

Annuaire hydrologique de la Suisse 2017

Débit, niveau et qualité des eaux suisses



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Annuaire hydrologique de la Suisse 2017

Débit, niveau et qualité des eaux suisses

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Rédaction

Division Hydrologie de l'OFEV

Météo: Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)

Neige: Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF)

Glaciers: Département des géosciences de l'Université de Fribourg et Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zurich

Qualité de l'eau: en collaboration avec l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau (Eawag)

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2018: Annuaire hydrologique de la Suisse 2017.

Débit, niveau et qualité des eaux suisses. Office fédéral de l'environnement, Berne.

État de l'environnement n° 1804: 44 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Graphisme, mise en page

Cavelti AG, medien. digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Situation d'étiage au lac de Joux, le port du Pont en octobre 2017

Photo: Gabriel Peier, OFEV

Source iconographique

Page 19: Matthias Huss, Département des géosciences de l'Université de Fribourg

Source des données

Les analyses hydrologiques sont basées sur les données provisoires de 2017.

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-1804-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

La langue originale est l'allemand.

Accès aux données et à de plus amples informations:

www.bafu.admin.ch/eaux

© OFEV 2018

Sommaire

Abstracts	7
Préface	9
Résumé	10
1 Les faits qui ont marqué 2017	11
2 Conditions météorologiques	17
3 Neige et glaciers	18
4 Eaux de surface	20
5 Eaux souterraines	38
Annexe	41

Abstracts

The Hydrological Yearbook of Switzerland is published by the Federal Office for the Environment (FOEN) and gives an overview of the hydrological situation in Switzerland. It shows the changes in water levels and discharge rates of lakes, rivers and groundwater and provides information on water temperatures and the physical and chemical properties of the principal rivers in Switzerland. Most of the data is derived from FOEN surveys.

Publié par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Annuaire hydrologique de la Suisse donne une vue d'ensemble des événements hydrologiques de l'année au niveau national. Il présente l'évolution des niveaux et des débits des lacs, des cours d'eau et des eaux souterraines. Des informations sur les températures de l'eau ainsi que sur les propriétés physiques et chimiques des principaux cours d'eau du pays y figurent également. La plupart des données proviennent des relevés de l'OFEV.

Das Hydrologische Jahrbuch der Schweiz wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) herausgegeben und liefert einen Überblick über das hydrologische Geschehen auf nationaler Ebene. Es zeigt die Entwicklung der Wasserstände und Abflussmengen von Seen, Fließgewässern und Grundwasser auf und enthält Angaben zu Wassertemperaturen sowie zu physikalischen und chemischen Eigenschaften der wichtigsten Fließgewässer der Schweiz. Die meisten Daten stammen aus Erhebungen des BAFU.

L'Annuario idrologico della Svizzera, edito dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), fornisce una visione d'insieme degli eventi idrologici in Svizzera. Illustra l'andamento dei livelli idrometrici e delle portate dei laghi, dei corsi d'acqua e delle acque sotterranee e contiene informazioni sulle temperature e sulle proprietà fisiche e chimiche dei principali corsi d'acqua in Svizzera. I dati in esso pubblicati provengono in gran parte da rilevazioni effettuate dall'UFAM.

Keywords:

hydrology, rivers, lakes, groundwater, water level, discharge, water temperature, water quality

Mots-clés :

hydrologie, cours d'eau, lacs, eaux souterraines, niveaux d'eau, débits, température de l'eau, qualité de l'eau

Stichwörter:

Hydrologie, Fließgewässer, Seen, Grundwasser, Wasserstand, Abfluss, Wassertemperatur, Wasserqualität

Parole chiave:

idrologia, corsi d'acqua, laghi, acque sotterranee, livelli delle acque, portate, temperatura dell'acqua, qualità dell'acqua

Préface

L'annuaire hydrologique que vous avez devant les yeux résume les principales caractéristiques du cycle de l'eau en Suisse durant l'année 2017, qui a été marquée par une longue période de basses eaux en début d'année. Ces dernières sont liées au manque de précipitations et peuvent se produire en été, souvent conjointement avec une vague de chaleur, mais également en hiver, où le froid accentue parfois le phénomène en retenant les faibles précipitations sous forme de neige, ce qui les empêche de contribuer immédiatement à l'écoulement.

