



## Evolution des débits des cours d'eau et perspective dans le cadre du changement climatique

### Résumé

Les modifications des conditions de précipitation et d'évapotranspiration avec le changement climatique ont des impacts visibles sur les débits des rivières de montagne. Comment ce sont traduits ces modifications et quelles perspectives pouvons-nous envisager ?

Le Chéran dans les Bauges et l'Isère à Val d'Isère sont deux rivières dont les débits sont peu ou pas influencés par les aménagements anthropiques. Il est alors possible de comparer l'évolution de ces débits avec l'évolution des paramètres climatiques observés depuis 1960 : sur le long terme, une grande partie de la variabilité des débits annuels s'explique par la variation de la pluviométrie et des températures, que l'on peut synthétiser avec le bilan hydrique (précipitation moins évapotranspiration).

On assiste donc à une baisse des débits en relation avec la baisse des précipitations depuis 10 ans et la montée des températures depuis 30 ans. Cette baisse peut atteindre sur la dernière décennie 35% pour certains mois, principalement en fin de printemps et début d'été.

On observe ainsi un décalage du débit mensuel maximal du mois d'avril au mois de mars pour le Chéran, et du mois de juillet aux mois de juin et mai pour l'Isère. S'il est difficile de tisser une relation entre ce phénomène et la fonte plus précoce de la neige dans les Bauges, cela reste manifeste pour l'Isère à Val d'Isère qui est alimenté à cette époque par la fonte de la glace et de la neige.

En conclusion, nous observons déjà les impacts du changement climatique sur les débits mais cela bien en avance par rapport aux prédictions des modèles hydrologiques sur les rivières de montagne : cette dernière décennie offre donc une fenêtre de lecture pertinente pour le futur. Les conséquences actuelles sur l'alimentation des lacs en plaine ou des sources en montagne peuvent ainsi être extrapolées pour le moyen et long terme si l'on suit les tendances fournies par les modèles climatiques.



## Sélection des indicateurs

En premier lieu, il a fallu déterminer quelles rivières en Savoie et Haute-Savoie bénéficient de séries de mesures de débits suffisamment longues, sans lacune et régulièrement mises à jour, avec un régime peu ou pas influencé par les aménagements anthropiques. Ce travail de sélection a pu être réalisé grâce au portail de la banque Hydro. (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>). L'Observatoire dispose d'un accès spécifique qui permet de télécharger l'ensemble des données.

Nous avons ainsi sélectionné 6 rivières dont les mesures de débits sont exploitables pour notre problématique. Toutefois, la longueur des séries n'est pas uniforme, et les données antérieures aux années 90 sont parfois soumises à caution par les producteurs (DREAL et EDF).

### Savoie :

La Leysse à la Motte Servolex (Pont du Tremblay).  
Le Sierroz à Aix-les-Bains  
L'Isère à Val d'Isère (EDF)

### Avant-pays savoyard (Isère)

Le Guiers Mort à St Laurent du Pont  
Le Guiers Vif à St Christophe sur Guiers

### Haute-Savoie :

Le Chéran à Allèves (la Charniaz)  
L'Eau morte à Doussard

Nous ne disposons que d'une seule série de mesure en haute-montagne (l'Isère à Val d'Isère), une dans le massif préalpin des Bauges (le Chéran), les lieux de mesure des autres séries se situant en aval des massifs (et proche des déversoirs naturels dans le lac du Bourget pour la Leysse et le Sierroz, et dans le lac d'Annecy pour l'Eau Morte).

L'analyse des données montre une assez bonne correspondance dans les différents signaux. Les années pluvieuses ou sèches se retrouvent très bien dans toutes les séries, et les tendances sont fortement calées sur celles des cumuls de précipitations et donc des bilans hydriques (le bilan hydrique est la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration). Il existe aussi très peu de différences dans les tendances entre les débits moyens annuels et minimaux.

