Campagne internationale sur les interactions de la surface terrestre avec l'atmosphère

Aaron Boone, Guylaine Canut-Rocafort, Marie Lothon, Joaquim Bellvert, Martin Best, Jennifer Brooke, Joan Cuxart, Oscar Hartogensis, Patrick Le Moigne, Josep Ramon Miró, et al.

▶ **To cite this version:**

Aaron Boone, Guylaine Canut-Rocafort, Marie Lothon, Joaquim Bellvert, Martin Best, et al.. Campagne internationale sur les interactions de la surface terrestre avec l'atmosphère. La Météorologie, 2022, 6 p. 10.37053/lameteorologie-2022-0005 . hal-03841950

HAL Id: hal-03841950
https://hal.science/hal-03841950

Submitted on 7 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cette version a été acceptée pour publication dans *La Météorologie (Météo et Climat)*, nº 116, février 2022, p 5-7. DOI:10.37053/lameteorologie-2022-0005. La publication originale est disponible sur le site: https://lameteorologie.fr/

Campagne internationale sur les interactions de la surface terrestre avec l'atmosphère

Aaron Boone[1], Guylaine Canut-Rocafort[1], Marie Lothon[10], Joaquim Bellvert[2], Martin Best[3], Jennifer Brooke[3], Joan Cuxart[4], Oscar Hartogensis[5], Patrick Le Moigne[1], Josep Ramon Miró[6], Jan Polcher[7], Jeremy Price[3], Pere Quintana Seguí[8], Martin Wooster[9]

1 CNRM-Université de Toulouse, Météo-France/CNRS, Toulouse, France
2 Efficient Use of Water in Agriculture Program, IRTA, Lleida, Spain
3 UKMO, Exeter, UK
4 University of the Balearic Islands, Palma, Majorca, Spain
5 Wageningen University and Research, Wageningen, the Netherlands
6 Servei Meteorològic de Catalunya, Barcelona, Spain
7 Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), CNRS/IPSL, École Polytechnique, Palaiseau, France
8 Observatori de l'Ebre (Universitat Ramon Llull-CSIC), Barcelona, Spain
9 King's College, London, UK
10 Laboratoire d 'Aérologie (LAero)/CNRS, Lannemezan, France

Introduction

L'objectif global du projet *Land surface Interactions with the Atmosphere over the Iberian Semi-arid Environment* (LIAISE, Boone et al., 2019) est d'améliorer la compréhension des interactions surface-atmosphère-hydrologie dans une région semi-aride caractérisée par une forte hétérogénéité de surface due aux contrastes entre le paysage naturel et l'agriculture intensive. Il est connu que l'irrigation peut avoir un impact sur les caractéristiques de la couche limite atmosphérique (CLA) locale, modifiant ainsi les conditions atmosphériques proches de la surface en aval des zones irriguées (Lawston et al., 2020) et potentiellement le recyclage des précipitations. La compréhension de l'impact de l'anthropisation et sa représentation dans les modèles ont été inhibées en raison d'un manque d'observations cohérentes et étendues. Ces dernières années, les capacités d'observation de la surface terrestre et de l'atmosphère ont progressé, alors que les surfaces irriguées ont augmenté, ce qui a conduit à un besoin renouvelé de campagnes de terrain. Dans cet article, nous présentons un résumé de la phase intensive de la campagne de terrain LIAISE, qui s'est déroulée au-dessus des comtés catalans d'Urgell et du Pla d'Urgell au sein du bassin de l'Ebre dans le nord-est de l'Espagne (figure 1) en été 2021. La zone expérimentale est située dans un climat méditerranéen semi-aride, avec une délimitation très nette entre une vaste région intensivement irriguée et la zone pluviale généralement beaucoup plus sèche à l'est du domaine d'étude (figure 1). Des discussions sont en cours pour étendre davantage cette zone irriguée en raison de son importance économique, il est donc urgent d'améliorer la prévision du cycle de l'eau sur cette région qui tienne compte des conditions climatiques à venir et des ressources à considérer sobrement.

