

Responsabilité écologique

Pour être exhaustive, l'étude des ressources en eau d'une région ne doit pas seulement porter sur les exigences de l'économie et de la société, mais aussi sur celles de l'environnement. Celles-ci comprennent l'état des écosystèmes ainsi que les aspects qualitatifs et quantitatifs des eaux souterraines et superficielles (Fig. 7).

Dans la région de Crans-Montana-Sierre, les **eaux souterraines** circulent principalement à travers les cavités de la roche calcaire et apparaissent à la surface par des sources karstiques (Fig. 8). En principe, ces dernières ne peuvent guère s'épuiser. Il en va de même pour les grands aquifères en roches meubles du fond de la vallée, qui sont constamment alimentés par les eaux d'infiltration du Rhône.

Malgré l'abondance des ressources hydriques, de nombreux petits torrents de la région (p. ex. la Liène) charrient peu d'eau. Ce niveau bas est dû au fait que les prélèvements destinés à la production hydroélectrique ne sont pas encore soumis aux **dispositions relatives aux débits résiduels**, fixées en 1991. Dans le bassin versant de la Liène, celles-ci ne seront pas mises en vigueur avant le renouvellement de la **concession hydraulique** en 2037. Leur application à l'**irrigation** agricole reste par ailleurs à clarifier.

La plupart des maisons de la région sont raccordées au réseau d'évacuation des eaux usées de la ville de Sierre. Comme l'agriculture est généralement peu intensive, la contamination des écosystèmes par des engrais ou des pesticides demeure limitée (Fig. 9). L'élevage de bétail peut toutefois poser problème et certains étangs sont envahis par les algues suite à un apport excessif de **nutriments** (eutrophisation). Les eaux des régions karstiques restent chargées en contaminants, car l'eau s'écoule trop rapidement à travers les cavités pour être bien filtrée. Dans les aquifères en roche solide poreuse ou en roche meuble, l'effet filtrant est meilleur.

- Répartir les coûts, les bénéfices et les risques de façon équitable et solidaire entre toutes les parties prenantes
- Prendre des décisions sur la répartition de l'eau de façon transparente, participative et juridiquement correcte
- Préserver l'importance des eaux pour la culture, la détente et les loisirs
- Couvrir les besoins élémentaires en eau potable et en évacuation des eaux usées

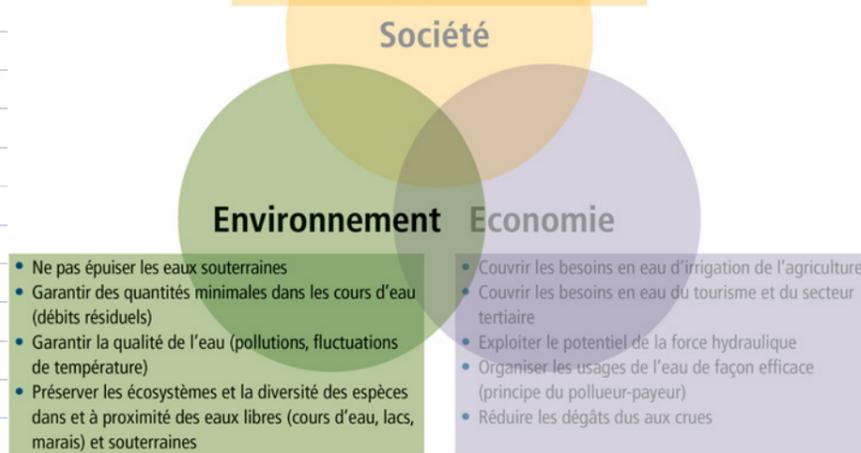


Fig. 7: Critères pour une gestion durable de l'eau (d'après Schneider F. et al., 2014; Weingartner R. et al., 2014; Schmid F. et al., 2014)



Fig. 8: La source karstique de Loquesse (photo: Tom Reist)

