

Laboratoire: Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM UMR 3589, Météo-France/CNRS)

Titre du stage:

Évaluation et amélioration du modèle urbain TEB dans le système opérationnel AROME-France pour la prévision du temps en ville

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage:

Adrien NAPOLY, Ingénieur des travaux de la météorologie et Aude LEMONSU, Chercheuse CNRS

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage:

(+33) 5 61 07 93 84 ; adrien.napoly@meteo.fr

(+33) 5 61 07 97 52 ; aude.lemonsu@meteo.fr

Sujet du stage:

Contexte

Les modèles de prévision numérique du temps (PNT) jouent un rôle majeur pour la société civile et les activités socio-économiques. Ils permettent de prédire l'évolution des conditions météorologiques à différentes échelles temporelles et échelles spatiales, et contribuent à assurer la sécurité des personnes et des biens face à des événements météorologiques extrêmes. Ces modèles atteignent aujourd'hui des résolutions horizontales fines et intègrent des processus physiques de plus en plus raffinés. En particulier, une représentation réaliste des surfaces terrestres est indispensable à une bonne modélisation des échanges surface-atmosphère. Le milieu urbain constitue un type de surfaces terrestres très spécifique, par sa morphologie et les matériaux qui le composent, et nécessite des paramétrisations adaptées. L'activation d'un modèle urbain dédié dans un système de PNT apparaît comme un atout pour la prévision des conditions environnementales et potentiellement la prévention des risques en ville.

A Météo-France, les modèles de PNT ARPEGE (global) et AROME (à aire limitée) sont couplés à la plateforme de modélisation SURFEX (Masson et al. 2013) qui intègre différents schémas numériques représentant les surfaces océaniques et continentales. SURFEX permet la prise en compte des hétérogénéités de surface en distinguant couverts naturels, eaux intérieures, mers et océans, et surfaces urbanisées. Pour ces dernières, les échanges de surface sont calculés par le modèle TEB (town energy balance, Masson 2000) qui est activé dans la chaîne opérationnelle AROME-France dans sa version initiale depuis sa mise en place (Seity et al. 2011). Il est néanmoins difficile d'évaluer la qualité de TEB dans le cadre de la PNT et son apport potentiel à une meilleure prévision des conditions microclimatiques en ville. D'une part, les données de validation en milieu urbain sont rares et d'autre part, les comparaisons sont complexes à cause des différences de représentativité des mesures locales et des sorties de modèles.

Objectif scientifique

L'objectif scientifique du stage est double :

- 1) Qualifier et analyser de façon objective les performances de la version actuelle du modèle TEB au sein du système AROME-PNT, en se comparant à des observations représentatives de l'environnement urbain.
- 2) Explorer les améliorations potentielles qui pourraient être amenées par la mise en œuvre d'une version plus sophistiquée de TEB et le passage à des bases de données urbaines plus raffinées.

L'étude est centrée sur la région toulousaine pour laquelle on dispose de données expérimentales : un réseau d'observations météorologiques de surface déployé sur l'aire urbaine par le CNRM et Toulouse Métropole (Dumas et al. 2021), et des stations de flux de rayonnement et d'énergie en surface installées dans différents environnements naturels et urbanisés (dont le centre-ville de Toulouse) lors du projet ANR MOSAI. La période couvre une année complète de juin 2020 à juin 2021.

Travail de stage

Le travail envisagé s'appuie sur les premiers résultats issus d'un stage 2A et d'un projet tuteuré d'élèves ingénieurs de l'ENM. Pour la modélisation, deux configurations du modèle AROME-PNT couplé à SURFEX (TEB) à 1.3 km de résolution horizontale sont établies pour l'étude : (1) les simulations opérationnelles, déjà disponibles sur le domaine France pour la période d'intérêt ; et (2) un domaine restreint au sud-est de la France, avec la même résolution, qui présente l'intérêt de pouvoir re-tourner à moindre coût. Pour les observations, les données du réseau Toulouse Métropole et des stations de flux, auront été post-traitées dans les stages précédents pour la période d'étude.

La première étape du stage portera sur l'évaluation des simulations AROME par comparaison aux observations. Il s'agira d'analyser la capacité du modèle à simuler les températures de l'air près de la surface pour différents environnements naturels et différentes typologies urbaines, ainsi que le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Les bilans radiatif et d'énergie simulés et mesurés par les différentes stations de flux seront aussi étudiés et comparés afin de quantifier leur variabilité selon les caractéristiques des surfaces et d'évaluer les performances du modèle. Ces analyses seront menées pour différentes échelles temporelles, e.g. annuelles, saisonnières, par types de temps.

La seconde étape du stage consistera à tester de nouvelles configurations de modélisation pour le système SURFEX (TEB) qui pourraient permettre d'améliorer les performances de prévision d'AROME en milieu urbain. Cette étape prendra la forme d'études de sensibilité qui nécessiteront la mise en œuvre de nouvelles simulations numériques :

- Sensibilité aux différentes options du modèle TEB qui a beaucoup évolué depuis la version actuellement utilisée opérationnellement dans AROME. En particulier, l'apport potentiel de l'inclusion de la végétation urbaine dans le modèle TEB (Lemonsu et al. 2012) sera étudié.
- Sensibilité aux bases de données d'occupation et d'usage des sols, qui permettent de dériver les paramètres d'entrée des schémas de surface (dont les paramètres urbains pour TEB). Le système actuel utilise la base ECOCLIMAP-I (Masson et al. 2003), à résolution kilométrique, qui s'appuie sur des concepts et observations datant des années 1990. Des tests seront réalisés avec la version ECOCLIMAP-SG (Second Generation), récemment développée au CNRM, qui prend en compte des données satellitaires plus récentes avec une résolution plus fine de 300 m.

Ces tests seront réalisés si possible de façon indépendante, puis croisée, afin de conclure sur la meilleure configuration.

Bibliographie

- Dumas G, Hidalgo J, Masson M, Louit G, Edouart V, Hanna A, Pujol G, Barrié J (2021) : A real-time atmospheric measurement network : The first phase of urban climate services in Toulouse, Climate Services, submitted.
- Lemonsu A, Masson V, Shashua-Bar L, Erell E, Pearlmutter D (2012) Inclusion of vegetation in the Town Energy Balance model for modeling urban green areas, Geoscientific Model Development, 5, 1377-1393.
- Masson V, Le Moigne P, Martin E, Faroux S, and co-authors (2013) The SURFEXv7.2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of Earth surface variables and fluxes, Geoscientific Model Development, 6, 929-960.
- Masson, V, Champeaux J-L, Chauvin F, Meriguet C, Lacaze R (2003) A global data base of land surface parameters at 1 km resolution in meteorological and climate models. J. of Climate, 16, 1261-1282.
- Masson V (2000) A Physically-based scheme for the Urban Energy Budget in atmospheric models. Boundary-Layer Meteorol., 94, 357-397.
- Seity, Y., Brousseau, P., Malardel, S., Hello, G., Bénard, P., Bouttier, F., Lac, C., & Masson, V. (2011). The AROME-France Convective-Scale Operational Model, Monthly Weather Review, 139(3), 976-991.