

# AOI ECCOREV 2011

## **Projet EAU-TRACE : Traçage isotopique de l'origine de la vapeur d'eau : quantification de l'influence des zones humides et des surfaces irriguées sur le cycle atmosphérique de l'eau**

**Responsable du Projet:** Christine Vallet-Coulomb, Maître de conférences

**Unité de rattachement:**

CEREGE, UMR6635, Europôle de l'Arbois, 13545 Aix en Provence cedex 4

Téléphone : 04 42 97 15 93

Email : vallet@cerege.fr

### Contexte de la recherche

Il est reconnu que dans de nombreuses régions du globe, le réchauffement climatique s'accompagne d'une intensification du cycle hydrologique. Cela se traduit à la fois par une augmentation de l'intensité des précipitations et par une augmentation de l'évapotranspiration sur les continents (Brutsaert 2006). Ces changements se manifestent toutefois avec de grandes disparités spatiales, en particulier dans les régions méditerranéennes, pour lesquelles la disponibilité de l'eau de surface pour l'évapotranspiration présente une répartition spatiale contrastée. Le secteur Crau-Camargue est exemplaire à cet égard, du fait de l'imbrication entre des surfaces très arides (le Coussoul en Crau, prairie naturelle type steppique, la Sansouïre en Camargue, zone naturelle halomorphe), des zones humides et surfaces irriguées. Cette région présente une grande diversité de milieux, souvent uniques, et qui pourraient être particulièrement affectés par les diverses pressions futures dues aux évolutions du climat, à l'utilisation des ressources en eau et à des modifications de l'utilisation agricole des terres. En particulier, les cultures irriguées (foin de Crau, rizières de Camargue) y prennent une place importante, et la perspective de future restriction de l'utilisation de la ressource en eau peut considérablement modifier l'équilibre actuel.

Ce projet s'intéresse aux interactions entre hydrosystèmes de surface et compartiment atmosphérique en s'appuyant sur le traçage géochimique ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) des flux d'eau à l'interface sol/atmosphère et la modélisation de ces processus. La mesure de la composition isotopique de la vapeur d'eau atmosphérique peut maintenant être réalisée *in situ* par spectrométrie laser, technologie récemment mise sur le marché et dont l'utilisation en géochimie se répand rapidement dans les laboratoires de recherche internationaux (Gupta *et al.*, 2009 ; Lee *et al.*, 2005 ; 2006 ; Welp *et al.*, 2008 ; Wen *et al.*, 2008). De manière plus générale, l'intérêt grandissant que représente le traçage isotopique de la vapeur atmosphérique comme outil de quantification du cycle hydrologique à l'échelle régionale se traduit également par l'intégration de ce paramètre dans de nombreux modèles climatiques, hydrologiques, et de fonctionnement de la surface (Sturm *et al.*, 2005; Fekete *et al.*, 2006; Henderson-Sellers 2006, Braud *et al.*, 2009). Nous souhaitons grâce à ce projet développer une méthodologie d'acquisition et d'interprétation de données de terrain, permettant ensuite d'alimenter nos connaissances sur la partie atmosphérique du cycle de l'eau à l'échelle d'un écosystème régional. Il s'agit d'un projet comportant une importante partie exploratoire dans lequel des mesures réalisées avec un spectromètre laser seront confrontées à la fois avec des mesures de flux effectuées par d'autres systèmes déjà validés (eddy correlations et bacs d'évaporation) et avec des sorties de modèle 3D simulant les transferts entre la surface et l'atmosphère à différentes résolutions spatiales et temporelles.

