

## 9. Analyse des séries hydrologiques alpines – Michel LANG et Antoine BARD (Cemagref Lyon)

Ce travail, entrepris dans le cadre du WP4 du projet *AdaptAlp*, porte (1) sur la détection de tendances dans les séries de débits à l'échelle des Alpes et (2) sur l'utilisation de la modélisation climatique pour prévoir les tendances futures.

### Détection de tendances dans les séries de débits à l'échelle des Alpes

Il s'agissait de collecter un nombre suffisant de longues séries d'observation de qualité pour pouvoir disposer d'un jeu de données représentatif à l'échelle de l'arc alpin, dans le but de détecter d'éventuelles tendances. Environ 180 séries couvrant une durée de 40 ans au minimum ont été collectées auprès des partenaires du projet (Fig. 33).

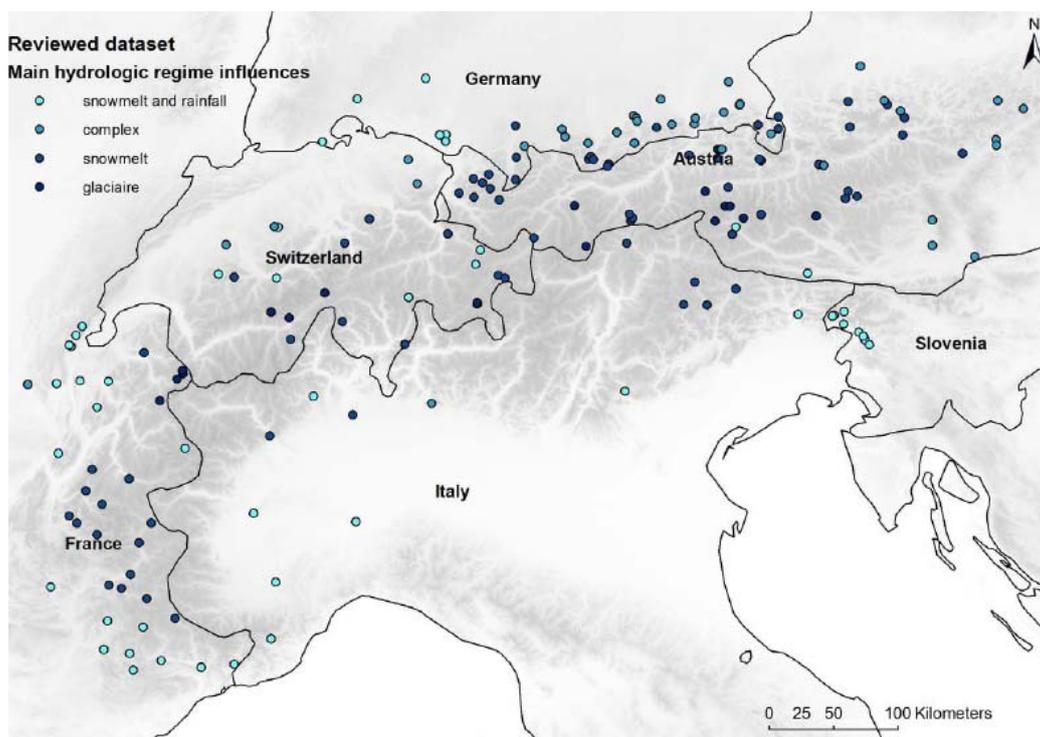


Fig. 33. Distribution des stations hydrométriques utilisées dans l'analyse des séries hydrologiques (WP4 AdaptAlp)

Plusieurs tests statistiques ont été conduits sur la base de données ainsi constituée, en utilisant la méthodologie déjà utilisée pour l'analyse des séries de débits des cours d'eau en France métropolitaine (thèse de Benjamin Renard, 2006). L'analyse a porté sur différents paramètres relatifs aux débits d'étiage et aux débits de crue. L'analyse des débits de crue a focalisé en particulier sur les débits de fonte.

**L'analyse des maxima de débit ne révèle aucune tendance significative à l'échelle des Alpes.** En revanche, la même analyse menée en fonction des types de régime hydrologique a mis en évidence des évolutions cohérentes et statistiquement significatives pour les régimes glaciaire et nival. Ces évolutions paraissent liées de manière étroite à l'évolution des températures observées, avec une date plus précoce de la fonte nivale et glaciaire.

Globalement et pour la majorité des cours d'eau considérés, on ne peut pas conclure à une augmentation significative de l'intensité ou de la fréquence des événements, ce qui ne veut pas dire qu'une tendance n'existe pas. En effet, il existe une **forte variabilité naturelle** et une tendance peut exister dans les séries sans que l'on soit capable de la détecter avec nos tests statistiques, la difficulté étant de la distinguer de cette variabilité au sein de séries fortement « bruitées ».

## Discussion

R. Mayoraz : Nous baignons dans une ambiance médiatique selon laquelle il y a déjà une évolution en train de se faire, alors que c'est juste une idée. Or malgré le grand nombre de séries utilisées et de tests effectués, les données que vous avez rassemblées ne montrent pas de tendance. Est-ce que vous pensez qu'il y a un changement mais que vous n'arrivez pas à le décélérer, ou est-ce que vous pensez qu'il n'y en a pas ?