Pour les hydrologues, les basses eaux posent de multiples défis. La mesure constitue le premier d'entre eux. Lorsque les profondeurs et les vitesses d'écoulement s'amenuisent, il devient difficile de les mesurer avec précision. Ces mesures moins fiables ont un impact négatif sur l'estimation de la sévérité des basses eaux, sur la comparaison entre les événements et sur l'extrapolation des événements les plus extrêmes. Le froid accentue ces imprécisions, car les eaux sont alors souvent gelées. Un autre défi est l'influence accrue des usages de l'eau sur les valeurs mesurées lors de basses eaux. En effet, les usages ont proportionnellement plus d'influence sur des débits déjà faibles de façon naturelle.

Un défi supplémentaire est la prévision des basses eaux, qui ne peut être utile que si elle s'étend sur de longs horizons temporels, c'est-à-dire sur plusieurs semaines. Les instruments actuels ne permettent pas encore de prévoir la situation hydrologique sur des horizons aussi lointains. L'établissement de scénarios plausibles pour l'évolution des basses eaux en raison des changements climatiques représente un dernier défi.

Cet annuaire constituera, je l'espère, un document qui vous sera utile. Il a été réalisé avec des données et des modélisations établies avec soin et il est basé sur des interprétations scientifiques rigoureuses. Merci à tous ceux qui y ont contribué! Je vous souhaite bonne lecture.

Olivier Overney
Chef de la division Hydrologie
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Résumé

Conditions météorologiques

La moyenne annuelle de la température s'est située 0,8 degré au-dessus de la normale, faisant de 2017 la sixième année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864. Au nord des Alpes, les précipitations annuelles ont souvent atteint 70 à 90 % des quantités habituelles. Les Alpes ont généralement reçu 90 à 115 % des précipitations annuelles normales, à l'exception des vallées méridionales du Valais, qui n'en ont enregistré que 60 à 80 %. Au sud des Alpes, de nombreux endroits ont essuyé 80 à 95 % de la normale.

Neige et glaciers

Sur l'ensemble de l'hiver, les hauteurs de neige ont été nettement inférieures à la moyenne dans toute la Suisse. L'enneigement a encore été plus faible dans le sud que dans le nord du pays. Après un hiver court et peu enneigé (l'un des plus brefs et des moins blancs depuis le début des mesures), les vagues de chaleur de juin et d'août ont mis les glaciers suisses à rude épreuve. Ceux-ci ont perdu environ 3 % de leur volume de glace entre octobre 2016 et septembre 2017.

Débits

En 2017, les moyennes annuelles des débits se sont situées en dessous des normales dans tous les bassins versants de grande taille. De longues phases d'étiage en début d'année, en été et en automne ont influencé les débits et ont parfois entraîné une forte baisse des niveaux d'eau dans les lacs et les cours d'eau. En janvier, de nombreuses stations du nord des Alpes ont relevé de nouveaux minima. Aucune grande crue n'est survenue pendant l'année.

Niveaux des lacs

Parmi les grands lacs de Suisse, le lac Majeur et le lac de Constance (lac Supérieur) sont une fois de plus ceux dont les moyennes annuelles s'écartent le plus des moyennes interannuelles. En 2017, cet écart a été de -29 cm à la station de Lago Maggiore – Locarno et de +15 cm à celle de Bodensee – Romanshorn. Les autres grands lacs ont enregistré des moyennes proches des valeurs de la période de référence 1981–2010, ou juste quelques

centimètres en dessous de celles-ci. Aucun des grands lacs n'a dépassé les seuils d'alerte.

Températures de l'eau

Après un début d'année très froid et des températures de l'eau très basses, le printemps et l'été 2017 ont été marqués par des températures de l'air très élevées. Ces dernières se sont répercutées sur la température des cours d'eau suisses, sous la forme d'une multiplication des dépassements des valeurs annuelles maximales par rapport à l'année précédente.

Isotopes stables de l'eau

L'hiver 2016/2017 a été relativement doux, ce qui, dans les précipitations, s'est exprimé par des valeurs δ plus élevées que les normales saisonnières. Pendant l'été 2017, la température de l'air a été élevée, et il en est donc allé de même pour les valeurs δ . Dans les cours d'eau, on observe aussi l'évolution saisonnière des valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$.

Charges solides en suspension

En 2017, du fait de la sécheresse estivale et des faibles niveaux d'eau, pratiquement tous les emplacements de prélèvement ont enregistré pendant l'été, en particulier en juillet, des charges solides en suspension inférieures à celles de la période de référence. L'augmentation des charges consécutive aux pluies intenses qui ont arrosé la Suisse centrale et orientale en septembre apparaît clairement. Au Tessin, les débits annuels inférieurs à la normale ont également eu un impact sur les charges solides en suspension annuelles. À peine un tiers environ de la quantité habituelle a été transporté vers le lac Majeur.