Dans la région Crau-Camargue, nos travaux précédents ont montré que les hydrosystèmes de surface qui alimentent localement les flux de vapeur ont des compositions isotopiques très différentes: les eaux d'irrigation, d'origine alpine, étant les plus appauvries ( $\delta^{18}\text{O} \cong -10\%$ ), les précipitation locales ( $\delta^{18}\text{O} \cong -7\%$ ), les systèmes lagunaires ( $\delta^{18}\text{O} \cong -5$  à  $+5\%$ ) et la mer ( $\delta^{18}\text{O} \cong +1\%$ ) étant isotopiquement plus lourds (Vallet-Coulomb *et al.*, 2009, 2010b). On s'attend donc à de forts contrastes isotopiques

entre les flux d'origines différentes, d'autant plus qu'ils combinent un processus de transpiration, non fractionnant, et d'évaporation, dont le fractionnement hors équilibre dépend des conditions climatiques locales. La diversité des sources d'eau de surface, associée à un contexte climatique fortement évaporant, font de la Camargue un site particulièrement propice à la réalisation de ce projet.

### Objectif de la demande

Ce projet permettra de mettre au point une méthodologie pour la mesure *in situ* de la composition isotopique de la vapeur atmosphérique à partir de spectrométrie laser. Il posera les bases de l'interprétation de ce type de données pour la quantification des flux hydriques à l'échelle d'un écosystème. Pour cela nous proposons d'associer le traçage isotopique avec de la modélisation 3D de la basse couche atmosphérique. Le spectromètre laser qui sera utilisé (Picarro CRDS) a été récemment acquis par le CEREGE (été 2010) et est actuellement en cours d'installation et de test au laboratoire. Le modèle 3D utilisé est le modèle Meso-NH (<http://mesonh.aero.obs-mip.fr/mesonh/>), qui a déjà été validé pour de nombreuses applications et dont l'utilisation dans le cadre de ce projet sera décrite plus loin. Au vu du caractère très nouveau de la démarche proposée et de l'instrumentation utilisée, ce projet comportera un volet méthodologique important. Outre la mise au point de protocoles de mesure, nous chercherons à identifier les échelles spatiales pertinentes pour l'interprétation des mesures conduites en contexte de surfaces hétérogènes. De même, nous nous intéresserons à la question des variabilités temporelles, et des pas de temps pertinents pour représenter les processus.

Par ailleurs, des travaux préliminaires nous ont permis de mettre au point une méthode d'estimation indirecte de la composition isotopique de la vapeur atmosphérique à partir de mesures isotopiques réalisées sur bac d'évaporation par l'application du modèle de Craig et Gordon (1965) combiné à un bilan de masse (Vallet-Coulomb *et al.*, 2010a). La comparaison avec les séries temporelles de  $\delta_A$  obtenues par spectrométrie laser sera aussi utilisée pour discuter les résultats des mesures sur bac, méthode moins sophistiquée mais robuste et susceptible d'être déployée à moindre frais et donc applicable à des régions reculées.

Parallèlement aux mesures isotopiques, l'utilisation du modèle 3D Meso-NH, décrivant explicitement tous les échanges par une approche physique, permet de représenter non seulement la variabilité spatiale et temporelle de l'évapotranspiration (et des paramètres climatiques) à l'échelle régionale, mais également d'évaluer l'advection suivant les principales directions du domaine étudié (Courault *et al.*, 2003, 2007). Une étude de sensibilité faite avec le modèle MesoNH utilisé avec une maille fine de 50m a ainsi montré l'impact significatif des hétérogénéités de surface sur les phénomènes de turbulence se produisant dans la couche limite de surface. Des phénomènes de brise de terre apparaissent, provoqués par de forts contrastes hydriques en surface (Courault *et al.*, 2007). La confrontation de simulations à des mesures isotopiques permettant d'estimer l'advection n'a encore jamais été réalisée jusqu'à présent. Le projet présenté ici est donc novateur puisqu'il devrait permettre de comparer ces deux approches sur une région à fort contraste hydrique.