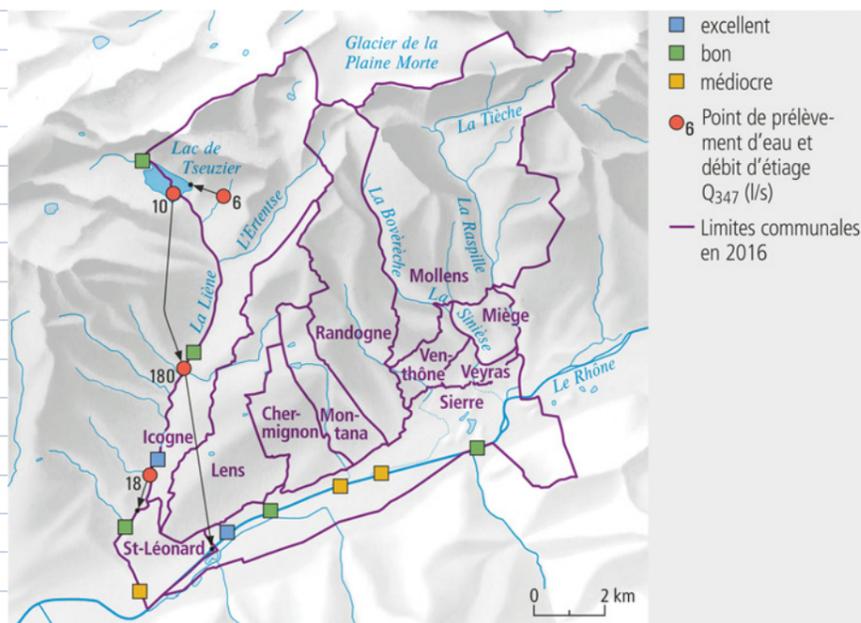


Fig. 9: Indice biologique et débits d'étiage Q₃₄₇ (d'après Bonripoli M., 2014; planche HADES 5.10)

Ressources en eau

Véritable barrière naturelle, les Alpes forcent les masses d'air humide à prendre de la hauteur et enregistrent de ce fait des précipitations annuelles abondantes. Les montagnes et l'altitude influencent ainsi les **ressources en eau**. Celles-ci sont la part des précipitations qui ne s'évapore pas, mais qui s'écoule dans les ruisseaux et les rivières, et qui est stockée sous forme de lacs, de nappes souterraines ou de glaciers. Ces réservoirs restent relativement stables sur plusieurs années, contrairement à la neige, qui fond (presque) chaque année.

Dans la région de Crans-Montana-Sierre (VS), les ressources en eau sont tributaires de la haute altitude (Fig. 1 et 2). Alors que les **précipitations annuelles** restent inférieures à 600 mm dans la vallée du Rhône, elles atteignent 2500 mm en montagne. En raison de la fonte des neiges et des glaciers en été, les cours d'eau de la région subissent des variations saisonnières et présentent un **régime nivo-glaciaire** (Fig. 3).

Depuis 1850 (ère préindustrielle), la Suisse s'est réchauffée de 1.8°C. Les **changements climatiques** affectent non seulement la température de l'air, mais aussi le volume et l'intensité des précipitations, ce qui se répercute sur les débits et les ressources en eau.

Selon les scénarios, les températures s'élèveront d'environ 3°C au nord des Alpes d'ici à 2085 si l'évolution actuelle se poursuit dans le monde. Le volume annuel des précipitations ne changera pas, mais diminuera d'un cinquième en été et s'accroîtra d'autant pendant les autres saisons. Vu que la limite des chutes de neige s'élèvera de 400–500 m durant la même période, une part plus importante des précipitations s'écoulera directement, sans être stockée sous forme de neige ou de glace.



Fig. 1: La région de Crans-Montana-Sierre s'étend sur quelque 100 km², de la vallée du Rhône à 520 m d'altitude aux montagnes culminant à près de 3000 m. (photo: Emmanuel Rey)