En fonction de ces constats et des contraintes, nous avons choisi de retenir la station de mesure du **Chéran** dans les bauges, qui dispose d'une série qui commence en 1960, ainsi que la station de **l'Isère** à Val d'Isère, seule station de haute-montagne sans impact anthropique et disposant d'une très longue série de mesure. Les autres séries ne sont valides que depuis le milieu des années 90.

Ces deux rivières nous serviront donc d'indicateurs.



## Comment les modifications des températures et de la pluviométrie se sont-elles traduites sur les débits des rivières ?

Sur les figures page suivante, on constate que la tendance des débits annuels est fortement calée sur celle du bilan hydrique, elle-même déterminée par celle des précipitations sur le long terme. En ajoutant la forte montée des températures depuis 1985 et donc de l'évapotranspiration, on peut alors expliquer une grande partie de la variabilité et de la tendance des débits du Chéran, et a fortiori celles des autres rivières sélectionnées.

*L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. La température de l'air joue un rôle important dans son calcul.*

### Légendes des figures page suivante :

*Nb : le choix de Bourg-Saint-Maurice comme station de mesure météo (alors que le Chéran se trouve dans les Bauges) est justifié par le fait qu'il n'existe qu'une très faible différence dans les données avec la station de Voglans (surtout sur des valeurs annuelles) et que cette série remonte à 1960, contre 1974 pour Voglans*

**Fig.1 : Cumuls annuels de précipitations à Bourg-Saint-Maurice, de 1960 à 2011, en année hydrologique (octobre/septembre). Météo-France, C. Chaix**

**Fig.2 : Moyennes annuelles des ETP à Bourg-Saint-Maurice de 1960 à 2011, en année hydrologique (octobre/septembre). Météo-France, C. Chaix**  
(ETP : évapotranspiration)

**Fig.3 : Cumuls annuels des bilans hydriques à Bourg-Saint-Maurice de 1960 à 2011, en année hydrologique (octobre/septembre). Météo-France, C. Chaix**  
(Bilan hydrique : précipitation moins évapotranspiration)

**Fig.4 : Moyennes annuelles des débits du Chéran, mesurées à Allèves (massif des Bauges), de 1960 à 2011, en année hydrologique (octobre/septembre). DREAL, C. Chaix**

Courbe rouge pour l'ensemble des graphiques : moyenne mobile sur 10 années.