Au delà des aspects méthodologiques, les questions de recherche auxquelles ce projet cherchera à répondre sont les suivantes:

- Proportion de vapeur d'origine locale dans l'humidité atmosphérique ambiante ?
- Contribution des surfaces irriguées (rizières en Camargue, prairies en Crau) à cette vapeur locale ?
- Est-il possible de discriminer et de quantifier les proportions évaporation/transpiration ?
- Si la vapeur locale contribue à l'humidité ambiante, cela va-t-il jusqu'à générer des précipitations ?

### Suite prévue pour le projet

Ces travaux permettront de démontrer la faisabilité d'une méthode très innovante. Grâce aux résultats que nous obtiendrons, nous pourrons promouvoir une méthodologie de traçage isotopique de la vapeur atmosphérique, que nous prévoyons de déployer ensuite régionalement, en montant un projet de plus

grande envergure qui s'appuiera sur les collaborations établies. Dès à présent, un consortium multi-laboratoires est en train de se mettre en place pour bâtir un projet pluri-disciplinaire sur le site de la Crau, incluant un volet bilans hydriques atmosphériques qui sera notamment soumis à l'appel d'offre Mistral-SICMED.

Par ailleurs, dans le cadre d'un projet d'observatoire (SOERE) de la composition isotopique des précipitations en France (Projet ISOP déposé en février 2011, Porteur : Florent Barbecot, Université Paris 11), nous avons inclus le suivi de la composition isotopique de la vapeur atmosphérique en Camargue, associée à celle des précipitations.

L'expertise que nous acquerrons grâce à ce projet permettra également des applications sur les sites tropicaux semi-arides sur lesquels nos travaux nous ont permis d'avoir des connaissances et des collaborations, en particulier en Argentine et en Ethiopie (Legesse et al., 2003, 2004, 2010 ; Troin et al., 2010, Vallet-Coulomb et al., 2001, 2006a, 2006b, 2008), ainsi que la région du lac Tchad (ANR demandée, programme Blanc).

### Réalisations prévues et mode d'interaction entre les équipes

Nous sommes actuellement dans une première phase de mise au point, au CEREGE, qui nous permet de travailler sur les aspects techniques des mesures *in situ* (dépendance des mesures aux fluctuations de température, à la concentration de vapeur atmosphérique, établissement des protocoles de calibration et détermination de la fréquence d'analyse des standards, etc...). Nous prévoyons ensuite d'installer l'instrument dans le courant du printemps 2011 en Camargue, dans un bâtiment mis à notre disposition par la Réserve Nationale de Camargue, et que nous climatiserons. Les mesures seront réalisées grâce à une prise d'air extérieure, au pas de temps horaire et sur une longue période de temps, incluant différents moments du cycle de développement des cultures et différentes configurations atmosphériques (avec des situations d'advection variées : e.g. vent du sud, Mistral) afin d'évaluer l'origine de la vapeur d'eau. En parallèle, nous utiliserons les mesures locales d'évapotranspiration réalisées par l'UMR EMMAH depuis 2007 à partir de stations type « eddy correlation » sur différents types de surface (Sansouïre, riz, blé et prairie) et qui permettent d'obtenir des estimations toutes les 1/2h des principaux termes du bilan d'énergie.

Les mesures isotopiques seront comparées aux simulations réalisées avec le modèle 3D Meso-NH pour différentes configurations atmosphériques. Ce modèle utilisé en mode LES (Large Eddy Simulation) pour un maillage spatial inférieur au kilomètre permet en effet de quantifier les termes d'advection suivant les principales directions et d'identifier ainsi les situations de brise de terre ou de mer qui apparaissent pour des conditions de surface contrastées (Courault et al, 2007). Des simulations seront donc réalisées par l'UMR EMMAH sur la zone Crau-Camargue discrétisée avec une maille fine (de l'ordre de 50 à 100m) de façon à pouvoir décrire précisément les variations d'état hydrique des surfaces pour différentes journées choisies *a posteriori* comme représentatives des principaux types de circulation atmosphérique. L'initialisation des profils atmosphériques sera faite à partir des radiosondages effectués en routine à minuit et midi à l'aéroport de Nîmes. Les cartes nécessaires en entrée de Meso-NH pour décrire les différentes surfaces (LAI, Albédo, Rugosité,...) seront établies à partir d'images de télédétection acquises sur la zone d'étude ou provenant des bases de données archivées depuis plusieurs années par l'équipe EMMAH. Parmi les différentes sorties de Meso-NH, il est possible d'obtenir des trajectoires de certains flux. Comme la zone étudiée comporte des zones très contrastées et de larges étendues d'eau à proximité, nous chercherons à suivre les flux émis par certaines zones bien spécifiques au cours d'une simulation effectuée sur une journée. Ces informations sur les flux et leurs trajectoires seront utilisées pour interpréter la variabilité de la composition isotopique de la vapeur d'eau mesurée par spectromètre laser.