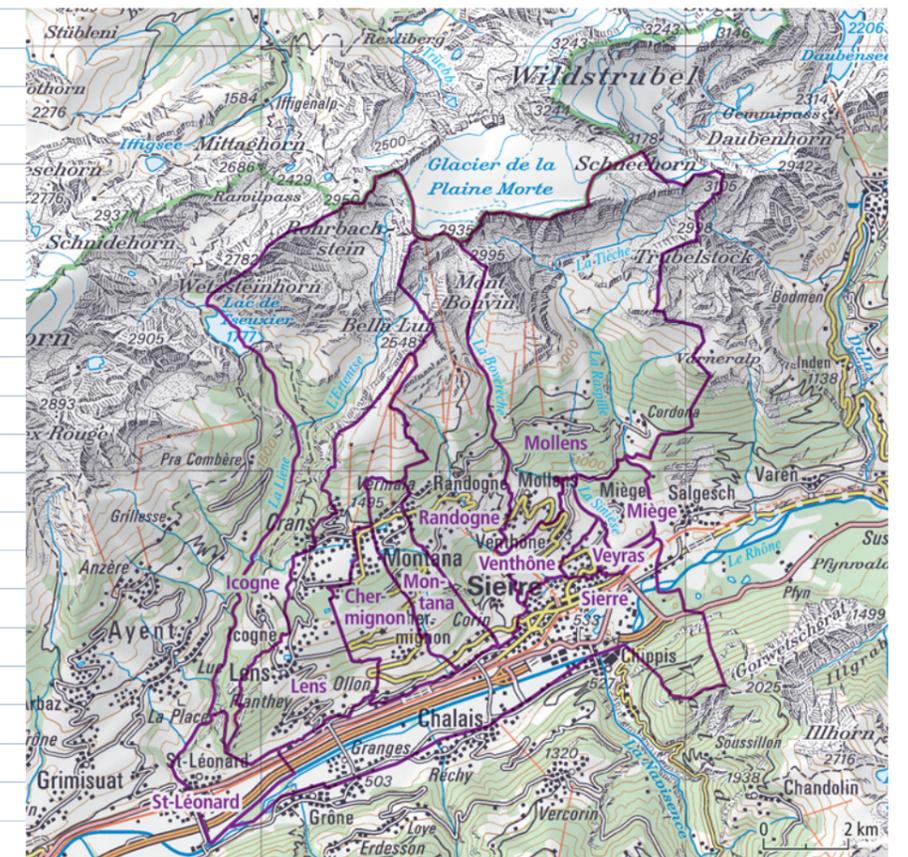


Fig. 2: Les communes de la région de Crans-Montana-Sierre (VS) en 2016

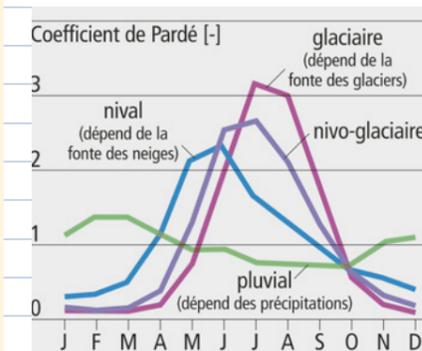


Fig. 3: Les principaux types de régimes et le régime nivo-glaciaire (coefficient de Pardé = débit mensuel moyen / débit annuel moyen)

Ressources en eau à Crans-Montana-Sierre

La quantité d'eau dont dispose une région chaque année dépend de divers facteurs tels que les conditions climatiques (p. ex. précipitations, température), les conditions hydrologiques (p. ex. fonte des neiges, régime d'écoulement), les conditions glaciologiques (p. ex. retrait ou progression des glaciers) et les conditions hydrogéologiques (p. ex. eaux souterraines, sources). La répartition saisonnière des ressources en eau est déterminée par les deux réservoirs que sont la neige et les glaciers, qui stockent temporairement les précipitations et modifient ainsi l'écoulement.

L'équipe du projet MontanAqua, mené dans le cadre du Programme national de recherche « Gestion durable de l'eau » (PNR 61), a analysé les ressources hydriques et leurs usages actuels et futurs dans la région de Crans-Montana-Sierre, en tenant compte des changements climatiques et socioéconomiques. Les résultats obtenus ont permis d'élaborer des stratégies de **gestion durable de l'eau** dans cette région plutôt sèche située au cœur des Alpes. Les conclusions de l'étude relatives aux ressources en eau sont exposées dans ce qui suit.

Conditions hydroclimatiques

S'étendant sur près de 100 km², la région de Crans-Montana-Sierre occupe le versant de la vallée du Rhône exposé au sud; l'un des endroits les plus secs de Suisse se situe au pied de ce versant (520 m). Cette **vallée intra-alpine** est bordée de montagnes qui forcent les masses d'air humide à prendre de l'altitude. Alors que sur les sommets les précipitations annuelles avoisinent 2500 mm du fait de l'**effet de barrage** et de la **convection**, les cumuls restent inférieurs à 600 mm dans la vallée du Rhône (Fig. 4). Pour l'essentiel, les **ressources en eau** de la région sont déterminées par les conditions régnant en haute montagne (régime nivo-glaciaire, Fig. 3).

