

## **STAGE DE MASTER 2 Recherche : Université de Montpellier / HSM – WSP (bureau d'études) CERFACS**

**Sujet : Impacts du changement climatique sur les pluies, les débits et les inondations extrêmes des bassins versants de méso-échelle en région méditerranéenne. Exercice de modélisation hydrologique sur un bassin méditerranéen.**

**Organisme ou service proposant le sujet : HSM + WSP + CERFACS/URA1875**

Lieu du stage : Université de Montpellier - HSM (Montpellier)  
Indemnités légales versées par WSP (Bureau d'études, Toulouse)  
Accueils ponctuels au sein de WSP et CERFACS (Toulouse)

Encadrants : Valérie Borrell Estupina (UM), Antoine Colmet Daage (WSP), Cécile Llovel (WSP)  
Equipe associée : Eric Servat (OSU IM2E), Rémi Labedade (WSP), Sophie Ricci et Emilia Sanchez (CERFACS).  
Collaboration envisagée avec : MATHIEU-SUBIAS Helene du SMMAR

### **Objectif scientifique :**

Le stage a pour objectif de modéliser le fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'Orbieu dans l'Aude (11) en se concentrant sur la représentation des épisodes de précipitation extrêmes. Le modèle ATHYS développé par l'IRD pourra être utilisé lors de ce stage, ou bien TOPKAPI ou HEC-HMS. Ces modèles sont des modèles événementiels spatialisés. Des simulations de crues passées et futures seront effectuées et discutées.

Ce sujet est proposé dans le cadre d'une collaboration entre le CERFACS, HSM et WSP (bureau d'étude en hydrologie et hydraulique). Il s'insère dans le cadre d'une thèse (financement WSP) démarrée en Mai 2015.

### **Contexte de l'étude :**

Que deviendront les crues et inondations extrêmes sous un climat futur sur l'arc méditerranéen français ? Alors qu'il est aujourd'hui reconnu que le changement climatique se traduira par une évolution à la hausse des températures (IPCC, 2013), quel en sera son impact sur les extrêmes de précipitations ? Sur des bassins urbanisés, soumis depuis toujours à des crues rapides et violentes, et engendrant des conséquences catastrophiques en terme de pertes humaines et de dégâts matériels, la question d'une possible aggravation des intensités ou des événements et de leur occurrence est cruciale.

### **Méthodologie envisagée :**

Les modèles hydrologiques événementiels retenus pour cette étude présentent l'avantage de reproduire le comportement hydrologique d'un bassin en s'appuyant sur ses caractéristiques morpho et géologiques ainsi que sur la physique des écoulements. Les données seront fournies par Antoine Colmet Daage (H, Q, P, MNT, hydrographie, géologie...).

Les données pluviométriques passées sont des données réelles ou des analyses objectives telles que SAFRAN. Une fois le modèle calé et validé sur la période passée, et les questions d'équifinalités associées au calage résolues et la prédétermination de l'état initial établie, les impacts des pluies futures seront évalués. Les données futures sont des simulations de l'exercice EURO-CORDEX sponsorisé par le World Climate Research Program (WRCP) et en particulier nous nous intéressons aux simulations à haute résolution à 12km. Les simulations régionales forcées par des scénarios permettent de représenter le climat futur sous des hypothèses de scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Ces données climatiques seront fournies au stagiaire par le thésard.

En préalable au stage, sur la période octobre 2015 à janvier 2016, le stagiaire devra réaliser une étude bibliographique portant sur la question de l'impact des pluies extrêmes futures sur les crues et inondations.

La période passée et le devenir de ces précipitations seront analysés. D'autres climats que le climat méditerranéen seront aussi étudiés.

En collaboration avec le thésard, le stagiaire devra caractériser le bassin méditerranéen visé, les processus de genèse et propagation de crues qui s'y opèrent et les extrêmes de précipitations auxquelles il est exposé.

A noter que la chaîne de modélisation (forçages climatiques futurs, modèle ATHYS) a déjà été implanté sur le Lez dans le cadre de la thèse de E. Harader.

### **Etat d'avancement actuel des travaux sur le sujet :**

E. Harader (2015) a proposé une chaîne complète de modélisation sur le Lez avec ATHYS.

Cette méthode permet de modéliser des crues phares de la période passée sous un climat futur. Les résultats suggèrent qu'une augmentation des précipitations et des débits pendant les épisodes de crue sur le bassin versant du Lez est possible. Cependant, ces résultats sont très sensibles aux conditions hydriques du bassin versant, qui pourraient évoluer en fonction du changement climatique.

De plus, les résultats de cette étude sont fortement impactés par le choix d'un seul modèle climatique régional et ne permettent pas de conclure sur l'influence du changement climatique. Néanmoins, la méthodologie développée montre qu'il est possible à l'heure actuelle de modéliser l'impact du changement climatique sur des événements de crue éclair à l'échelle d'un petit bassin versant.

La thèse d'A. Colmet Daage a permis d'évaluer ces changements futurs selon un panel de 8 modèles climatiques de l'exercice Euro-CORDEX, et ce sur plusieurs bassins dont l'Orbieu.