L'équipe du CEREGE est plus particulièrement investie dans la partie expérimentale du projet, tandis que l'équipe EMMAH sera focalisée sur la démarche de modélisation atmosphérique. Ce projet inclut une thèse démarrée le 1<sup>er</sup> octobre 2010 (Hélène Delattre, bourse de thèse à co-financement INSU/Région PACA), dont le sujet est entièrement focalisé sur l'objectif de ce projet. Outre des réunions régulières organisées de manière plus ou moins informelle, un comité de thèse incluant des membres

des deux équipes impliquées sera également un bon moyen de nourrir les interactions et d'alimenter la démarche données-modèle.

## Références bibliographiques citées

- Braud I, Bariac T, Biron P, Vauclin M. (2009) Isotopic composition of bare soil evaporated water vapor. Part II: Modeling of RUBIC IV experimental results. *Journal of Hydrology*, 369, p.17-29.
- Brutsaert W. (2006) Indications of increasing land surface evaporation during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters* 33, L20403.
- Courault D**, Drobinski P., Brunet Y., Lacarrère P., Talbot C., 2007, Impact of surface heterogeneity on buoyancy driven convective boundary layer in the presence of light winds, *Boundary layer Meteorology.*, 124, 383-403.
- Courault, D.**, Lacarrère, P., Clastre, P., Lecharpentier, P., Jacob, F., **Marloie, O.**, Prevot, L., & **Olioso, A.** (2003). Estimation of surface fluxes in a small agricultural area using the three-dimensional atmospheric model meso-NH and remote sensing data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29, 741-754
- Craig H. and Gordon L. I. (1965) Deuterium and oxygen 18 variations in the ocean and marine atmosphere. In *Stable isotopes in oceanographic studies and paleotemperatures* (ed. E. T. (Ed.)), pp. 9-130. Lab. Geologia Nucleare, Pisa.
- Fekete B. M., Gibson J. J., Aggarwal P. and Vorosmarty C. J. (2006) Application of isotope tracers in continental scale hydrological modeling. *J. Hydrol.* 330, 444-456
- Gupta P, Noone D, Galewsky J, et al. (2009) Demonstration of high-precision continuous measurements of water vapor isotopologues in laboratory and remote field deployments using wavelength-scanned cavity ring-down spectroscopy (WS-CRDS) technology. *RAPID COMMUNICATIONS IN MASS SPECTROMETRY*, 23, 16, p. 2534-2542.
- Henderson-Sellers A. (2006) Improving land-surface parameterization schemes using stable water isotopes: introducing the 'iPILPS' initiative. *Global Planet. Change* 51, 3-4.
- Lee X., Sargent S., Smith R., and Tanner B. (2005) In situ measurement of the water vapor 18O/16O isotope ratio for atmospheric and ecological applications. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 22, 555-565.
- Lee X., Smith R., Williams J. (2006) Water vapour 18O/16O isotope ratio in surface air in New England, USA. *Tellus* 58B, 293-304.
- Legesse D., **Vallet-Coulomb C.**, Gasse F., (2003). Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: Case study South Central Ethiopia, *Journal of Hydrology*, 275, p.67-85.
- Legesse D., **Vallet-Coulomb C.**, Gasse F. (2004) Analysis of the hydrological response of a tropical lake ; Lake Abiyata (Main Ethiopian Rift Valley), to changes in climate and human activities, *Hydrological Processes*, 18, p. 487-504.