Les **bassins versants** amont (Liène/Lienne, Vatsret, Ertentse, Boverèche et Tièche) fournissent en moyenne quelque 106 millions de mètres cubes d'eau par an (ce volume correspond à un cube de 475 m de côté). De grandes variations s'observent au cours de l'année: pendant la saison d'hiver froide (de novembre à mars), le débit des **sources** et des torrents de la région reste faible (Fig. 5), alors que l'écoulement est tributaire de la fonte des neiges au printemps (d'avril à juin) et de la fonte des glaciers en été (à partir de juillet). En septembre et en octobre, c'est l'eau de pluie qui l'emporte. Les débits augmentent ainsi pendant la saison des eaux de fonte jusqu'au mois de juin, avant de se remettre à diminuer. La répartition saisonnière de l'écoulement dépend donc de l'altitude et de l'étendue du manteau neigeux, de la fonte des glaciers ainsi que de l'évolution dans le temps des précipitations et de l'évaporation. Un printemps sec, combiné à une fine couche de neige, se traduira par des débits très faibles en été. A titre d'exemple, les valeurs mesurées en 2011 ont à peine atteint 80 % de la normale 2007–2012, suite à une période de sécheresse au printemps (Fig. 5).

Les calculs des modèles indiquent que d'ici à la fin du 21^e siècle, la hausse des températures hivernales et printanières déclenchera des débits de pointe saisonniers dès le mois de mai, et non en juin comme c'est le cas actuellement (Fig. 5). Cette évolution, accompagnée de la fonte totale du glacier de la Plaine Morte vers 2085, conduira à un **régime nival** (Fig. 3), caractérisé par une pointe d'eau de fonte plus précoce, suivie d'une période de sécheresse prolongée. La fonte accrue des glaciers entraînera toutefois une augmentation temporaire de l'écoulement annuel jusqu'en 2050. Suite à la disparition des glaciers dès 2085, la région pourrait voir son écoulement annuel diminuer d'environ 9 % par rapport à aujourd'hui (Tab. 1). La neige et la glace joueront un rôle moins important, au profit des précipitations. C'est pourquoi les débits varieront plus fortement d'une année à l'autre. Les périodes de sécheresse avec **étiage**, comme celles de

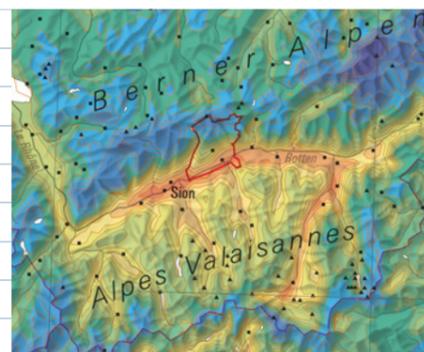


Fig. 4: Hauteurs moyennes annuelles des précipitations 1971–1990 (d'après planche HADES 2.6)