Stratégie de la période d'observation

La stratégie d'observation comprenait trois périodes :

La longue période d'observation (POL) a permis de surveiller des variables d'état de la surface terrestre à évolution lente (telles que l'humidité et la température du sol, et la densité de la végétation) et de réaliser des mesures de flux de surface relativement autonomes couvrant la saison de croissance des cultivars d'été.

La période d'observation spéciale (POS) s'est déroulée du 15 au 29 juillet 2021, lorsque les contrastes entre les surfaces irriguées et naturelles sont généralement à leur maximum. Des mesures intensives de la couche limite atmosphérique ont été effectuées en surface et par voie aérienne, ainsi que des observations méso-échelle à haute résolution spatiale des variables de surface, obtenues par télédétection à partir d'avions et de véhicules aériens sans pilote (UAV /drones).

Une période d'observation intensive (POI) a été définie comme les jours de la POS pour lesquels les conditions météorologiques étaient suffisamment bonnes pour justifier l'ensemble des mesures intensives : *a priori* comme étant un jour relativement clair caractérisé par une couche limite atmosphérique bien mélangée avec un faible forçage à l'échelle synoptique et une influence minime de la brise de mer pendant l'après-midi, de sorte que les circulations locales à régionales induites par les hétérogénéités de surface soient présentes.

Soutien aux prévisions

Un briefing quotidien a eu lieu chaque matin. I l consistait en une revue des activités scientifiques de la veille, un aperçu sur les prévisions et une discussion finale pour proposer une POI deux jours à l'avance, le confirmer un jour à l'avance et éventuellement l'annuler le matin même. Les exposés des prévisions étaient assurés par une équipe de prévisionnistes du Service météorologique de Catalogne et trois étudiants de l'École nationale de météorologie de Météo-France. Ces prévisions ont été utilisées pour coordonner les horaires et les trajectoires de vol des avions, les différentes opérations de surveillance atmosphérique depuis la surface, ainsi que pour la coordination avec les différentes équipes effectuant des mesures en surface pour l'étalonnage et l'évaluation des données des capteurs aéroportés.

Avions et drones

Huit vols ont été effectués les jours de POI par l'ATR 42 du Service des aéronefs français instrumentés pour la recherche en environnement (Safire) en deux étapes. Au cours de la première étape, l'objectif était d'explorer les propriétés de la couche limite atmosphérique et de mesurer la turbulence (à cinq niveaux verticaux allant de 300 m à plusieurs kilomètres d'altitude) sur des transects d'environ 15 km dans les zones irriguées et pluviales. Les mesures sont utilisées pour calculer le transport vertical d'énergie, les processus d'entraînement et la structure de la couche limite atmosphérique. Au cours de la seconde étape, sur des transects de 16 km traversant les deux zones à une hauteur constante, des mesures aéroportées à haute résolution spatiale ont été effectuées sur les variables d'état de l'atmosphère (figure 2), l'humidité du sol, la teneur en eau de la végétation, la photosynthèse et la biomasse à partir de l'instrument GNSS-R (réflectométrie du système mondial de navigation par

satellite, GLORI) et la fluorescence induite par le soleil (SIF) à partir du spectromètre imageur HyPlant.

La NASA a fait voler le capteur Slap (*Scanning L-band Active Passive*) sur un B200 King Air pour fournir l'humidité du sol sur les zones irriguées et non-irriguées. La plupart de ces vols se sont déroulés à basse altitude (300 m), ce qui a permis de réaliser de petites empreintes de 100 m × 200 m. Les produits de données comprendront la température de brillance passive, le coefficient de rétrodiffusion active et l'humidité du sol (à partir de la passive). Neuf vols scientifiques ont été effectués. Un troisième avion, le FLIS (*Flying Laboratory of Imaging Systems*) exploité par Czechglobe, a effectué cinq vols avec succès: des capteurs d'imagerie hyper-spectrale dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge à ondes longues ont été utilisés pour l'acquisition de données sur les zones cibles sous différents angles de vue.

Les activités des drones pendant les jours de POI avaient quatre priorités : i) analyse de l'activité de la végétation par l'imagerie SIF, ii) identification des situations de stress de la végétation par les imageries multispectrale et thermique, iii) profilage vertical météorologique du vent, de la température et de l'humidité, et iv) vols de soutien fournissant des cartes de haute précision et des modèles numériques d'élévation. Les drones se sont avérés être un outil précieux et complémentaire entre mesures au sol et mesures par avion piloté.

