

photos [aqueduc.info](http://aqueduc.info)



La Lettre - n° 100

Septembre 2014

# L'eau, aujourd'hui, demain

Questionnements et recherches interdisciplinaires  
sur quelques-uns des enjeux actuels et futurs  
de la gestion et de l'usage des ressources en eau

---

Ce cahier spécial bénéficie de la  
collaboration de chercheurs de  
***l'Institut de géographie et durabilité***  
de l'Université de Lausanne et du  
***Département des géosciences*** de  
l'Université de Fribourg.

## **Anticiper le stress hydrique dans le futur : une simple affaire de climat ?**

*Emmanuel Reynard*

Université de Lausanne, Institut de géographie et durabilité

---

### **Anticiper le stress hydrique**

Un système de gestion de l'eau quel qu'il soit (un aménagement hydroélectrique, un système de distribution d'eau potable, un réseau d'irrigation, etc.) s'inscrit dans un contexte naturel (hydrologie, climat) et socio-économique particulier et bien défini. La compréhension de son fonctionnement nécessite ainsi de l'appréhender comme un système socio-hydrologique et d'analyser les différents éléments – hydrologiques, sociaux, techniques – qui le composent.

Les rapports publiés ces dernières années, tant au niveau international (GIEC, Agence européenne de l'environnement) que national (publications de ProClim ou de l'OcCC en Suisse) montrent que les ressources en eau sont l'une des composantes naturelles les plus fortement impactées par les changements du climat : modifications des régimes hydrologiques, fonte des neiges et des glaces, intensification des phénomènes extrêmes (sécheresses, crues), hausse des températures de l'eau, dégradation des écosystèmes par intrusion saline ou baisse des niveaux d'eau, etc. Ces impacts potentiellement dommageables sont autant de transformations du fonctionnement des hydrosystèmes qui pourraient avoir des répercussions sur la gestion de l'eau dans le futur. C'est notamment le cas lorsque ces impacts réduisent la disponibilité des ressources en eau nécessaires à la satisfaction des demandes en eau, ce qui est le cas pour de nombreuses régions du monde.

Du point de vue des demandes, la pression démographique, l'intensification de l'agriculture, l'urbanisation et l'industrialisation sont toutes considérées comme des facteurs tendant à péjorer la situation. La tendance est à l'augmentation de la pression sur les ressources en eau, tant du point de vue quantitatif (augmentation des prélèvements) que qualitatif (pollution), du fait de la croissance démographique, de l'expansion des surfaces irriguées et de la pollution des eaux par les rejets domestiques et industriels. A cela s'ajoutent, pour certains secteurs, les impacts directs du changement climatique (par ex. l'augmentation de l'évapotranspiration modifie les besoins en eau d'irrigation, la modification des régimes hydrologiques devrait influencer la production hydroélectrique, etc.). Dès lors, la sécurité hydrique, c'est-à-dire la garantie d'accès à une ressource en eau suffisante et de bonne qualité pour satisfaire tous les besoins des différents usagers sans contrevenir aux impératifs écologiques, tend à se dégrader. Se posent, dans ce contexte, les questions de l'accès futur à la ressource et de l'adéquation entre ressources et demandes en eau.

Dans ce cadre, il est clair et communément admis que les changements climatiques jouent et joueront un rôle central, tant sur la disponibilité des ressources que sur les demandes en eau. Néanmoins, l'importance des facteurs socio-économiques ne doit pas être pour autant négligée. A titre d'exemple, le déplacement d'une part de la production industrielle européenne en direction de l'Asie, de la Chine en particulier, provoque une réduction de la

demande en eau industrielle sur le continent européen et une forte augmentation de la pression sur les ressources en eau en Asie. En d'autres termes, l'empreinte hydrique industrielle se déplace d'un continent à l'autre. Ainsi, une anticipation de ce que pourrait être l'économie dans plusieurs décennies s'avère autant nécessaire que la modélisation du climat futur, afin de prévenir les éventuelles situations de stress hydrique.