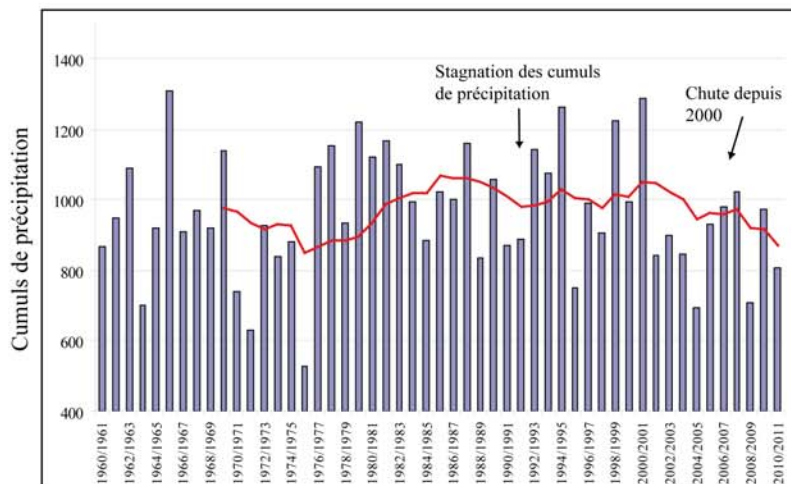


Fig.1

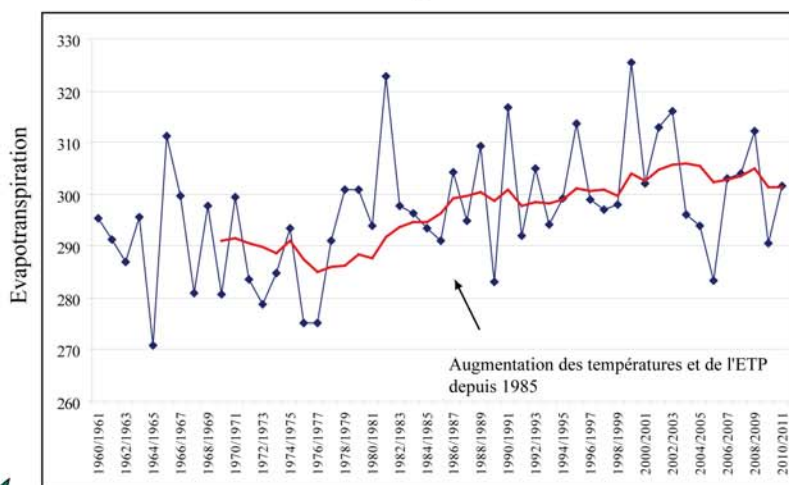


Fig.2

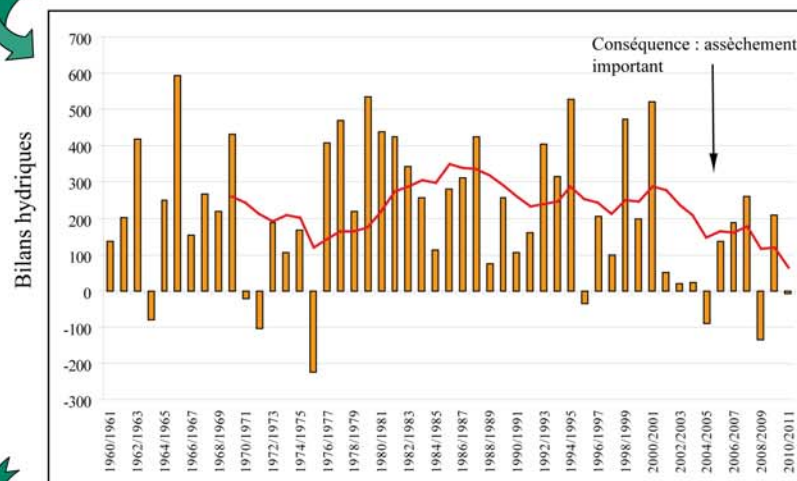


Fig.3

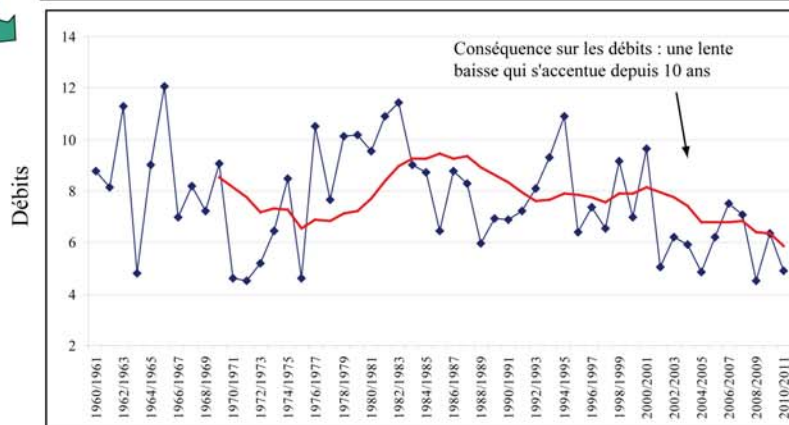
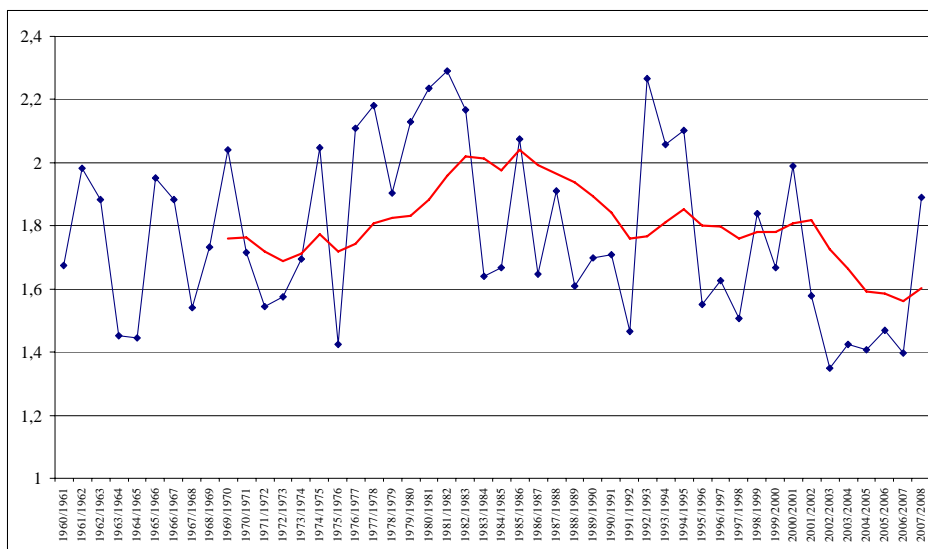


Fig.4



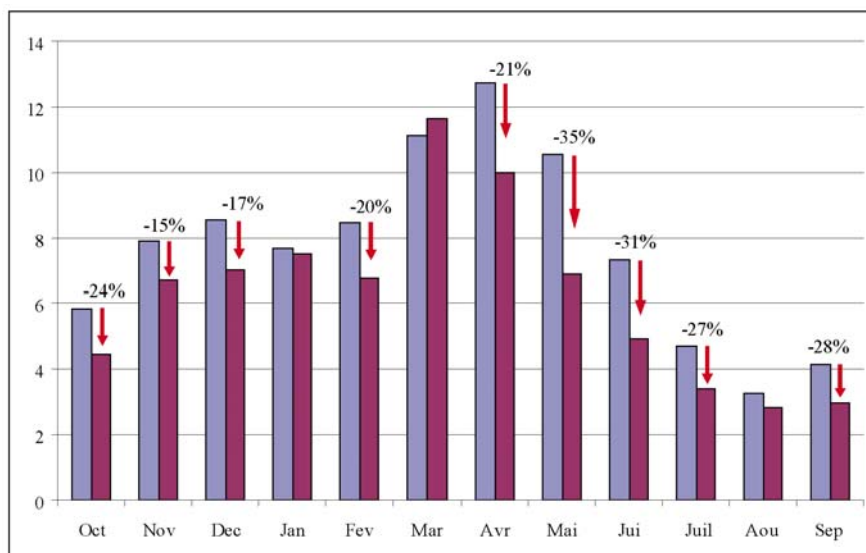
On retrouve aussi cette évolution sur les débits de l'Isère à Val d'Isère (fig.5).



**Fig.5 : Débits moyens annuels de l'Isère, mesurés à Val d'Isère, de 1960 à 2008, en année hydrologique (octobre/septembre) EDF, C. Chaix (Pas de données après 2008 pour l'instant).**

**Mais à quelles périodes de l'année se manifeste cette « érosion » des débits que l'on connaît et plus particulièrement depuis 10 ans ?**

### Tendances mensuelles des débits du Chéran



**Fig.6 : Evolution des débits mensuels du Chéran entre la moyenne de la période 1960/2011 (normale climatique) et la moyenne de la période 2000/2011.**