Réseau de surface

La zone d'étude couvre approximativement un carré de 30 km × 30 km (figure 1), qui est divisé par une frontière (du sud-ouest au nord-est) entre la zone irriguée et la zone pluviale (partie sud-est). Sept sites d'observation ont été installés pendant la POS, dont quatre dans la zone humide (largement irriguée) et les trois autres dans la zone sèche (principalement pluviale). Trois des sites de la zone humide étaient constitués de cultures irriguées ou d'herbe : l'irrigation par inondation était utilisée pour la luzerne à La Cendrosa et pour le maïs à Boldú. Le site restant, Mollerussa, était particulièrement axé sur les estimations de l'évapotranspiration : il comprenait donc trois différents types de végétation consistant en du maïs irrigué par inondation, des pommes irriguées par goutte à goutte et de l'herbe coupée ras irriguée par aspersion. Dans le verger de pommiers, les estimations de l'évapotranspiration par deux lysimètres ont été fournies par l'IRTA. Il s'agit d'une mesure très intéressante à confronter aux estimations de l'évapotranspiration par Eddy-covariance. Le site de zone humide restant est situé au lac Ivars et les mesures ont été prises le long des berges et à la surface du lac. Les sites de la zone sèche consistaient en un mélange d'herbe sèche, de chaume de blé d'hiver et de sol nu à Els Plans, une amanderaie à Preixana et un vignoble irrigué par goutte à goutte à Verdú. Toutes les stations comprenaient des profils de température et d'humidité du sol. Chacun des sites d'observation contenait une station de surveillance du bilan énergétique de surface pour calculer les flux turbulents en plus d'inclure les principales composantes du bilan radiatif de surface. D es estimations de la turbulence à l'échelle de la parcelle ont été réalisées à l'aide de scintillomètres (optiques et à micro-ondes) sur trois des sites (Mollerussa, La Cendrosa et Ivars). Enfin, deux des sites très contrastés (La Cendrosa et Els Plans) ont été complétés par des mesures de la couche limite atmosphérique à l'aide de mâts de 50 mètres presque identiques, de fréquents lancements de radiosondes (116 ont été réalisés à Els Plans et 152 à La Cendrosa), de profileurs de vent UHF (mesures du vent et de la turbulence de 200 à 3 000 m) et de lidars. Un ballon captif a fourni des estimations de la turbulence à des niveaux allant de 50 à 600 m.

Des mesures écophysiologiques ont été effectuées au niveau des feuilles et de la canopée sur tous les sites de terrain du domaine LIAISE. Ces données comprenaient des mesures in situ de la fluorescence de la végétation (fluorescences passive et active, échanges gazeux), de l'assimilation du CO_2, de la conductance stomatique, du rendement photochimique, de la fluorescence (fraction du rayonnement photosynthétiquement actif absorbé), de la teneur en chlorophylle, de la hauteur de la végétation, de la réflectance des feuilles, de l'indice de surface foliaire et des isotopes de l'eau et du carbone.

Perspectives

Les données sont en cours de traitement et seront continuellement intégrées dans la base de données LIAISE (LIAISE-DB), maintenue par le pôle de données national *Data and Services for the Atmosphère* (AERIS). Aujourd'hui, certaines images « quicklook » de la campagne de terrain peuvent être visualisées sur https://LIAISE.AERIS-data.fr/products/, mais les données traitées (contrôlées et qualifiées) seront progressivement mises à disposition en 2022. D es simulations issues d'études de modélisation seront également ajoutées à la base de données dans les années à venir. La politique de distribution des données s'inspire de l'expérience Hymex (*Hydrological cycle in the Mediterranean Experiment*), puisque LIAISE en est l'un des principaux projets. Le projet LIAISE contribuera directement à l'initiative *Global Energy and Water Exchanges* (Gewex)-ET en cours (Cuxart et al., 2019) et à d'autres projets de modélisation de la communauté LIAISE. Les données ont également le potentiel d'aider à améliorer l'extraction de variables liées à l'hydrologie : au moins deux projets financés par l'Agence spatiale européenne prévoient d'utiliser l'ensemble des données pour améliorer nos connaissances sur l'impact en aval de l'irrigation par les agences de gestion de l'eau. De plus amples informations sur le projet, les présentations et les informations sur la campagne de terrain sont disponibles sur https://www.hymex.fr/LIAISE/index.html.

