hourly radiosoundings, instrumented towers and many more. The result is a considerable amount of measurements which describe the complex atmospheric mechanisms in this region.

From an ongoing PhD research on the topic, it emerged that **the impact of the irrigation heterogeneity on the atmosphere depends largely on the relative importance of the forcing present on each observation day (synoptic and mesoscale conditions). The question therefore becomes a problem of multi-scale interaction.** The mechanisms at play include turbulence and mesoscale circulations at different scales, such as those induced by the surface heterogeneity, the synoptic wind but also topography and a marine sea-breeze intrusion that enters the area in the middle of the day.

The **objective** of the Msc thesis is to study the **ABL response within a 1D two-column model with heterogeneous surface fluxes under different combinations of forcing observed during LIAISE.**

- The student will first use the Meso-NH model in a **single-column model** configuration and try to reproduce the evolution of the boundary layer (height, thermodynamical characteristics) over each area (dry and irrigated) for the different conditions.
- Then a **coupled two-column model** (PhD of Nathan Philippot) will also be tested for the different conditions. This will allow to disentangle the role of the mesoscale circulation from the impact of the different surface fluxes.

At the end of the thesis, the student will have learned how to **set up a study that breaks down complex observed systems into fundamental theoretical understanding** of their mechanisms. They will have gained extensive knowledge on the ABL response to surface heterogeneities, as well as the limitations and insights of the observation and modeling approaches.