



**Offre de stage
Année universitaire 2017-2018**

1. Sujet

Impact d'une meilleure prise en compte de l'évapotranspiration sur les simulations des crues et étiages en contexte de changement climatique

2. Type de stage

Stage de Master 2

3. Période – Durée

Maximum 6 mois entre 15 février 2018 et août 2018

4. Organisme d'accueil et encadrant

Organisme d'accueil :

Irstea
UR Hydrosystèmes et Bioprocédés
1, rue Pierre-Gilles de Gennes CS 10030
92761 Antony Cedex
Web : <http://www.irstea.fr/linstitut/nos-centres/antony>

Encadrant :

Maria-Helena Ramos (Chargée de recherche) et Daniela Peredo (doctorante)
Tel : 01 40 96 60 51
Email : maria-helena.ramos@irstea.fr
Web : <http://webgr.irstea.fr>

5. Indemnité de stage

Indemnité mensuelle maximale de 554.40 €

6. Profil du candidat

- Notions de base en hydrologie et en modélisation hydrologique
- Programmation en Fortran et/ou R
- Outils de bureautique traditionnels (Word, Excel)
- Aisance rédactionnelle

7. Poursuite éventuelle en thèse

Pas de prévision de poursuite du sujet en thèse.

8. Description du sujet

• **Contexte**

Aujourd'hui, la gestion de la ressource en eau et de situations à risque doit faire face aux défis engendrés par le changement climatique ou la gestion de crise sous contrainte, quand des événements de crue et des situations de sécheresse s'annoncent plus fréquentes ou plus sévères. Cela amène à ce que différents acteurs de la prévision de crues doivent être en mesure de gérer des événements extrêmes et différents usagers de l'eau doivent se concilier au sein d'un bassin versant. Une meilleure modélisation de l'évapotranspiration s'avère cruciale pour bien détecter les évolutions des débits en périodes de hautes et basses eaux et mieux évaluer les impacts des projections climatiques sur les extrêmes et la disponibilité de la ressource en eau.

L'évapotranspiration représente le flux d'eau sortant dominant dans la plupart des bassins versants. Il s'agit d'un processus complexe qui comprend l'évaporation (à partir d'une surface d'eau ou du sol) et la transpiration (des végétaux) (voir Figure 1). C'est grâce à ces deux processus que l'eau à l'état liquide devient vapeur dans l'atmosphère. Pour qu'elle puisse avoir lieu, il faut avoir de l'eau et de l'énergie, deux facteurs qui peuvent limiter le taux d'évapotranspiration. Par conséquent, c'est grâce à l'évapotranspiration que le bilan hydrique (ou bilan de masse) et le bilan en énergie se retrouvent (Zhao *et al.*, 2013). L'évapotranspiration peut représenter quantitativement plus de 60% de l'apport pluviométrique sur les surfaces continentales (Oudin, 2004). Elle a un rôle clé dans la modélisation hydrologique, notamment dans les transformations de la pluie en débit écoulé (Oudin *et al.*, 2004, 2005a, 2005b).

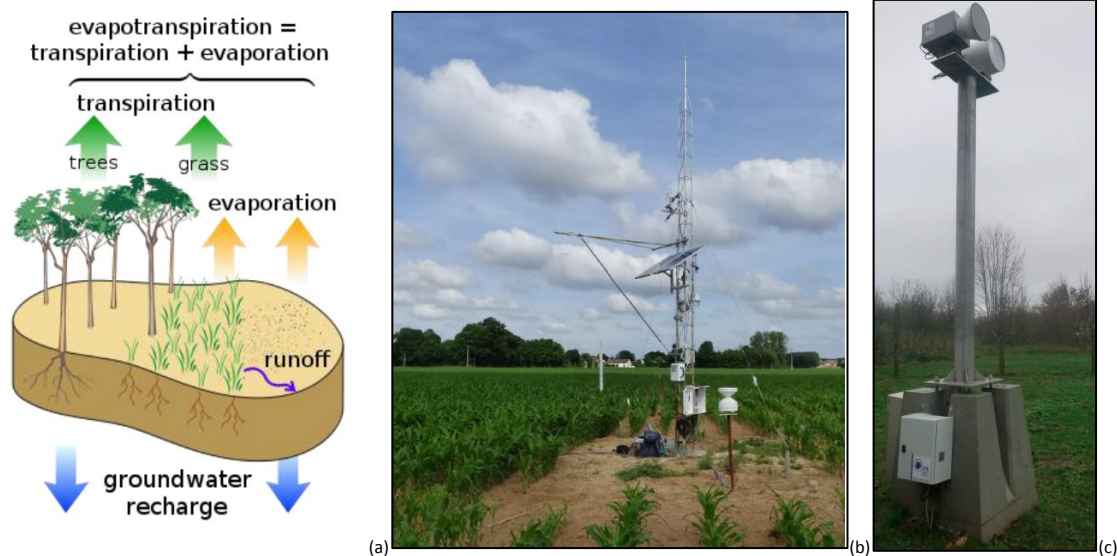


Figure 1 – Schéma explicatif du processus d'évapotranspiration des plantes (a) et mesure de l'évapotranspiration par tour à flux (b) et scientillomètre (c) sur le bassin versant expérimental de l'Orgeval (sources : <http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/?p=5776> et Peredo, 2017)

