

# ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

## D'ILE DE France N° 129

### Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2019

Nom du Laboratoire d'accueil : LERMA N° UMR : UMR8112  
Nom du Directeur du laboratoire : Jean-Hugues FILLON  
Adresse complète du laboratoire : LERMA - Observatoire de Paris  
77, avenue Denfert-Rochereau  
75014 Paris

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire : Equipe Télédétection

Nom du Directeur de thèse **HDR** : Filipe Aires

Téléphone : 01 40 51 20 30

Mail : [filipe.aires@obspm.fr](mailto:filipe.aires@obspm.fr)

- **Titre de la thèse en Français** : Etude du cycle de l'eau à l'échelle global par observation satellite
- **Titre de la thèse en Anglais** : Analysis of the water cycle at the global scale using satellite observations
- **Résumé Sujet en Français (1 page maximum)** :

**Objectifs** : L'objectif de cette thèse est de construire une analyse globale du cycle de l'eau terrestre au moyen d'observations satellite. Une nouvelle technique d'intégration permettra de combiner les multiples observations (précipitations, évapotranspiration, ruissellement et stockage total de l'eau) de manière hydrologiquement cohérente. Cet ensemble de données sera ensuite utilisé pour évaluer les modèles hydrologiques et étudier l'évolution à long terme du cycle de l'eau sur plusieurs régions importantes du monde en raison des changements climatiques ou du changement de l'utilisation des sols.

**Contexte général** : Le cycle de l'eau est l'une des thématiques les plus importante du changement climatiques du fait de ses impacts sociaux à l'échelle du globe. L'observation du cycle de l'eau par observation satellite reste toutefois un défi: les produits existants sont multiples et de grandes incertitudes ou incohérences rendent leur utilisation difficile. Par conséquent, des techniques de fusion / intégration ont été développées pour améliorer ces observations. La plupart de ces approches se concentrent sur l'assimilation des données satellite dans les modèles hydrologiques. Nous avons développé un certain nombre d'intégrations techniques afin d'optimiser ces jeux de données satellite, indépendamment de tout modèle, au niveau régional (Mississippi, Méditerranée, Asie de l'Est) et à l'échelle mondiale. Plusieurs problèmes doivent encore être optimisés (meilleure évaluation des incertitudes, optimisation des jeux de données sur l'évapotranspiration, en particulier dans les régions irriguées, prise en compte du ruissellement horizontal souterrain, etc.). Une fois optimisées, ces approches doivent être appliquées à l'échelle mondiale pour obtenir une description cohérente du cycle de l'eau. Cela permettra d'étalonner et de valider les modèles hydrologiques / climatiques, ainsi que d'ouvrir un large éventail d'applications telles que l'estimation du débit des rivières dans la mer ou l'étude de l'évolution du cycle de l'eau due aux changements climatiques ou des pratiques d'utilisation des sols (i.e. densification de la population, évolution des pratiques agricoles, gestion de l'eau avec des barrages ou digues, etc.).

**Cas d'étude** : Nous avons consacré de nombreuses études pour développer des outils d'intégration performants (Aires 2014; Munier & Aires 2017; Pellet, Aires et al. 2019) ou pour étudier en détails certains bassins hydrologiques (Munier & Aires 2015; Munier & Aires 2017; Pellet, Aires et al. 2018). On proposera ici de continuer ce travail à l'échelle du monde ce qui demandera de mettre en place des outils d'optimization généraux sur des données globales. L'objectif sera de décrire au mieux les 4 composantes du cycle de l'eau terrestre: précipitations, évapotranspiration, écoulement

horizontaux, et stock d'eau continentaux.