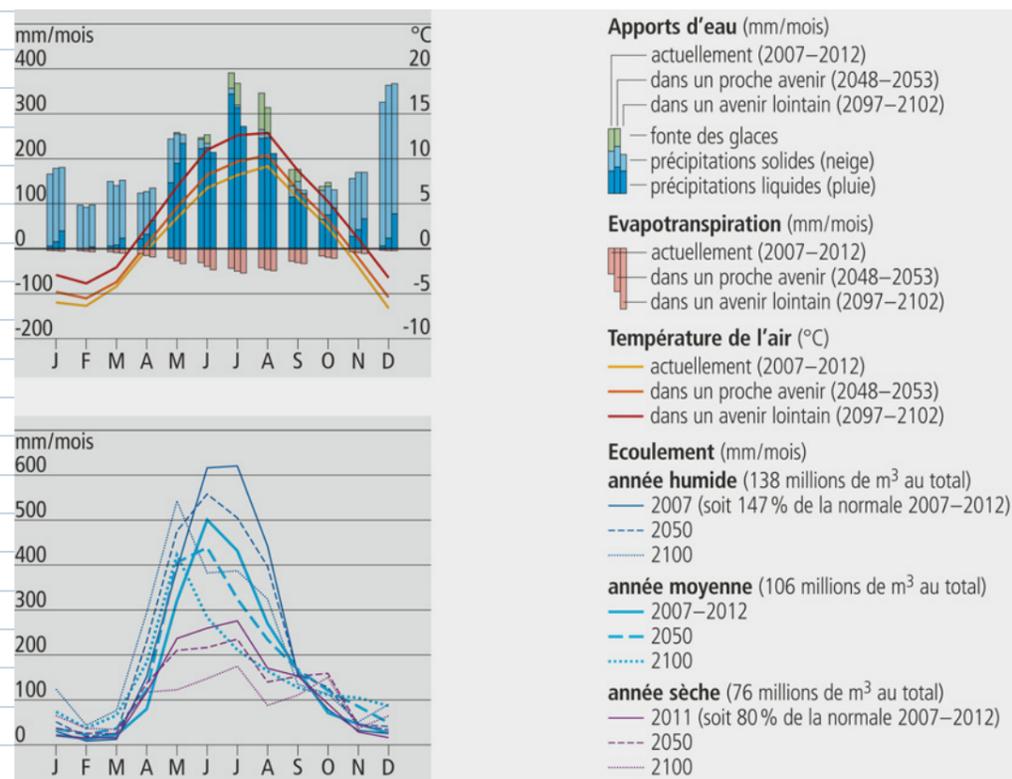


Fig. 5: Bilan hydrique des bassins versants amont de la région de Crans-Montana-Sierre (d'après Kauzlaric M., 2015)

	actuellement (2007–2012)	proche avenir (2048–2053)	avenir lointain (2097–2102)
Précipitations (Input I)	2280 mm	2306 mm (+1.2 %)	2203 mm (–3.4 %)
Fonte des glaciers (I)	166 mm	167 mm	0 mm
Écoulement (Output O)	2079 mm	2101 mm (+1.1 %)	1896 mm (–8.8 %)
Évaporation (O)	210 mm	253 mm	288 mm
Réservoirs (p. ex. neige)	157 mm	119 mm	19 mm

Tab. 1: Moyennes des variables du bilan hydrique (mm/an) dans les bassins versants amont de la région de Crans-Montana-Sierre (conversion en pourcentage par rapport à la situation actuelle) (données: Kauzlaric M., 2015)



Fig. 6: Étude du cheminement de l'eau sur le glacier de la Plaine Morte par des essais de marquage (photo: F. Schneider)

2003 ou 2011, se feront plus fréquentes. C'est surtout à la fin de l'été que l'écoulement s'amenuisera, en raison de la disparition des glaciers, de la précocité de la fonte des neiges et de la diminution des précipitations.

La hausse des températures provoquera une légère augmentation de l'**évaporation** sur les terres et les étendues d'eau ainsi que de la **transpiration** des plantes jusqu'en 2100 (Fig. 5 et Tab. 1). L'**évapotranspiration** (évaporation et transpiration) et l'**humidité du sol** jouent cependant un rôle limité dans le bilan hydrique des bassins versants situés en haute montagne, du fait des températures basses, de la couche de neige tenant plus longtemps, des sols peu profonds, des surfaces de rochers et de glace et de la végétation clairsemée à la période de croissance réduite.

Conditions glaciologiques et hydrogéologiques

Le glacier de la Plaine Morte constitue un important réservoir d'eau, dont le volume atteint presque un kilomètre cube (env. 0.8 km³). Son épaisseur moyenne est de 96 m, avec un maximum d'environ 235 m. Actuellement, ce glacier de taille moyenne s'amincit chaque année d'environ un mètre (une perte correspondant à un cube de 200 m de côté), voire de deux mètres lors des années chaudes et sèches, comme 2011. Vu que le bassin versant est relativement bien arrosé (env. 2200 mm de précipitations par an), cette région continuera de fournir des ressources en eau importantes même après la disparition du glacier en 2085.

Le glacier de la Plaine Morte se situe dans une **région karstique**, où la roche calcaire présente des formes d'altération caractéristiques résultant de l'action de l'eau rendue acide par le dioxyde de carbone (p. ex. vastes réseaux de cavités et champs de lapiés). Dans la région de Crans-Montana-Sierre, la relation entre la fonte des glaces et de la neige et le cheminement de l'eau est compliquée et varie d'une saison à l'autre. Des études hydrologiques à l'aide de traceurs fluorescents (es-

sais de marquage, Fig. 6) et des simulations ont toutefois permis de mettre en évidence les voies d'écoulement à travers le karst:

- au printemps et en automne, la majeure partie de l'eau de fonte du glacier s'infiltre dans le sous-sol karstique, où elle chemine à travers de nombreuses cavités pour atteindre principalement les **sources karstiques** situées plus au sud (p. ex. source de Loquesse) dans le bassin versant de la Liène, en Valais (Fig. 2);
- en été, la fonte des glaces s'intensifie et dépasse la capacité d'absorption du sous-sol karstique. Le niveau d'eau s'élève dans le glacier. Pendant cette période, l'eau s'écoule surtout en direction du nord, vers le Trübbach, dans le Simmental, en circulant rapidement à travers les conduits internes du glacier. En été, l'eau de fonte gagne donc majoritairement le canton de Berne;
- en hiver, l'eau de fonte est négligeable et les canaux d'écoulement sont pratiquement fermés.