- Legesse D., Abiye T.A., **Vallet-Coulomb C.** (2010) Modeling impacts of climate and land use change on catchment hydrology: Meki River, Ethiopia, *Hydrology and Earth System Sciences*, discussion paper ([http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/special\\_issue56.html](http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/special_issue56.html))
- Sturm K., Hoffmann G., Langmann B. and Stichler W. (2005) Simulation of delta O-18 in precipitation by the regional circulation model REMOiso. *Hydrol. Process.* 19, 3425-3444
- Troin M., **Vallet-Coulomb C.**, Sylvestre F., Piovano E. (2010). Hydrological modelling of a closed lake (Laguna Mar Chiquita, Argentina) in the context of 20th century climatic changes. *Journal of Hydrology*, 393, p. 233-244.
- Vallet-Coulomb C.**, Cartapanis O., Radakovitch O., Sonzogni C., Pichaud M. (2010a). Pan-derived isotopic composition of atmospheric vapour in a Mediterranean wetland (Rhône River delta, France). *Isotopes in Environmental and Health Studies*, Vol. 46, No. 1, 37-48
- Vallet-Coulomb C., Chauvelon P., Coulet E., Sonzogni C., Radakovitch O., Claude C., Hamelin B.** (2010b) Quantification du bilan hydrologique de l'étang du Vaccares (Camargue) : apport du traçage géochimique à la quantification de l'évaporation et des contributions d'eaux souterraines. 23ème Réunion des Sciences de la Terre, Bordeaux, 25 au 29 Octobre 2010.
- Vallet-Coulomb C.**, Radakovitch O., De Montety V., Hermitte D., Sonzogni C., Ollivier P., Paul M. (2009) L'eau souterraine en Camargue – In : « Le golfe du Lion, un observatoire de l'environnement en Méditerranée ». Editeurs : A. Monaco, W. Ludwig, M. Provansal, B. Picon. Editions QUAE, 2009, p. 151-165
- Vallet-Coulomb C.**, Gasse F., Sonzogni C. (2008) Seasonal evolution of the isotopic composition of atmospheric water vapour above a tropical lake: deuterium excess and implication for water recycling. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, p. 4661-4674.
- Vallet-Coulomb C.**, Gasse F., Robison L., Ferry L., Van Campo E., Chalié F. (2006a) Hydrological modeling of the tropical closed Lake Ihotry (SW Madagascar): sensitivity analysis and implications for paleohydrological reconstructions over the past 4000 years. *Journal of Hydrology*, 331, p. 257-271.
- Vallet-Coulomb C.**, Gasse F., Robison L., Ferry L. (2006b). Simulation of the water and isotopic balance of a closed tropical lake at a daily time step (Lake Ihotry, South-West of Madagascar). *Journal of Geochemical exploration*, 88, p. 153-156.
- Vallet-Coulomb C.**, Legesse D., Gasse F., Travi Y., Chernet T. (2001). Lake Evaporation estimates in tropical Africa (Lake Ziway, Ethiopia). *Journal of hydrology*, vol 245, n° 1-4, p. 1-18
- Welp L.R., Lee X., Kim K., Griffiths T.J., Billmark K.A., Baker J.M. (2008). Delta O-18 of water vapour, evapotranspiration and the sites of leaf water evaporation in a soybean canopy. *Plant Cell and Environment* 31, 1214-1228.
- Wen X.F., Sun X.M., Zhang S.C., Yu G.R., Sargent S.D., Lee X. (2008) Continuous measurement of water vapor D/H and O-18/O-16 isotope ratios in the atmosphere. *Journal of Hydrology* 349, 489-500.