M. Lang : Justement, on ne peut pas se prononcer. Le fait de ne pas avoir détecté de tendance significative indique soit que le test n'est pas assez puissant pour la détecter, soit qu'il n'y a pas de tendance actuellement. Les mêmes tests utilisés sur les températures sont complètement concluants, par contre ce n'est pas le cas sur les précipitations et sur les débits. Seule l'analyse par type de régime montre des résultats très nets lorsqu'ils sont influencés par la température, avec des décalages saisonniers ou une augmentation des volumes. Ces résultats montrent en fait qu'il n'y a pas de réponse généralisée et qu'il faut considérer les choses au cas par cas. Une grande prudence s'impose en matière d'analyse des tendances, car on ne peut pas généraliser une tendance observée sur un seul exemple, mais c'est vraiment la répétition sur un jeu de données important qui permet de conclure ou non. Un autre aspect important réside dans la critique des données : quand on détecte des changements dans un jeu de données, on s'aperçoit qu'ils résultent de problèmes de métrologie dans une grande partie des cas

F. Gillet : Certaines publications parues récemment indiquent que la fréquence des crues centennales en Europe et en Suisse pourrait être multipliée par 2 voire par 5 d'ici la fin du siècle, d'après les résultats de modélisations extrapolant les observations existantes. Que pensez-vous de ces résultats ?

M. Lang : Un certain nombre de travaux récents (Dankers et Feyen, 2008, *J.Geoph.Res.* ; Allamano *et al.*, 2009, *Geoph.Res.Let*) concluent effectivement sur un risque de crue qui augmente à échéance de la fin du siècle. De façon générale, il faut insister sur le fait que les résultats des simulations à partir de modèles climatiques doivent être analysés en fonction de leur performance à reconstituer correctement le climat présent. Or on s'aperçoit que des biais existent, en particulier lorsque l'on raisonne sur des échelles hydrologiques de temps et d'espace bien plus fines que celles des modèles climatiques. Ceci est particulièrement sensible pour les crues. Un renforcement des collaborations entre hydrologues et climatologues devrait permettre de progresser dans les techniques de désagrégation entre modèle climatique et modèle hydrologique, et d'affiner les résultats actuels des simulations.

## Utilisation des modèles climatiques pour la modélisation hydrologique

Les modèles climatiques contiennent de nombreuses incertitudes (en particulier sur les concentrations en CO<sub>2</sub> pris en compte dans les scénarios du GIEC). Une partie de ces incertitudes résulte des différences d'échelles spatiales et temporelles des modèles climatiques et les échelles à prendre en compte dans les modèles d'impact qui sont pertinentes pour les opérationnels.

L'échelle requise dépend aussi des phénomènes qu'on étudie. Par exemple, pour les températures si on raisonne à l'échelle mensuelle, on arrive déjà à avoir des informations intéressantes. Par contre, si on s'intéresse aux crues, on va forcément raisonner sur des pas de temps beaucoup plus fins, et il y a encore beaucoup de travail à fournir pour arriver à des informations pertinentes. De nombreux travaux de recherche portent sur les techniques de désagrégation spatiale, pour passer des sorties de modèles climatiques à des échelles pertinentes pour les modèles hydrologiques.

Pour l'instant, le principal résultat concernant l'hydrologie est que **le changement climatique augmente l'incertitude, et il faut apprendre à travailler avec cette incertitude supplémentaire, mais il ne remet pas en cause les différents volets utilisés pour gérer le risque inondation.**

Il s'agit simplement de voir comment intégrer ces questions sur l'incertitude dans le futur. En effet le sens du changement n'est pas si clair. Il dépend vraiment des régions ; il y a des tendances contrastées entre l'Europe du Nord et l'Europe du Sud, or les Alpes sont au carrefour de différentes influences, donc « le résultat final est loin d'être clair ». Certaines prévisions en dehors des Alpes comme par exemple sur le bassin de la Seine annoncent une diminution du risque inondation, « donc on n'est pas toujours dans un sens d'une aggravation du risque ». **En ce qui concerne les Alpes, il est difficile de se prononcer à l'heure actuelle, notamment en raison des difficultés rencontrées pour surmonter les problèmes d'échelles spatiales et temporelles déjà évoqués.**

## Discussion

F. Gillet : « En ce qui concerne le régime océanique, de nombreuses études suggèrent une légère aggravation des pluies en hiver et à l'inverse des sécheresses beaucoup plus marquées en été. Ce résultat peut-il être considéré comme fiable ? ».

M. Lang : « Il faut déjà vérifier l'aptitude des modèles climatiques à reconstituer correctement le climat présent, or il reste beaucoup de travail à faire sur ce point. Dans l'état actuel des modélisations, on fait des corrections de biais pour corriger les erreurs des modèles du climat présent, puis on suppose que l'on peut répercuter ces corrections sur le climat futur, ce qui constitue une source supplémentaire d'incertitude ».

F. Gillet : « Par contre, dans des climats plutôt méditerranéens, l'augmentation de température risque d'induire une atmosphère plus active et des précipitations brutales plus marquées ».

M. Lang : « Mais modulo le fait qu'aujourd'hui on a du mal à prévoir les phénomènes intenses à échelle fine et à savoir précisément où ils vont se produire. On se trouve un peu à la limite des modèles climatiques, et de leur résolution spatio-temporelle actuelle.

## Références

Allamano, P., Claps, P., Laio, F. Global warming increases flood risk in mountainous areas, *Geophysical Research Letters*, 2009, Vol. 36, L24404, doi:10.1029/2009GL041395.

Dankers, R., Feyen, L. Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high resolution climate simulations, *Journal of Geophysical Research*, 2008, Vol. 113, D19105, doi :10.1029/2007JD009719.