Dans cette perspective, plusieurs recherches menées ces dernières années ont tenté d'appréhender les stratégies de gestion durable des ressources en eau en tenant compte des facteurs socio-économiques en vertu du principe de la garantie des besoins des générations futures, et ainsi d'analyser ce que pourrait être le visage de la sécurité hydrique dans le futur. Ces recherches permettent de montrer que les facteurs socio-économiques sont parfois prédominants pour expliquer les situations de stress hydrique à venir : c'est le cas notamment d'une étude conduite récemment dans la région de Crans-Montana-Sierre.

### L'exemple de la région de Crans-Montana-Sierre

Il y a stress hydrique lorsque la ressource (l'offre en eau, tant en qualité qu'en quantité) ne permet pas de satisfaire toutes les demandes. Afin de mesurer le stress hydrique et d'anticiper son évolution, il convient donc de quantifier autant l'offre que les demandes (*voir également, dans ce dossier, l'article d'Arnaud Buchs et Marianne Milano sur la pénurie hydrique*).

À l'échelle globale, on a tendance à simplifier la multiplicité des demandes en les ramenant à une seule variable : la population ou les prélèvements totaux actuels et à venir. Il s'agit bien sûr d'estimations grossières qui se justifient néanmoins à l'échelle globale pour identifier les régions les plus vulnérables au stress hydrique.

À l'échelle régionale (ou sous-continentale : l'Europe, le bassin méditerranéen, les Alpes), plusieurs recherches ont tenté de modéliser les demandes potentielles futures par grands types d'usagers (en particulier pour l'irrigation et le secteur domestique ; voir par ex. Milano *et al.*, 2013) en s'appuyant toujours sur ces indices globaux.

À l'échelle locale ou de petits bassins versants régionaux, peu de travaux ont jusqu'ici tenté d'évaluer l'évolution des demandes. En cela, le projet entrepris dans la région de Crans-Montana-Sierre, par les universités de Berne, Fribourg et Lausanne dans le cadre du projet *MontanAqua* du Programme national de recherche 61 *Gestion durable de l'eau* apparaît comme étant tout à fait original (Weingartner et Reynard, 2010 ; Reynard *et al.*, 2013, 2014). Couvrant une surface d'environ 130 km<sup>2</sup>, la zone d'étude comprenait 11 communes situées dans la région la plus sèche de Suisse et présentant des profils socio-économiques variés allant de la petite ville (Sierre) à la station touristique de montagne (Crans-Montana), en passant par les communes résidentielles et viticoles du coteau.



*Les lacs – ici celui de la Moubra - font le charme de la station de Crans-Montana. Ils servent surtout à stocker de l'eau pour l'irrigation et parfois pour l'approvisionnement en eau potable (photo : E. Reynard)*

L'étude a analysé en profondeur les systèmes actuels de gestion de l'eau à l'échelle régionale ainsi que les impacts des changements climatiques et socio-économiques sur la gestion de l'eau d'ici 2050. Les chercheurs ont également évalué la durabilité de la gestion de l'eau, dans sa forme actuelle et selon différents scénarios d'évolution dans le futur (Schneider *et al.*, 2014).

L'évolution de la ressource a été appréhendée d'une part en installant un réseau dense de stations climatologiques et hydrologiques, afin d'affiner les gradients de précipitations connus pour la région. Cette analyse a été complétée par des mesures radar sur le glacier de la Plaine Morte, qui ont permis d'évaluer son volume à environ 0.82 km<sup>3</sup> en 2011 (Huss *et al.*, 2013), et par des traçages hydrogéologiques pour mieux comprendre les circulations souterraines d'eau. D'autre part, une modélisation de la ressource future a été établie, sur la base de scénarios climatiques régionaux futurs