Remerciements

La composante française du projet LIAISE est financée par l'Agence nationale de la recherche, qui a soutenu une grande partie de la campagne de terrain. Le programme Mistrals et le projet Hymex ont également apporté un soutien financier supplémentaire pour la campagne de terrain et les préparatifs. Le Centre national d'études spatiales (CNES) a fourni un financement pour inclure l'instrumentation SI F à bord de l'ATR 42. Plusieurs laboratoires français ont fourni du personnel pour soutenir le projet et la campagne de terrain: CNRM , Centre d'études de la biosphère (Cesbio), LAero, LMD et Safire.

References

Boone, A., M. Best, J. Cuxart, J. Polcher, P. Quintana, J. Bellvert, J. Brooke, G. Canut-Rocafort, and J. Price, 2019. Land surface Interactions with the Atmosphere over the Iberian Semi-arid Environment (LIAISE). *Gewex News*, **29** (1), 8-10.

Cuxart, J., A. Verhoef, T.R. Marthews, and J. Evans, 2019. Current Challenges in Evapotranspiration Determination. *Gewex News*, **29** (1), 5-8.

Lawston, P.M., J.A. Santanello Jr., B. Hanson, and K. Arsensault, 2020. Impacts of Irrigation on Summertime Temperatures in the Pacific Northwest. *Earth Interact.*, **24**, 1-16. https://doi.org/10.1175/EI-D-19-0015.1.