Au sein des modèles hydrologiques, l'estimation de l'évapotranspiration se base souvent sur une variable climatique théorique, l'évapotranspiration potentielle (ETP), laquelle cherche à représenter la capacité évaporatoire quand la disponibilité en eau n'est pas un facteur limitant. Bien que plusieurs méthodes de calcul de l'ETP aient été proposées dans la littérature, des études ont montré que l'impact du mode de calcul de l'ETP sur les performances des modèles pluie-débit peut être plutôt faible, laissant présager un manque de sensibilité des modèles aux variations de l'ETP.

Le travail récent de Master de Peredo (2017) s'est intéressé à améliorer la prise en compte de l'évapotranspiration au sein du modèle hydrologique GR4H en se basant sur un modèle de calcul de l'évapotranspiration réelle, le modèle MEP (*Maximum Entropy Production*), développé aux États-Unis et repris par l'Université Laval au Québec sur la base des travaux de Wang et Bras (2009, 2011). MEP est un modèle qui propose une solution analytique du taux d'évaporation (flux de chaleur latente), du flux de chaleur sensible et de chaleur dans le sol, à partir de la température de la surface, de l'humidité de la surface et du rayonnement net. Le modèle s'adapte aux différents états d'humidité du sol (du sol sec au sol saturé). Différents essais sur le modèle ont montré sa bonne performance pour le sol nu, comme pour le sol couvert de végétation. Le principal atout de ce modèle est qu'il est capable de calculer l'évapotranspiration et les flux de chaleur en utilisant moins de variables d'entrée que dans les autres modèles basés sur d'autres conceptualisations des processus physiques.

Les travaux de Peredo (2017) ont montré que le modèle MEP reproduit bien la dynamique des flux évaporatoires et les ordres de grandeur mesurés, notamment après comparaison avec les données issues de la mesure intégrée par scintillométrie sur le bassin des Avenelles (sous-bassin du bassin expérimental de l'Orgeval) (voir Figure 2). Le chainage avec le modèle hydrologique d'Irstea GR4H a montré une légère amélioration de la simulation des bas débits sur la période de mai à décembre 2016, surtout lorsque le calage du modèle GR4H est réalisé sur une période de plusieurs années. Les besoins d'une validation plus robuste et des pistes d'amélioration du chainage MEP-GR4H ont cependant été soulevés.

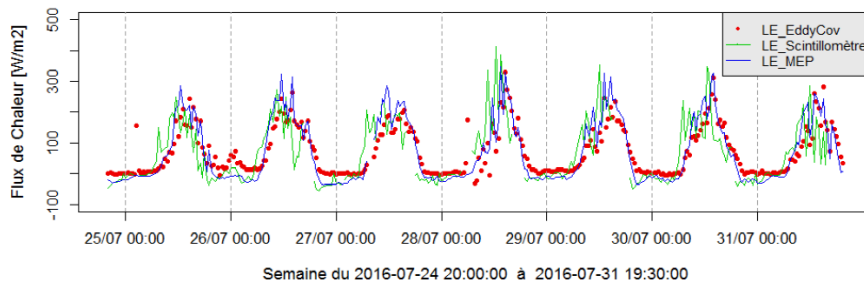


Figure 2 - Comparaison des flux de chaleur latente (LE) (Source : Peredo, 2017).

• Objectifs du stage

Le stage vise à poursuivre les travaux initiés à Irstea en suivant trois pistes d'amélioration possible :

1. la validation du chainage MEP-GR4H de Peredo (2017) sur une année additionnelle de données observées (2017-2018) ;
2. dans une perspective de couplage du modèle MEP avec le réservoir de production du modèle GR4H :
 - a. la prise en compte des travaux passés autour du modèle GR-HUM (Cognard-Plancq, 1996 ; Loumagne, 1988 ; Loumagne *et al.*, 1996), qui introduisait une couche de surface dans le réservoir de production des modèles GR afin de mieux prendre en compte l'humidité de surface du bassin versant, et/ou
 - b. la prise en compte d'un réservoir d'interception, mis en place par A. Ficchi (2017) ;
3. l'évaluation de l'impact du modèle couplé sur les projections hydrologiques, en s'appuyant sur deux scénarios très contrastés du Portail Drias :
 - a. les simulations IPSL2014¹ du modèle régional WRF (IPSL) et
 - b. les simulations CNRM2014² issues du modèle à aire limitée Aladin-Climat (CNRM/Météo-France).