pour la Suisse (CH2011, 2011) et de modèles glaciologiques et hydrologiques. Ces différents travaux ont montré qu'au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle, la ressource totale disponible annuellement dans la région devrait se maintenir par rapport à l'actuelle grâce à la contribution du glacier de la Plaine Morte. En effet, jusque vers 2060, ce glacier devrait fortement contribuer aux écoulements. Cette situation pourrait néanmoins être amenée à changer au-delà de cette période en raison d'un volume de glace à fondre plus réduit (Huss *et al.*, 2013). Ce tableau ne doit cependant pas occulter des situations qui pourront être beaucoup plus critiques à l'occasion d'années sèches (comme en 2003 et 2011 par exemple) et également en deuxième partie d'été avec une ressource en eau devenue temporairement indisponible. Enfin, il existe des disparités géographiques fortes. En effet, les ressources en eau des communes situées sur le coteau sont déjà beaucoup plus limitées que celles des communes de montagne, une situation qui devrait encore s'accroître.



Station de mesures climatologiques installée sur les prairies de Chermignon par le projet MontanAqua (photo : E. Reynard).

L'évaluation des demandes en eau futures a été relativement ardue (Bonriposi, 2013). En effet, il est difficile de s'imaginer ce que pourrait être la situation socio-économique dans la région dans 40 ans. Il suffit pour cela de jeter un regard en arrière pour observer comment la région a évolué depuis la fin des années 1960 : explosion du tourisme hivernal et des constructions dans la station, réduction drastique de l'élevage, développement marqué de l'exploitation viticole dans les années 1970 et 1980 avant une régression depuis le début des années 2000, périurbanisation importante dans toutes les communes, etc. Pour appréhender cette incertitude, plusieurs scénarios ont été établis et discutés avec un groupe d'accompagnement formé d'acteurs locaux (politiques, associatifs, professionnels, usagers).

Quatre scénarios ont ainsi été testés :

- i. un scénario d'expansion, « *business-as-usual* », qui prévoit un développement futur selon la tendance actuelle ;
- ii. un scénario de stabilisation, qui prévoit une stabilisation démographique, une densification du bâti, une évolution du tourisme (rééquilibrage entre les saisons) et une amélioration de la gestion technique de l'eau (notamment la séparation des réseaux d'irrigation et d'eau domestique) ;
- iii. un scénario de modération, qui prévoit des changements drastiques au niveau territorial notamment l'abandon du tourisme hivernal basé sur l'enneigement artificiel et le développement du tourisme doux, la diminution de la population, le développement d'une agriculture extensive ainsi qu'un fort développement de l'irrigation au goutte-à-goutte ;
- iv. un scénario intermédiaire élaboré par les acteurs locaux, qui combine des éléments des scénarios 2 et 3. Pour chacun de ces scénarios, des cartes virtuelles d'occupation du sol à l'horizon 2050 ont été établies et un calcul de l'évolution des différentes demandes en eau (eau domestique, irrigation, enneigement artificiel, etc.) a été réalisé (Bonriposi, 2013).