Eaux souterraines

Au cours de l'année 2017, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont généralement été conformes à la normale. Au début de l'année, en été et en automne, ils ont cependant été faibles à la moitié des stations de mesure. Comme pour les eaux de surface, il a fallu attendre le mois de décembre pour que la situation s'améliore et que les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources se normalisent sur l'ensemble du territoire.

1 Les faits qui ont marqué 2017

Pendant l'hiver 2016/2017, les cours d'eau et les lacs de Suisse se sont trouvés en situation d'étiage. Après une amélioration passagère au printemps 2017, les niveaux des eaux superficielles et souterraines ont pour certains de nouveau atteint des valeurs très basses en été et en automne. Les étiages sont souvent difficiles à mesurer avec précision. Néanmoins, ce n'est pas la seule situation dans le cadre de laquelle la réalisation des mesures s'est révélée délicate en 2017.

1.1 2017 – une année d'étiage

L'automne 2016 déjà peu pluvieux a été suivi par un hiver particulièrement sec : de décembre 2016 à février 2017, selon les données de l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse), les précipitations ont en moyenne nationale à peine atteint la moitié de la normale 1981–2010 (fig. 1.1). En Suisse romande, cela a été l'hiver le plus pauvre en précipitations de ce demi-siècle. Il en a résulté un manque criant de neige en montagne, de sorte que malgré les phases de hausse des températures, les eaux n'ont guère été alimentées par la fonte nivale.

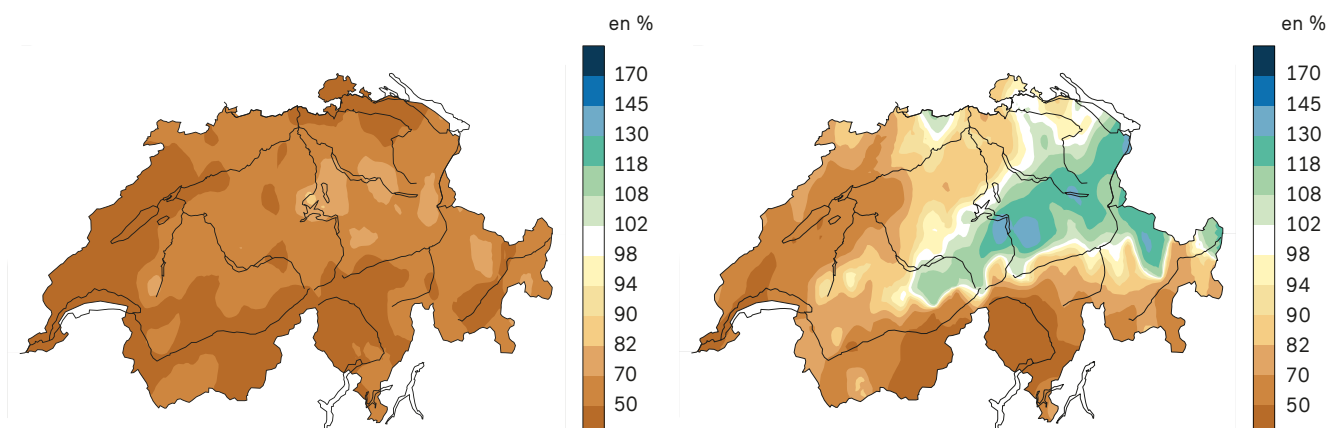
Niveaux bas dans les eaux superficielles et souterraines en début d'année

Le déficit pluviométrique s'était déjà fait sentir dans les eaux superficielles et souterraines pendant l'automne 2016. La baisse des niveaux d'eau s'est accentuée en décembre et poursuivie en janvier 2017. Les valeurs sont restées inférieures, voire nettement inférieures, aux normales saisonnières durant des semaines.

En janvier, de nombreuses stations hydrométriques de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) ont enregistré des moyennes mensuelles extrêmement faibles ; de nouveaux minima ont aussi été relevés à plusieurs stations effectuant pourtant des observations depuis de très longues années. Par exemple, le débit de l'Aar à Brugg est descendu en dessous de la moyenne de janvier la plus faible jusqu'ici, datant de 1921. Des temps de retour de deux à dix ans ont souvent été calculés pour le débit caractéristique d'étiage NM7Q (voir annexe). À plusieurs endroits, on a observé des débits encore plus exceptionnels statistiquement parlant (fig. 1.2 à gauche). À la fin janvier, les débits étant faibles et les températures de l'air basses, les cours d'eau se sont couverts d'une

Fig. 1.1 : Lane d'eau précipitée annuelle (en % de la normale)

Répartition géographique des précipitations à gauche, précipitations hivernales de décembre 2016 à février 2017 ; à droite, précipitations pendant l'automne 2017 (cumuls de septembre à novembre).



couche de glace en maints endroits, ce qui a compliqué la réalisation de mesures exactes (point 1.2).