L'objectif est donc maintenant d'évaluer les changements futurs dans ce bassin d'après l'ensemble de ces projections climatiques, ainsi que d'analyser la capacité d'ATHYS à modéliser le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant différents du Lez.

### **Plan de travail détaillé :**

- Avant le 1/02/2017 : Bibliographie sur i) les l'impact des pluies extrêmes passées et futures sur les crues et inondations (en climat méditerranéen et d'autres climats) ; ii) la caractérisation du bassin méditerranéen de l'Orbieu, des processus de genèse et de propagation de crues qui s'y opèrent et des extrêmes de précipitations auxquelles il est exposé ; iii) une analyse critique de la capacités du modèle hydrologique ATHYS à simuler les écoulements extrêmes.
- Mois 1 : Prise en main d'ATHYS sur le bassin étudié, mise en forme de la BD, pré-traitement ArcGis et Excel ou Matlab
- Mois 2 et 3 : Optimisation – Calage sur la période passée. Classification des événements sur les deux périodes.
- Mois 4 : Application du modèle calibré sur la base de données futurisée.
- Mois 5 et Mois 6 : Discussion et Rédaction d'un article aux cotés de A. Colmet Daage sur la simulation des extrêmes de crues sur le bassin retenu.

### **Bibliographie initiale :**

Borrell Estupina, V., B. Ladouche, P.-O. Malaterre, S. Ricci, Y. Caballero, M. Coustau, N. Dorfliger, P. Fleury, M. Jay-Allemand, J.-C. Maréchal & O. Thual. (2014) Forecasting and mitigation of flooding in a Mediterranean karstic watershed. Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions Proceedings of FRIEND-Water 2014, Montpellier, 7-10 October 2014 (Red Book IAHS Publ. 363, 2014), pp288-294.

Bouvier, C. (2004) De la pluie à l'inondation : contribution à la compréhension et à la prévision des événements extrêmes sur petits bassins tropicaux et méditerranéens, Habilitation à diriger des recherches, Université de Montpellier II. 93 pages.

Collet, L., Ruelland, D., Borrell-Estupina, V., Servat, E., 2014. Assessing the long-term impact of climatic variability and human activities on the water resources of a meso-scale Mediterranean catchment. *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques* 59, 1457–1469. doi:10.1080/02626667.2013.842073

Coustau, M., C. Bouvier, V. Borrell-Estupina & H. Jourde (2012) Flood modelling with a distributed event-based parsimonious rainfall-runoff model: case of the karstic Lez river catchment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1119-1133, 2012

Déqué, M. & S. Somot (2008) Extreme precipitation and high resolution with Aladin. *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 112(3-4):179-190

Feser, F., B. Rockel, H. von Storch, J. Winterfeldt & M. Zahn (2011) Regional climate models add value to global model data : a review and selected examples. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 92, no 9, p. 1181–1192.

Frei, C., J. Hesselbjerg Christensen, M. Déqué, D. Jacob, R. G. Jones & P. L. Vidale. (2003) Daily precipitation statistics in regional climate models : Evaluation and intercomparison for the european alps. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, vol. 108, no D3.

Frei, C., R. Schöll, S. Fukutome, J. Schmidli & P. L. Vidale (2006) Future change of precipitation extremes in Europe : Intercomparison of scenarios from regional climate models. *J. Geophys. Res.*, 111, D06105, doi:10.1029/2005JD005965.

Harader, E. (2015) L'impact du changement climatique sur les événements hydrologiques extrêmes des petits bassins versants méditerranéens: le cas des bassins versants du Lez. Thèse de doctorat UPS, Toulouse. CERFACS - HSM. Dir. de thèse : S. Ricci et V. Borrell, Enc. : L Terray. Soutenance prévue 9 février 2015.

Herrmann, M., S. Somot, S. Calmanti, C. Dubois & F. Sevault (2011) Representation of spatial and temporal variability of daily wind speed and of intense wind events over the mediterranean sea using dynamical downscaling : impact of the regional climate model configuration. *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 11, no 7, p. 1983–2001.

IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Lobligeois, F., V. Andréassian, C. Perrin, P. Tabary and C. Loumagne (2014) When does higher spatial resolution rainfall information improve streamflow simulation? An evaluation using 3620 flood events, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 575-594, doi:10.5194/hess-18-575-2014, 2014.

Oudin, L., A.L. Kay, V. Andreassian & C. Perrin (2010) Are seemingly physically similar catchments truly hydrologically similar?., *Water Resour. Res.*, W11558.

Taylor, K. E., R. J. Stouffer & G. A. Meehl (2012) An overview of cmip5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 93, no 4, p. 485–498

Tramblay, Y., C. Bouvier, C. Martin, J.-F. Didon-Lescot, D. Todorovik & J.-M. Domergue (2010) Assessment of initial soil moisture conditions for event-based rainfall–runoff modelling. *Journal of Hydrology*, vol. 387, no 3, p. 176–187.