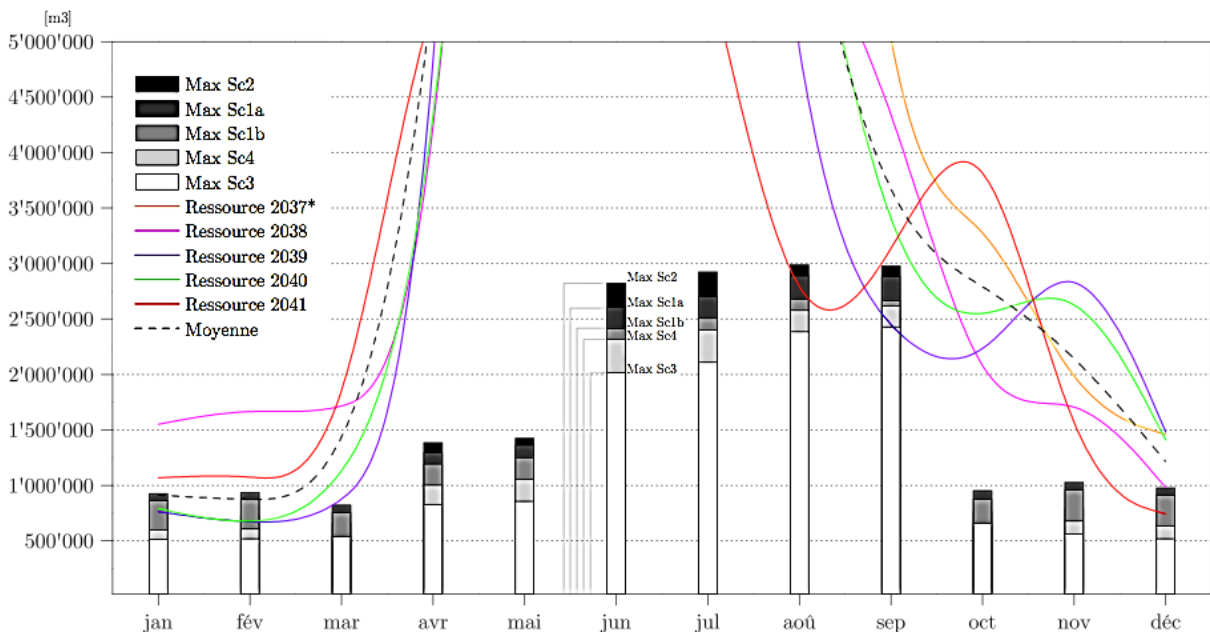
Ainsi, la demande en eau pour l'enneigement artificiel explose dans le scénario 1 car ce dernier prévoit l'enneigement de tout le domaine skiable ; elle se réduit à 0 dans le scénario 3, qui prévoit l'abandon total de cette pratique. Pour la demande en eau domestique, ont été pris en compte l'augmentation potentielle de la population, mais également l'évolution du bâti (densification des zones à bâtir) et de ses effets en termes de demande en eau (l'habitat individuel dispersé nécessite beaucoup d'eau pour l'arrosage des jardins et pelouses). Pour l'irrigation ont été considérés autant les changements climatiques (par ex. une élévation de l'altitude supérieure de la vigne en raison du réchauffement du climat) que l'évolution des pratiques (développement de la micro-irrigation dans les scénarios 2 et 3).

**Tableau 1. Demandes actuelles en eau et variations futures selon différents scénarios**

	Eau potable	Irrigation	Irrigation des golfs	Enneigement artificiel	Total arrondi (entre parenthèses : besoins maximaux)	Hydroélectricité
<b>2010</b> Année normale	7.7	2.4	0.08	0.3	10.5	67.5
<b>2011</b> Année sèche	8.2	4.8	0.09	0.45	13.6	61.2
<b>Demande future</b> Scénario 1a	+33.5%	-18.7%	+7.8%	+77%	+24% (+59%)	?
<b>Demande future</b> Scénario 1b	+23.1%	-24.8%	+7.8%	+77%	+24% (+48%)	?
<b>Demande future</b> Scénario 2	+7.6%	+32.6%	+14.5%	-19%	+19% (+60%)	?
<b>Demande future</b> Scénario 3	-9.6/-16.8%	-34%	+6.8%	-100%	-13% (+18%)	?
<b>Demande future</b> Scénario 4 (Acteurs locaux)	+7.6%	-0.2%	+5.8%	-19%	-3% (+49%)	?

Demandes actuelles en eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (valeurs arrondies, en millions de m<sup>3</sup>) et variations dans le futur (en % par rapport à une année normale) selon différents scénarios (selon Reynard *et al.*, 2013). La différence entre les scénarios 1a et 1b est liée à l’augmentation démographique, plus élevée pour le scénario 1a.

**Figure 1. Estimation des ressources et des besoins futurs (sans l’hydroélectricité)**



Estimation des ressources et des besoins futurs (sans l’hydroélectricité). Les eaux utilisables respectent les débits résiduels minimaux selon la Loi fédérale sur la protection des eaux. Tiré de Reynard *et al.* (2013).



