

## Proposition de Sujet de thèse 2018

**Nom du laboratoire** (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :  
CNRM UMR 3589

**Titre du sujet proposé : Amélioration de la représentation des écoulements en rivière par l'intégration des barrages-réservoirs et l'apport de la future mission altimétrique SWOT**

**Spécialités de l'école doctorale** : (cocher **une seule** spécialité sans la modifier)

- Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie
- Climat, Océan, Atmosphère, Surfaces Continentales
- Ecologie Fonctionnelle
- Hydrologie, Hydrochimie, Sol, Environnement
- Sciences de la Terre et des Planètes solides

**Nom et statut** (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (**préciser si HDR**) :  
MUNIER Simon (CNRM) – CR2 DD – pas de HDR  
BOONE Aaron (CNRM) – CR1 CNRS – HDR (soutenue le 27/05/2016)  
MUNIER Simon – Tel. : 05.61.07.98.84 – email : simon.munier@meteo.fr  
BOONE Aaron – Tel. : 05.61.07.98.44 – email : aaron.a.boone@gmail.com

Résumé du sujet de la thèse en français :

Contexte de la thèse :

De nombreuses études récentes présentent la ressource en eau comme un enjeu majeur du siècle à venir, en particulier dans le contexte du changement climatique et de la pression démographique. La ressource en eau est directement liée au cycle continental de l'eau dans ses composantes rivières et nappes souterraines. Or les impacts du changement climatique et des facteurs anthropiques sur ces composantes restent aujourd'hui entachés d'incertitudes fortes. Les travaux de cette thèse s'intéresseront à l'amélioration de notre compréhension, principalement par la modélisation, des impacts de l'anthropisation sur les ressources en eau à l'échelle régionale.

L'étude du cycle continental de l'eau repose principalement sur les modèles hydrologiques, comme par exemple le modèle ISBA-CTRIP de la plateforme SURFEX développée au CNRM. Ce type de modèle se base sur un bilan de masse et d'énergie à l'interface sol-atmosphère pour calculer la part d'eau s'écoulant en surface, s'infiltrant dans les sols et s'évaporant, ainsi que les écoulements en rivière, dans les aquifères et les zones d'inondation. Ces modèles peuvent être couplés avec des modèles atmosphériques et océaniques, et sont utilisés autant pour l'étude du climat passé et futur que pour la prévision. Ces dernières années ont connu un développement important des observations spatiales accompagné d'une forte croissance des capacités informatiques, permettant l'amélioration continue des modèles à la fois par une représentation plus détaillée des processus et par une résolution spatiale de plus en plus haute. Ainsi, il est aujourd'hui envisageable de prendre en compte les impacts anthropiques sur le cycle continental de l'eau, jusque-là ignorés dans ce type de modèle, tels que l'irrigation et la présence de barrages-réservoirs dans le réseau hydrographique.

Par ailleurs, la future mission spatiale SWOT (Surface Water and Ocean Topography), dont le lancement est prévu vers 2021, fournira pour la première fois des cartes d'élévation des eaux à la surface des continents et des océans. En particulier, SWOT permettra une observation globale de la dynamique temporelle et spatiale des fleuves ayant une largeur supérieure à 100 m et les zones en eau ayant une superficie supérieure à 250 m x 250 m, avec une précision de l'ordre de la dizaine de cm sur les élévations d'eau. Des travaux précédents, dont deux thèses (collaboration CNRM/LEGOS), ont permis de démontrer le potentiel de l'assimilation de telles données dans le modèle ISBA-CTRIP, notamment en

termes de paramétrisation du modèle de routage (géométrie des cours d'eau, coefficient de frottement...).

L'objectif de la thèse proposée repose sur l'amélioration de la partie routage du modèle ISBA-CTRIP en intégrant les effets des barrages-réservoirs, et d'investiguer l'apport potentiel des données SWOT pour la paramétrisation du nouveau modèle haute résolution. Ces travaux profiteront également des avancées en cours au CNRM, d'une part dans l'augmentation de la résolution spatiale de CTRIP (S. Munier), d'autre part dans le développement d'un modèle de lac (thèse encadrée par A. Boone) et d'un modèle d'irrigation (S. Munier et C. Albergel).

