COUPLAGE SURFACE-ATMOSPHÈRE : CAS D'ETUDE 1D POUR SON ÉVALUATION DANS CNRM-CM6-1

Emilie Bernard[1], Romain Roehrig[1], Bertrand Decharme[1], Fleur Couvreux[1], Fabienne Lohou[2], Marie Lothon[2]

[1] Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse
[2] Laboratoire d'aérologie, Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse

Introduction

Les interactions entre la surface et l'atmosphère sont nombreuses et déterminantes pour le climat terrestre (Figure 1).

➡ Importance de la représentation du **couplage surface-atmosphère** pour la prévision numérique du temps et les études climatiques

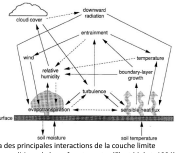

Figure 1 : Schéma des principales interactions de la couche limite atmosphérique avec les conditions de la surface terrestre (Ek et Mahrt, 1994)

Quelle représentation du couplage surface-atmosphère dans les modèles climatiques ?

Il existe peu de cas 1D couplés surface-atmosphère homogènes pour l'évaluation du couplage terre-atmosphère. Cette étude vise à pallier ce manque.

I - Exploitation de la campagne BLLAST

Campagne de mesure BLLAST
14 Juin au 8 Juillet 2011

Quatre types de couverts : prairie, champ de blé, champ de maïs, forêt de pins.
Observations :

- Vent méridien, zonal, vertical
- Composantes du bilan radiatif
- Flux de de chaleur sensible, latent et dans le sol
- Température et humidité de l'air et du sol

Correction des flux de surface observés

Bilan d'énergie

Modèle : Rn - (H + LE + G) = 0
Observations : Rn - (H + LE + G) < 0

Le résidu du bilan d'énergie observé est de l'ordre de 30% de l'énergie disponible (Rn - G) pour l'ensemble des couverts (Figure 2). Nous appliquons la **méthode de conservation du rapport de Bowen** pour obtenir la fermeture du bilan d'énergie observé. Cette méthode corrige le flux de chaleur latent et sensible.

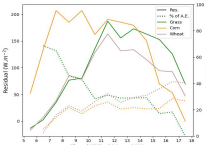

Figure 2 : Résidu du bilan d'énergie observé

Méthode de conservation du rapport de Bowen (Pastorello et al., 2020)

Rapport de Bowen : $\beta = \frac{H}{LE}$

$$LE\,corr = LE + residual * \frac{LE}{H + LE}$$

$$H\,corr = H + residual * \frac{H}{H + LE}$$

II - Configuration de simulation

ARPEGE-SURFEX 1D
(Configuration Arpege-Climat CMIP6)

Méso-NH-SURFEX 3D
Simulation d'évaluation des composantes atmosphériques du couplage surface-atmosphère d'ARPEGE

Setup :
- Surface : ECOCLIMAP-II
- Profil initial idéalisé issu du radiosondage BLLAST de 5 UTC
- Ajustement de l'initialisation du sol à partir d'observations

III - Couplage surface-atmosphère

Focus sur le couvert prairie - Le 20 juin 2011
Golden day de la campagne : Journée de ciel clair avec peu de vent

1 Bilan radiatif modélisé proche des observations (Figure 3)
Rayonnement courte longueur d'onde descendant (SWd) modèle > observé en début de journée
SWd Méso-NH > SWd ARPEGE
➡ Absorption atmosphérique légèrement différente, à considérer pour la comparaison ARPEGE/Méso-NH

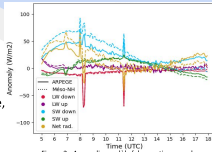

Figure 3 : Anomalie modèle/observation pour les différentes composantes du bilan radiatif

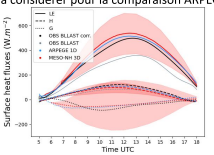

Figure 4 : Flux de chaleur latente, sensible et dans le sol simulés avec ARPEGE 1D, MESO-NH 3D et comparé aux observations. L'enveloppe rouge représente 95% des valeurs de la simulation MESO-NH.

2 Flux de chaleur corrigés très proches des flux simulés (Figure 4).
Bonne performance ARPEGE et moyenne spatiale Méso-NH.
Surestimation du flux de chaleur latent le matin et une sous-estimation du flux de chaleur sensible l'après-midi.
➡ En lien avec différences de SWd

3 Hauteur de couche de limite atmosphérique bien reproduite par ARPEGE (Figure 5).
Température dans la couche de mélange très proches de la moyenne spatiale Méso-NH.
Ecart croissant en s'éloignant de l'état initial.

➡ Manque de mélange lié à un schéma convectif pas suffisamment actif.
Impact des différences de rayonnement et de flux majeurs sur la fin de journée (cumul)

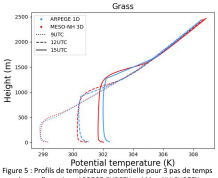

Figure 5 : Profils de température potentielle pour 3 pas de temps avec les configurations ARPEGE-SURFEX et Méso-NH-SURFEX

VI - Impact des propriétés de surface sur l'atmosphère

- Impact important du changement de type de végétation et donc de stress hydrique de la plante sur l'état de la **couche de mélange** au dessus des couverts : assèchement et réchauffement.
- Modification de l'indice foliaire assèche et augmente également la température, majoritairement en fin de journée.
- Effet moindre du changement de propriétés radiatives, de longueur de rugosité et d'initialisation de température et d'humidité de sol.

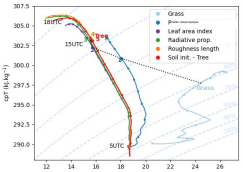

Figure 6 : Diagramme de mélange des cycles diurnes des valeurs à 2 m de Lv*q et cp*T q. Chaque couleur représente les étapes en partant des conditions au dessus de la prairie vers la forêt, pas à pas : la paramétrisation de stress hydrique de la plante, l'albédo, l'initialisation du sol (température et profondeurs) et la longueur de la rugosité.

Conclusion

- Les observations de la campagne BLLAST permettent d'évaluer le couplage surface-atmosphère de plusieurs couverts homogènes
- Validation de la méthodologie de création de cas homogènes
- Le modèle ARPEGE en configuration CMIP6 reproduit de façon satisfaisante le couplage surface-atmosphère en conditions homogènes

Perspectives

- Appliquer la méthodologie de création des cas homogènes sur les observations de la campagne MOSAI
- Création de cas hétérogènes à partir des 4 cas homogènes développés
- Implémenter et évaluer une revisite du couplage surface-atmosphère sous-maille

Références

Bernard, E., Roehrig, R., Decharme, B., Couvreux, F., … (2024). Setup of four homogeneous study cases from the BLLAST campaign for ARPEGE-SURFEX land-atmosphere coupling evaluation.[Article in preparation]
Ek, M., & Mahrt, L. (1994). Daytime evolution of relative humidity at the boundary layer top. *Monthly Weather Review*, *122*(12), 2709-2721.
Pastorello, G., Trotta, C., Canfora, E., Chu, H., Christianson, D., Cheah, Y. W., … & Law, B. (2020). The FLUXNET2015 dataset and the ONEFlux processing pipeline for eddy covariance data. *Scientific data*, *7*(1), 225.