Les résultats, représentés dans la page précédente (tableau 1. et figure 1.), montrent que dans la région de Crans-Montana-Sierre, les changements socio-économiques régionaux influenceront fortement la demande en eau future et de ce fait joueront un rôle plus important que les modifications climatiques en termes de stress hydrique. Ainsi, il apparaît clairement que tant en hiver qu'en seconde partie d'été (août-septembre), les scénarios 1 et 2, qui induisent un développement territorial plus gourmand en eau que les scénarios 3 et 4, portent en eux un potentiel de stress hydrique important. A partir de ce constat, nous avons pu communiquer un message positif aux acteurs locaux : le changement climatique est certes une contrainte supplémentaire dans la gestion du territoire, en particulier des ressources en eau, mais il ne s'agit pas d'une fatalité sur laquelle les acteurs locaux n'ont aucune prise ; au contraire, l'anticipation du stress hydrique passe par une réflexion profonde sur le modèle de développement socio-économique à privilégier. Une réflexion qui reste toutefois encore à mener et qui est entre les mains des politiques... mais aussi des citoyens !

### Remerciements

Le projet MontanAqua, dirigé par le Prof. Rolf Weingartner (Université de Berne), a été réalisé dans le cadre du Programme national de recherche 61 sur la gestion durable de l'eau ([www.pnr61.ch](http://www.pnr61.ch)) et a bénéficié du soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS, subside 406140-125964). Les réflexions présentées dans cet article ont bénéficié des travaux communs des chercheurs des universités de Berne, Fribourg et Lausanne impliqués dans le projet. La version initiale de cet article a par ailleurs bénéficié des remarques et propositions très pertinentes de Marianne Milano et Arnaud Buchs, chercheurs post-doctoraux à l'IGD. Qu'ils en soient remerciés.

### Références

- Bonriposi, M. (2013). *Analyse systémique et prospective des usages de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Suisse)*. Thèse de doctorat en géographie, Université de Lausanne, Disponible sur [www.unil.ch/igul/page83721.html](http://www.unil.ch/igul/page83721.html) (accès le 17 juin 2014).
- CH2011, (2011). *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*. C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, OcCC, Zurich.
- Huss, M., Voinesco, A., et Hoelzle, M. (2013). Implications of climate change on Glacier de la Plaine Morte, Switzerland. *Geogr. Helv.*, 68, 227-237.
- Milano, M., Ruelland, D., Fernandez, S., Dezetter, A., Fabre, J., Servat, E., Fritsch, J.-M., Ardoin-Bardin, S., et Thivet, G. (2013) Current state of Mediterranean water resources and future trends under climatic and anthropogenic changes. *Hydrol. Sc. J.*, 58(3), 498-518.
- Reynard, E., Bonriposi, M., Graefe, O., Herweg, K., Homewood, C., Huss, M., Kauzlaric, M., Liniger, H., Rey, E., Rist, S., Schädler, B., Schneider, F., et Weingartner, R. (2013). *MontanAqua. Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais). Résultats finaux et recommandations*. Lausanne, Universités de Berne, Lausanne et Fribourg. Disponible sur : <http://p3.snf.ch/project-125964> (accès le 17 juin 2014).
- Reynard, E., Bonriposi, M., Graefe, O., Homewood, C., Huss, M., Kauzlaric, M., Liniger, H., Rey, E., Rist, S., Schädler, B., Schneider, F., et Weingartner, R. (2014). Interdisciplinary assessment of complex regional water systems and their future evolution: how socioeconomic drivers can matter more than climate. *WIRES Water*, 1, 413-426. DOI: 10.1002/wat2.1032
- Schneider, F., Bonriposi, M., Graefe, O., Herweg, K., Homewood, C., Huss, M., Kauzlaric, M., Liniger, H., Rey, E., Reynard, E., Rist, S., Schädler, B., et Weingartner, R. (2014). Assessing the sustainability of water governance systems: the sustainability wheel. *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2014.938804
- Weingartner, R., et Reynard, E. (2010). Pénurie d'eau en région intra-alpine. Projet d'étude pour une utilisation durable de l'eau en Valais, dans la région de Crans-Montana. *Météo Magazine*, 6, 60-61.