Déroulement du travail :

Dans un premier temps, le doctorant devra se familiariser avec le modèle hydrologique ISBA-CTRIP et les outils d'assimilation mis en place ces dernières années pour l'assimilation de données SWOT dans le modèle CTRIP à  $0.5^\circ$ . Cela pourra se faire par l'implication dans la validation en cours du modèle CTRIP récemment passé de la résolution de  $0.5^\circ$  à celle de  $1/12^\circ$ . Ce changement de résolution permet une représentation beaucoup plus fine du réseau de drainage et donc des écoulements en rivière. Cette nouvelle résolution devrait également permettre de tirer beaucoup plus partie de la donnée SWOT, elle-même haute résolution. Le doctorant pourra notamment étudier, sur la zone Europe prioritairement, la sensibilité du modèle aux paramètres généralement établis par des relations empiriques, puis adapter les outils d'assimilation à cette nouvelle résolution. Outre l'amélioration attendue grâce à l'augmentation de la résolution spatiale, l'on s'attend également à une meilleure représentation des paramètres du type largeur et pente des tronçons de rivière grâce à l'assimilation des données SWOT. L'étude des incertitudes liées à la mesure SWOT (issue principalement du simulateur SWOT) au passage à  $1/12^\circ$  sera également une partie importante de cette étape.

La deuxième phase du travail portera sur le développement d'un modèle de barrage-réservoir. Il pourra s'agir en première approximation d'un modèle de bilan de masse et d'énergie au sein du réservoir (débit entrant/sortant, infiltration, évaporation). Il conviendra ensuite d'intégrer les opérations de lâcher telles que pratiquées par les gestionnaires. Ces opérations pourront reposer sur une courbe de remplissage du réservoir pré-établie (telle que celles utilisées par les organismes comme l'EPTB Seine Grands Lacs), ou prendre en compte divers objectifs de gestion tels que la production hydro-électrique, le soutien d'étiage ou l'écrêtement des crues.

Dans cette deuxième phase, l'apport potentiel de données SWOT sera également étudié. En particulier, la combinaison des données de hauteur et masque d'eau issues de SWOT devrait permettre d'établir des relations hauteur-volume, indispensables pour effectuer le bilan de masse des réservoirs. Des données satellitaires existantes d'altimétrie (e.g. TOPEX/Poseidon, Envisat, Jason 1&2) et d'imagerie moyenne et haute résolution (MODIS, Sentinel-2), ainsi que les produits dérivés d'observations spatiales par les équipes du LEGOS, pourront être utilisées pour cette étape. Ensuite sera évalué l'apport de l'assimilation de données SWOT (hauteur d'eau, voire produit débit) dans le modèle complet (routage haute résolution, modèle de barrage-réservoir) pour la détermination de paramètres spatialisés. Pour cette dernière phase, le doctorant pourra profiter du système LDAS-Monde développé au CNRM (S. Munier, C. Albergel) permettant d'assimiler dans le modèle ISBA diverses observations spatiales telles que l'humidité du sol (ESA-CCI, ASCAT) ou d'indice foliaire LAI (Copernicus Global Land Service). L'utilisation du LDAS-Monde permettra une meilleure estimation des ruissellement et drainage issus du modèle de surface ISBA et utilisés comme entrées au modèle de routage CTRIP. En combinaison avec l'assimilation d'observations SWOT, une telle étude constituerait le premier démonstrateur d'une réanalyse hydrologique réelle et complète, à l'instar des réanalyses atmosphériques et océaniques.

L'ensemble de ces travaux sera réalisé dans un premier temps sur le territoire français pour lequel le CNRM possède une expertise certaine, puis étendu à d'autres régions aux conditions hydro-climatiques contrastées. En particulier le bassin de l'Ebre en Espagne constituera un cas d'étude intéressant par la disponibilité de données de débit et lâchers de barrage et par l'implication de A. Boone dans le projet LIAISE faisant partie du programme HyMeX et visant, entre autres, à améliorer notre compréhension des impacts anthropiques sur le cycle de l'eau.