## Plan financier succinct

### CEREGE

Climatisation d'un local en camargue	2500 €
Consommables pour le spectro laser (seringues, capsules, vials, solvant, etc)	800 €
Bouteille et consommation d'air comprimé pour mesures sur le terrain	700 €
Analyses isotopiques (précipitations, bacs d'évaporation)	1500 €
Missions terrain :	500 €
<b>Total CEREGE</b>	<b>6000 €</b>

### EMMAH

disque dur (stockage et simulations MesoNH)	1500 €
Missions terrain:	500 €
<b>Total EMMAH</b>	<b>2000 €</b>

### Autres sources de financement :

Ce projet bénéficie et a bénéficié des financements suivants :

- Bourse de thèse, cofinancement INSU/Région PACA (1/10/2010-30/9/2013)
- Dans le cadre d'ECCOREV : financement du spectromètre laser acquis en juillet 2010 (PICARRO CRDW – L1102-i, avec passeur automatique d'échantillons). Montage financier Région PACA (35k€), CG13 (25k€), fonds propres CEREGE (8k€):

## Description du Consortium

CEREGE UMR6635, Europôle de l'Arbois, 13545 Aix en Provence cedex 4			
Christine Vallet-Coulomb	MCF	Coordination du projet – supervision de la thèse – mesures de terrain et analyses isotopiques	3 0%
Delattre Hélène	Doctorante	Traçage isotopique des flux de vapeur - analyses in situ au spectromètre laser – développement méthodologique -	1 00%
Corinne Sonzogni	IE-CNRS	Analyses isotopiques de l'eau – mise en route du spectromètre laser	2 0%

EMMAH UMR 1114 INRA – UAPV, Dom. St Paul Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9			
Dominique Courault	CR1 (HDR)	modélisation 3D Meso-NH	2 0%
Albert Oliosio	CR1 (HDR)	modélisation ETR, mesures de flux	1 0%
Sébastien Garrigues	CR2	modélisation 2D de l'ETR sur la Camargue	1 0%

Olivier Marloie	IE	mesures de flux eddy correlations	2 5%
-----------------	----	-----------------------------------	---------

**Autre collaborations :**

Tour du Valat, Le Sambuc - 13200 Arles			
Philippe Chauvelon	IR	participation aux mesures de terrain – expertise sur le fonctionnement des hydrosystèmes camarguais	
Olivier Boutron	CR	participation aux mesures de terrain – expertise sur le fonctionnement des hydrosystèmes camarguais -	
Réserve nationale de Camargue, SNPN, La Capelière - 13200 Arles			
Eric Coulet	Directeur	participation aux mesures de terrain – expertise sur le fonctionnement des hydrosystèmes camarguais	
Yves Cherain	Chargé de missions	participation aux mesures de terrain – expertise sur le fonctionnement des hydrosystèmes camarguais	

**Christine Vallet-Coulomb**

18 publications dans des revues internationales à comité de lecture

**Domaine d'étude et problématique de recherche**

Etude et modélisation hydrologique des relations entre le cycle de l'eau continental et le changement climatique. Deux principaux types d'outil sont utilisés : 1) traçage isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) du cycle de l'eau, avec une attention particulière portée sur les processus d'évaporation et 2) Développement et application de modèles hydrologiques (modèles de lacs et modèles de bassin versant) pour analyser la réponse de lacs tropicaux aux changements climatiques et environnementaux.

**Mots clés :** Modélisation hydrologique, Isotopes stables, changement climatique, évaporation

**Cursus et Experiences professionnelles**

- \*Depuis 2000: Maître de conférences à l'Université Paul Cézanne, Aix-Marseille
- \*Laboratoire de rattachement: CEREGE Europôle de l'Arbois 13545 Aix-en-Provence
- \*Responsable des analyses isotopique de l'eau ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) au CEREGE
- \*1995- 2000 Maître de conférences à l'Université Paris 7 – Denis Diderot
- \*1992: Thèse de doctorat de l'Université Paris-XI-Orsay: Etude de la circulation de l'eau dans un sol argileux drainé ; approches hydrique, isotopique et géochimique.