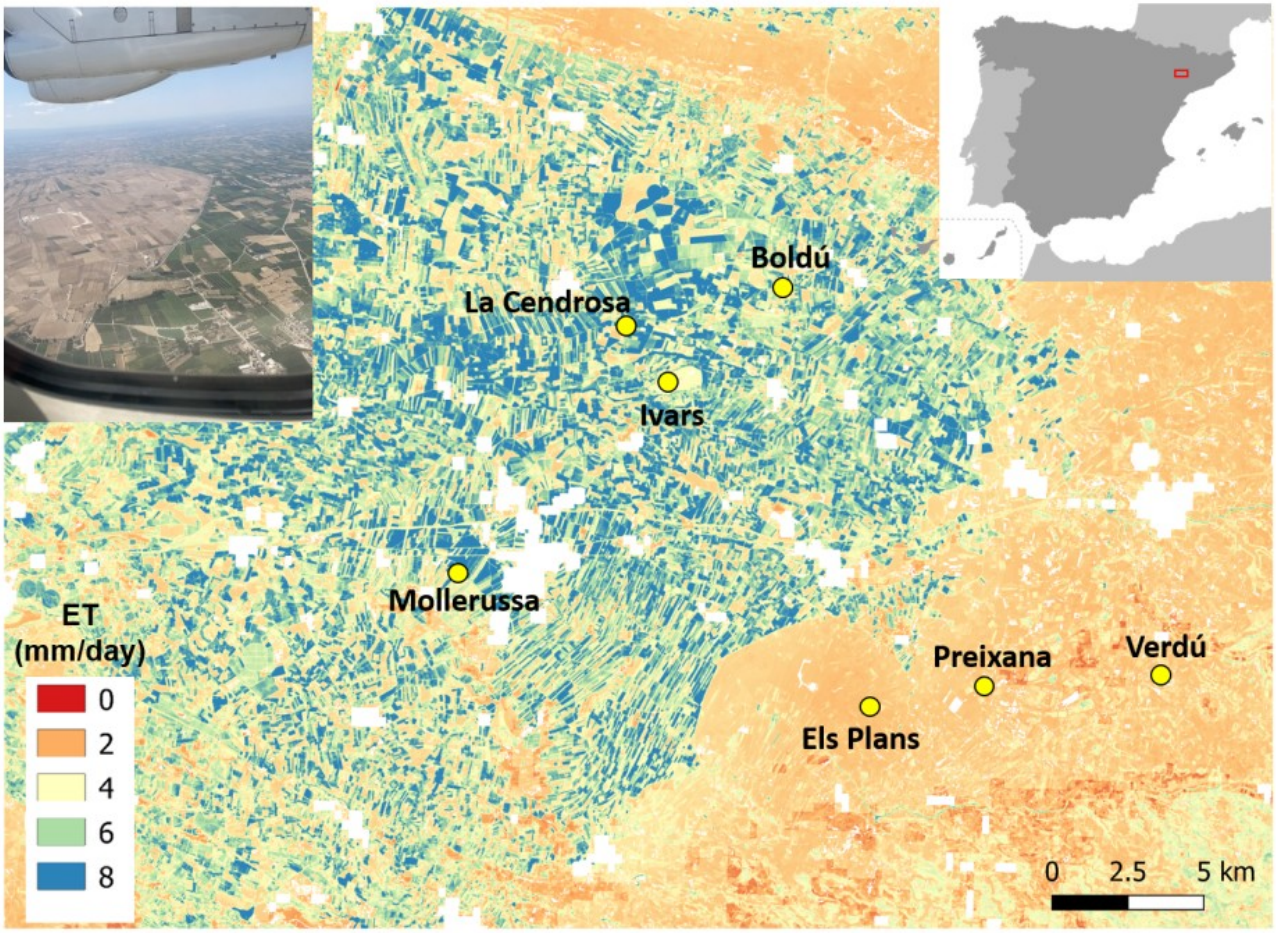

Figure 1 La zone d'étude LIAISE en Catalogne, avec les emplacements des sites de surface tracés sur une carte de l'évaporation du 17 juillet 2021, obtenue par un modèle de bilan énergétique à deux sources (TSEB) qui utilise les images de Sentinel-2 et Sentinel-3. Préparé par J. Bellvert (IRTA).

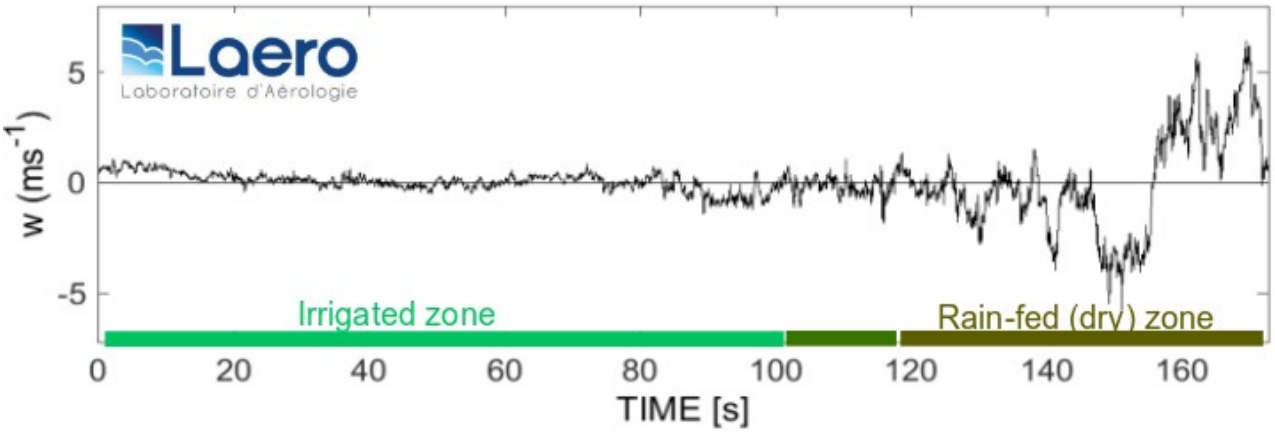

Figure 2 Le 21 juillet 2021, à partir de 13 h 47 TU, à une hauteur de 1 240 m de nord-ouest à sud-est : mesure de la vitesse verticale de l'air à haute résolution spatiale (4 m) réalisée par l'ATR 42, pendant un transect qui passait de la zone irriguée à gauche à la zone non irriguée à droite. L'air au-dessus de la zone aride était beaucoup plus turbulent et la couche limite plus épaisse.