*DREAL, C. Chaix*

Barres bleues : débits moyens mensuels 1960/2011

Barres violettes : débits moyens mensuels 2000/2011

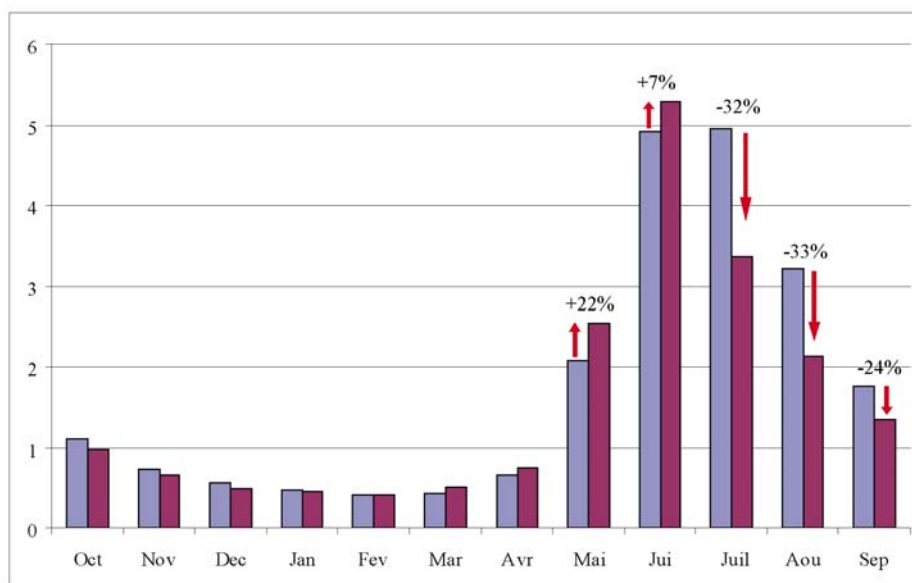


La baisse des débits mensuels du Chéran se situe surtout entre le printemps et l'été (de avril à juillet), et l'automne (de septembre à décembre). Les baisses les plus fortes sont comprises entre 20 et 35%.

Cette baisse est très probablement liée à **la baisse des quantités de précipitation** de ces dix dernières années (tous les mois en baisse, notamment sur le printemps et l'automne, mais mars et août en hausse). Concernant le printemps, on pourrait se poser la question de la fonte de la neige dans cette évolution particulière : on sait que les cumuls de neige sont de moins en moins importants et qu'il y a eu une forte montée des températures au printemps, ce qui aurait pu provoquer le décalage du débit moyen mensuel maximal (et donc du « pic de crue ») visible sur le graphique (d'avril à mars). Toutefois, nous devons rester prudents car il reste difficile de faire la part des choses dans cette évolution, surtout à la vue des fortes corrélations précipitations/débits.

### Tendances mensuelles des débits de l'Isère

Alors que le régime du Chéran peut être qualifié de nivo-pluvial, celui de l'Isère est typiquement glaciaire. Comme on le voit sur la figure 7, les étiages sont très prononcés en hiver mais on retrouve de forts débits à la fin du printemps et en été, lors de la fonte de la neige et de la glace.



**Fig.7 : Evolution des débits mensuels de l'Isère à Val d'Isère entre la moyenne de la période 1960/2008 et la moyenne de la période 2000/2008.**

*EDF, C.Chaix*

Sur les tendances mensuelles des débits depuis 1960, l'année est coupée en deux : en très forte baisse à partir de juillet jusqu'en septembre, continué jusqu'en février, et en augmentation à partir de mars et surtout en mai.

Le régime de l'Isère est très contraint pas le stockage de l'eau sous forme de neige. Les modifications mensuelles observées sur le graphique viennent ainsi principalement **d'une fonte beaucoup plus précoce de la neige** (mai, juin, au lieu de juillet, août) depuis une à deux décennies.



**En conclusion**, ces deux rivières, aux régimes différenciés, connaissent une tendance similaire à la baisse des débits annuels, en relation avec les modifications des paramètres climatiques.