**Trois publications pertinentes pour le projet**

- Vallet-Coulomb C., Cartapanis O., Radakovitch O., Sonzogni C., Pichaud M. (2010). Pan-derived isotopic composition of atmospheric vapour in a Mediterranean wetland (Rhône River delta, France). *Isotopes in Environmental and Health Studies*, Vol. 46, No. 1, 37–48
- Vallet-Coulomb C., Gasse F., Sonzogni C. (2008) Seasonal evolution of the isotopic composition of atmospheric water vapour above a tropical lake: deuterium excess and implication for water recycling. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, p. 4661-4674.

De Montety V., Radakovitch O., Vallet-Coulomb C., Blavoux B., Hermitte D., Valles V. (2008) Origin of groundwater salinity and hydrogeochemical processes a confined coastal aquifer. Case of the Rhône delta (Southern France). *Applied Geochemistry*, 23, p. 2337-2349.

## Dominique Courault

30 publications dans des revues internationales à comité de lecture

### **Domaine d'étude et problématique de recherche**

Spatialisation des flux de surface à l'aide de données de télédétection et de modèles de transferts (SVAT, modèles 1D et 3D). Estimation du microclimat, impact des pratiques agricoles à l'échelle du paysage.

Mes thèmes recherches sont centrés sur la **caractérisation des rétroactions entre climat régional, surface et les climats locaux**, pour améliorer la compréhension et la modélisation du fonctionnement des paysages

L'analyse de l'impact des modifications de pratiques culturales sur le microclimat et les flux à l'échelle du paysage s'appuie sur la **modélisation** et l'**expérimentation**, et considère des domaines spatiaux qui vont de la parcelle agricole à la petite région. La prise en compte de l'hétérogénéité de surface joue ici un rôle prépondérant puisque je m'intéresse principalement aux échanges de masse et d'énergie entre le sol, la végétation et l'atmosphère. Cette hétérogénéité peut être liée aux différentes cultures présentes dans la région, mais aussi à leurs diverses conduites (irrigation, fauche...) conduisant à des états de surface variables en rugosité, humidité, albédo, température, biomasse... et générant ainsi des flux et un climat caractéristiques de ces environnements.

**Mots clés** : Evapotranspiration-microclimat-modélisation-télédétection-paysage agricole

### **Cursus et Experiences professionnelles**

2008 : Habilitation à diriger des recherches, spé Sciences, Université Avignon  
1994 : Mutation à l'INRA d'Avignon en Bioclimatologie, passage CR1 (flux de surface)  
1992-1993 : Prise de fonction à l'INRA de Rennes, Evapotranspiration sur bassin versant  
Oct 1990 : Admission Chargée de Recherches 2<sup>ème</sup> classe en Bioclimatologie INRA  
1990: Post doc CNES projet HAPEX Sahel ORSTOM Bondy /Niger (télédétection)  
1989 : Thèse Sciences du Sol, Université Paris 6 INAPG Grignon, (Télédétection/sols)

### **Trois publications pertinentes pour le projet :**

Courault D, Drobinski P., Brunet Y., Lacarrère P., Talbot C. 2007, Impact of surface heterogeneity on buoyancy driven convective boundary layer in the presence of light winds, *Boundary layer Meteorology.*, 124, 383-403.

Courault D, Seguin B, Olioso A, 2005. Review about estimation of evapotranspiration from remote sensing data: from empirical to numerical modeling approach. *Irrigation and Drainage system*, 19, 223-249.

Courault D, Lacarrère P, Clastre P, Lecharpentier P, Jacob F, Marloie O, Prévot L, Olioso A, 2003. Estimation of surface fluxes in a small agricultural area using the 3D atmospheric model Meso-NH and remote sensing data. *Can. J Remote Sensing*, 29, 6, 1-14.