• Etapes de travail et Calendrier indicatif

Les étapes méthodologiques de l'étude sont :

1. Révision bibliographique sur la simulation de crues et étiages en contexte de changement climatique en France et, en particulier, sur la région d'étude, et sur la modélisation couplée atmosphère-surface.
2. Prise en main des outils de modélisation et des données en climat présent et futur.
3. Préparation des données à utiliser en entrée du modèle MEP-GR4H et des schémas de couplage MEP-GR.
4. Simulation et évaluation des performances en climat présent.
5. Simulation et analyse des résultats en climat futur (projections hydrologiques).
6. Ecriture du mémoire de Master et préparation de la soutenance.

¹ <http://drias-climat.fr/accompagnement/section/180>

² <http://drias-climat.fr/accompagnement/section/179>

Etapas	Période de stage : 6 mois							
1								
2								
3								
4								
5								
6								

• **Références bibliographiques**

- Cognard-Plancq (1996). *Suivi de l'état hydrique des sols par télédétection spatiale (radar et thermographie infrarouge) et modélisation hydrologique à l'échelle du bassin versant*. Thèse de doctorat, Université de Paris-sud (Orsay), Cemagref (Antony), 130 p.
- Ficchí, A. (2017). *An adaptive hydrological model for multiple time-steps: Diagnostics and improvements based on fluxes consistency*. Thèse de doctorat, Irstea (Antony), GRNE (Paris), 281 pp. Disponible ici : https://webgr.irstea.fr/wp-content/uploads/2017/09/2017-Thesis_final_Andrea_Ficchí_Irstea_2017.pdf
- Loumagne, C. (1988). *Prise en compte d'un indice de l'état hydrique du sol dans la modélisation pluie-débit*. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud (Orsay), Cemagref (Antony), 200 p.
- Loumagne, C., Chkir, N., Normand, M., Ottlé, C., Vidal-Madjar, D. (1996) Introduction of soil/vegetation/atmosphere continuum in a conceptual rainfall-runoff model. *Hydrological Sciences Journal*, 41(6), 889-902.
- Nicolas, M. (2014). *Impact du changement climatique sur les débits du XXIe siècle en France : Une estimation avec les nouvelles projections du GIEC (CMIP5) et le modèle hydrologique de l'Irstea (GR)*. Mémoire de Master 1 SDUEE, UPMC, Irstea, Antony, 40 pp. Disponible ici : https://webgr.irstea.fr/wp-content/uploads/2014/07/NICOLAS_PDF_post.pdf
- Oudin, L. (2004). *Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global*. Thèse de doctorat, École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 495.
- Oudin, L., Andreassian, V., Perrin, C. et Anctil, F. (2004). Locating the sources of low-pass behavior within rainfall-runoff models. *Water Resources Research*, 40(11).
- Oudin, L., Michel, C., Anctil, F. (2005a). Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model ? Part 1: Can rainfall-runoff models effectively handle detailed potential evapotranspiration inputs? *Journal of Hydrology*, 303: 275 – 289.
- Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F. et Loumagne, C. (2005b). Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model ? Part 2: towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*, 303: 290 – 306.
- Peredo, D. (2017). *Impact d'une meilleure prise en compte de l'évapotranspiration dans la modélisation hydrologique*. Mémoire de Master 2 SDUEE, UPMC, Irstea, Antony, 40pp.
- Wang, J. et Bras, R. (2009). A model of surface heat fluxes based on the theory of maximum entropy production. *Water Resources Research*, 45.
- Wang, J. et Bras, R. (2011). A model of evapotranspiration based on the theory of maximum entropy production. *Water Resources Research*, 47.
- Zhao, L., Xia, J., Xu, C.-y., Wang, Z., Sobkowiak, L., Long, C. (2013). Evapotranspiration estimation methods in hydrological models. *Journal of Geographical Sciences*, 23(2):359–369.
- Sur les modèles hydrologiques développés à Irstea, voir aussi :
- <https://webgr.irstea.fr/modeles/bref-historique/>
 - https://webgr.irstea.fr/recherche/modelisation_hydrologique/
 - <https://webgr.irstea.fr/activites/airgr/>