On observe aussi un décalage d'un mois des débits maximaux (et donc des pics de crue) vers le début de l'année qui semble être causé par la fonte plus précoce de la neige.

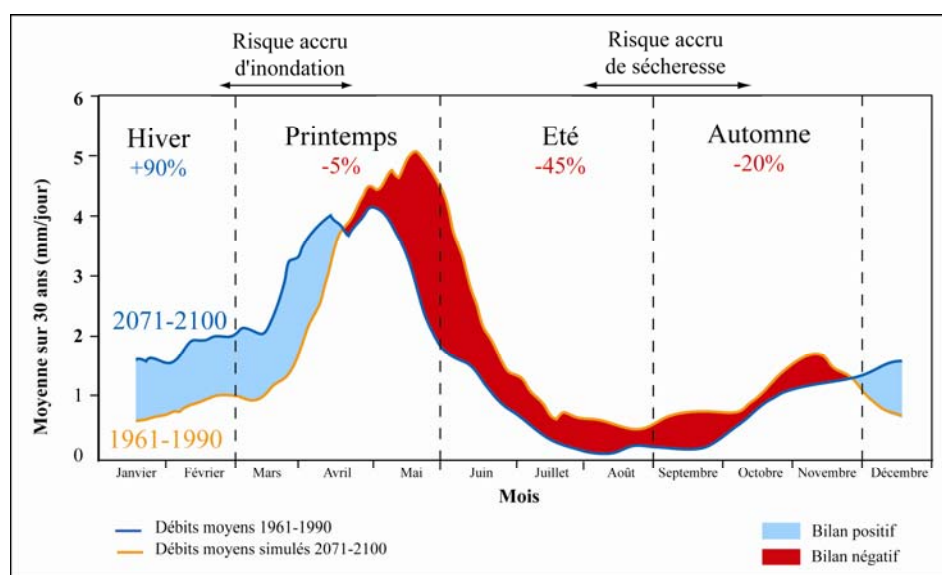
Tous les modèles concordent pour prédire une augmentation de cette fonte printanière dans l'avenir.

Il reste encore à comprendre quels pourraient être les impacts de ces changements. Nous savons par exemple que la baisse des débits du Sierroz et de la Leysse provoque un plus faible renouvellement des eaux du lac du Bourget (passé de 7 à 11 ans en 30 ans), impactant la biodiversité locale. Autre exemple, la situation météorologique de 2011 en montagne : les faibles cumuls de neige, la fonte très précoce du manteau neigeux et la sécheresse printanière ont entraîné la faible recharge d'un aquifère fissuré de montagne, situé à La Plagne. A son émergence de la source des Frasses, suivie par le Conseil Général, les débits enregistrés présentent des valeurs d'étiage record d'avril à novembre 2011. Cette situation, avec un important réchauffement, pourrait devenir de plus en plus récurrente, et sur des périodes de temps plus long. Les pratiques actuelles de consommation de l'eau en montagne pourrait en être affectées.

Nb : Il est aussi intéressant de faire le rapport entre nos observations et les projections du chercheur Martin Béniston qui propose un graphique sur les conséquences du changement climatique sur les rivières de montagne. Sur la figure 8, on observe un profil type de rivière de montagne, ainsi que le décalage du pic de crue et la diminution des débits estivaux et automnaux. La similitude avec notre constat est frappante, surtout quand on voit que ce sont des projections pour la fin du siècle !

L'augmentation des débits hivernaux, comme on peut l'observer sur le graphique, n'est pas d'actualité, mais bien prévue par les modèles sur le long terme.

(projet Scampeï, <http://www.cnrm.meteo.fr/scampeï/>).



**Fig.8 : Evolution des écoulements des eaux de surface dans les Alpes et projection.**  
D'après M. Béniston, Université de Fribourg (Livre blanc du climat en Savoie)