**Projet et objectifs** : Une fois tous les produits satellite fusionnés grâce à la méthode d'intégration qui rendra toutes ces composantes plus cohérentes hydrologiquement, on évaluera leur qualité à l'échelle globale en les comparant aux données in situ disponibles. Toutes les incohérences devront être analysées : biais dus à la non prise en compte des écoulements sous-terrains, sous-estimation de l'évapotranspiration sur certaines régions fortement irriguées, erreurs des précipitations sur certaines zones sans suffisamment de données in situ pour les calibrer, incohérences dans les débits de rivières mesurés à l'embouchure des fleuves. Des solutions devront être trouvées pour pallier ces difficultés. Ce travail devrait nous permettre de mieux mesurer l'évolution sur le long terme des composantes du cycle de l'eau. Une comparaison systématique sera effectuée avec les produits de reanalyses (ECMWF, NCEP) ainsi qu'avec les sorties de modèles numériques (Orchidée, ISBA). Ce type de comparaison peut rendre compte des difficultés de certains modèles à bien représenter les changements de stock d'eau, ou les variations inter-annuelles complexes des débits de rivière. On analysera ensuite les variations sur le long terme de ces composantes pour mieux distinguer les causes issues du changement climatique de celles du changement d'utilisation des sols (pratique agricole, politiques environnementales, gestion de l'eau grâce à des digues ou barrages). On

## • **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

**Objectives:** The objective of this thesis is to build a global analysis of the terrestrial water cycle using satellite observations. A new integration technique will allow combining the multiple observations (precipitations, evapotranspiration, runoff and total water storage) in a hydrologically coherent way. This dataset will then be used to evaluate hydrological models, and study the long-term evolution of the water cycle over several hot-spots in the world due to climate or land-use changes.

**Context:** The water cycle is one of the most important components for its climate aspects and societal impacts worldwide. Monitoring the water cycle with Earth observations (EO) is still a challenge: EO products are multiple, and their utility is degraded by large uncertainties and incoherences among the products. Therefore, merging/integration techniques have been developed to improve the EO datasets. Most of these approaches focus on the assimilation of the EO into hydrological models. We have developed in the past several integration techniques in order to optimise the satellite dataset, independently from any model, at the regional (Mississippi, Mediterranean, Eastern Asia) and at the global scales. Several issues need yet to be optimised (better assessment of the EO uncertainties, optimisation of the evapotranspiration datasets in particular in irrigated regions, consider the underground horizontal runoff, etc.). These approaches need then to be further optimised and applied at the global scale, to obtain a coherent description of the full water cycle. This will allow the calibration/validation of the hydrological/climate models, and open a large ensemble of applications such as estimation of the river discharge into the sea, or the study of the long-term changes of the water cycle components due to climate change or land-use practices (agriculture practice, water management, dams and dikes, etc.).

**Case study:** We have devoted numerous studies to develop effective integration tools (Aires 2014, Munier & Aires 2017, Pellet, Aires and others 2019) or to study in detail some hydrological basins (Munier & Aires 2015; Munier & Aires 2017, Pellet, Aires and others 2018). We propose here to continue this work at the global scale, this will require the implementation of general optimisation tools on global datasets. The objective will be to best describe the four components of the Earth's water cycle: precipitation, evapotranspiration, horizontal flow, and continental water stock.

**Thesis project:** Once all products are merged through the integration method that will make all of these components more hydrologically consistent, their quality will need to be assessed globally by comparing them to the available in situ data. All inconsistencies should be analysed: bias due to the non-consideration of underground runoffs, underestimation of evapotranspiration in some highly irrigated areas, precipitation errors in some areas without sufficient in situ data to calibrate them, inconsistencies in river discharge measured at the river mouths. Solutions will have to be found to overcome these difficulties. This work should allow us to better monitor, in the long term, the evolution of the components of the water cycle. A systematic comparison will be made with reanalysis products (ECMWF, NCEP) as well as model outputs (Orchidée, ISBA). This type of comparison can illustrate the difficulties of some models in representing water stock changes, or the complex inter-annual variations in river flows. We will then analyse the long-term variations of these components in order to better distinguish the causes of the long term evolution, climate change or changes in land-use (agriculture, environmental policy, water management thanks to dikes or dams).

- **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

Pas de co-financement prévu pour ce sujet.

- **Encadrement :**

**. Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 2019**  
(Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

Aucun en 2019 (2 thèses soutenues en 2018).