Après 2050, le retrait marqué du glacier pourrait modifier le partage des écoulements en direction du nord et du sud. Le système d'écoulement dépend avant tout de la surface rocheuse, qui, aujourd'hui, est encore cachée sous le glacier. Ainsi, à l'avenir, la part des écoulements en surface et dans le calcaire sous-jacent sera influencée par la nouvelle topographie et par l'accumulation de matériel morainique fin, qui pourrait colmater le karst.

Après la disparition du glacier vers 2085, la circulation souterraine deviendra plus importante que l'écoulement superficiel dans les torrents. Une plus grande partie de l'eau gagnera donc le Valais, au sud. A la fin de l'été, les sources karstiques feront jaillir moins d'eau, voire tariront. Il importe donc de prévoir à temps les mesures qui permettront de garantir à l'avenir aussi l'approvisionnement en eau de la population et des différents secteurs économiques (tourisme, agriculture, production hydroélectrique, cf. fiche thématique « Distribution de l'eau »).



Fiche de travail : Ressources en eau

Dans l'ensemble, la Suisse ne manquera pas d'eau à l'avenir. Les changements climatiques entraîneront toutefois une multiplication des pénuries d'eau saisonnières dans certaines régions.

Focus

Quel sera l'impact des changements climatiques sur la disponibilité saisonnière des différentes ressources en eau dans la région de Crans-Montana-Sierre ?

Justifiez vos réponses à l'aide du matériel de la version imprimée et de l'e-book. Pour cela, inscrivez dans la partie gauche du tableau les différentes ressources en eau, leur disponibilité saisonnière et les modifications induites par les changements climatiques.

Ressources en eau naturelles dans la région de Crans-Montana-Sierre

Ressources en eau	Disponibilité saisonnière en eau dans la situation actuelle (justifiez votre réponse)	Modifications de la disponibilité saisonnière en eau induites par les changements climatiques (justifiez votre réponse)

Conséquences pour la disponibilité en eau aujourd'hui :

-
-
-

Conséquences pour la disponibilité en eau demain :

-
-
-

Savoir

Testez vos hypothèses sur les ressources en eau actuelles et futures dans la région de Crans-Montana-Sierre. Dans le tableau, confrontez vos hypothèses avec les conclusions scientifiques du Programme national de recherche « Gestion durable de l'eau » (PNR 61).

Transfert

Pour être exhaustive, l'étude des ressources en eau d'une région ne doit pas seulement porter sur les exigences de l'économie et de la société, mais aussi sur celles de l'environnement.

Comment se présente la situation des ressources en eau au niveau écologique dans la région de Crans-Montana-Sierre ?

A l'aide des informations figurant sous les points Savoir et Transfert, évaluez la durabilité des ressources en eau d'après les quatre critères environnementaux de la figure 7 pour l'espace étudié, à l'aide des catégories « très bien », « bien », « moyen », « faible » et « très faible ». Justifiez votre réponse.

Bibliographie

Björnsen Gurung A., Stähli M., 2014 : Ressources en eau de la Suisse : ressources disponibles et utilisation – aujourd’hui et demain. Synthèse thématique 1, dans le cadre du Programme national de recherche « Gestion durable de l’eau » (PNR 61), Berne.

Blanc P., Schädler B., 2013 : L’eau en Suisse – un aperçu. Commission suisse d’hydrologie, Berne.

Bonriposi M., 2014 : Analyse systématique et prospective des usages de l’eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Suisse). Géovisions 43, Lausanne.

Kauzlaric M., 2015 : A physically based hydrological framework to assess the effects of climate change in a data sparse alpine environment. Bern.

Schmid F. et al., 2014 : Wege zur nachhaltigen Wassergovernanz. In : « Aqua & Gas », Nr. 11, Zürich.

Schneider F. et al., 2014 : Assessing the sustainability of water governance systems : the sustainability wheel. In : Journal of Environmental Planning and Management, London.

Weingartner R. et al., 2014 : MontanAqua. Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l’eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais). Rapport de recherche du Programme national de recherche « Gestion durable de l’eau » (PNR 61), Berne.