Nouveaux minima pour les lacs du pied du Jura

Plusieurs lacs ont aussi présenté des niveaux très bas, souvent inférieurs à la moyenne. Les lacs de Zurich, de Zoug et de Sarnen ainsi que les lacs du pied du Jura ont coté particulièrement bas par rapport aux mesures antérieures. À la fin janvier, le lac de Neuchâtel a ainsi atteint son niveau le plus bas (428,79 m) depuis la révision du règlement de régulation des trois lacs du pied du Jura au début des années 1980 (fig. 4.10). De plus amples informations sur les niveaux d'eau mesurés se trouvent au point 4.2.

Amélioration passagère de la situation dès février

Il a fallu attendre la fin du mois de janvier et février pour que surviennent des précipitations notables. Celles-ci ont influé sur les débits et les niveaux des eaux superficielles et souterraines, comme l'illustre clairement l'hydrogramme de la source de l'Areuse à St-Sulpice (fig. 1.3). Le 31 janvier, les précipitations combinées à des températures en hausse ont entraîné une débâcle dans certains cours d'eau tels que la Petite Emme ou la Sihl : leur couche de glace a été disloquée par la pression résultant de la montée des niveaux d'eau et emportée en aval par

plaques par une vague de crue. Ce phénomène a provoqué une chute soudaine des températures de l'eau dans les rivières concernées.

Pour les lacs, les grands cours d'eau et les bassins versants situés à plus haute altitude, où les précipitations sont encore tombées sous forme de neige et n'ont donc pas immédiatement contribué à l'écoulement, il a fallu plus de temps pour que la situation se normalise.

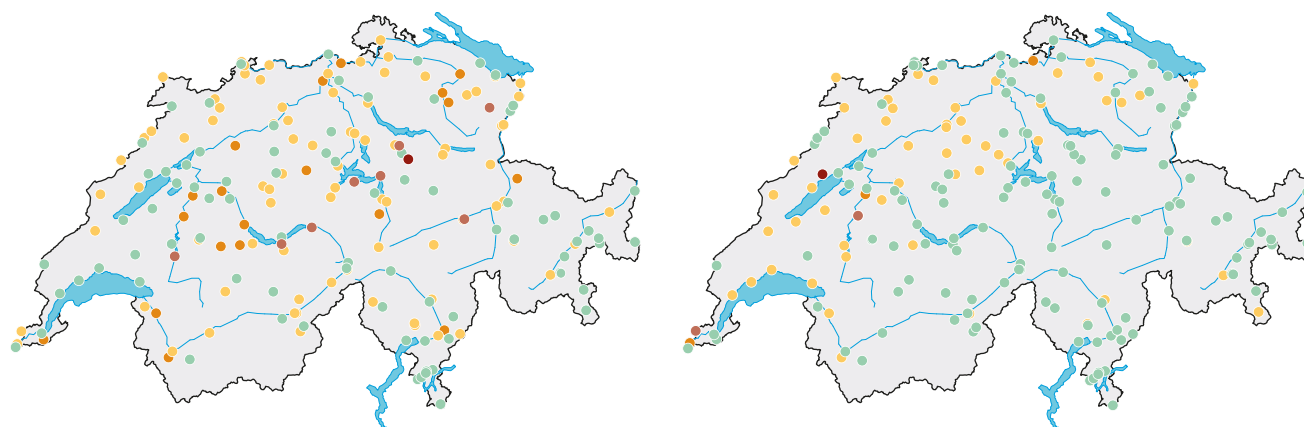
Situation d'étiage en automne

Après un été normal au nord des Alpes et plus pluvieux que la normale au sud de celles-ci, en Valais et en Engadine, de nombreuses régions ont subi une nouvelle sécheresse en automne. Des débits très bas ont par conséquent de nouveau été observés, d'abord par endroits dès l'été, puis à plus large échelle à partir de septembre (fig. 1.2 à droite et fig. 1.3). Les cours d'eau de Suisse romande, du Jura et du Plateau en ont particulièrement souffert.

Dans les régions concernées, le déficit pluviométrique a également affecté les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources, qui sont généralement restés dans la zone inférieure de la normale, voire en dessous. En revanche, les nappes d'eau souterraine proches de la surface ou liées à un cours d'eau ont pu bénéficier

Fig. 1.2 : Situations d'étiage en 2017

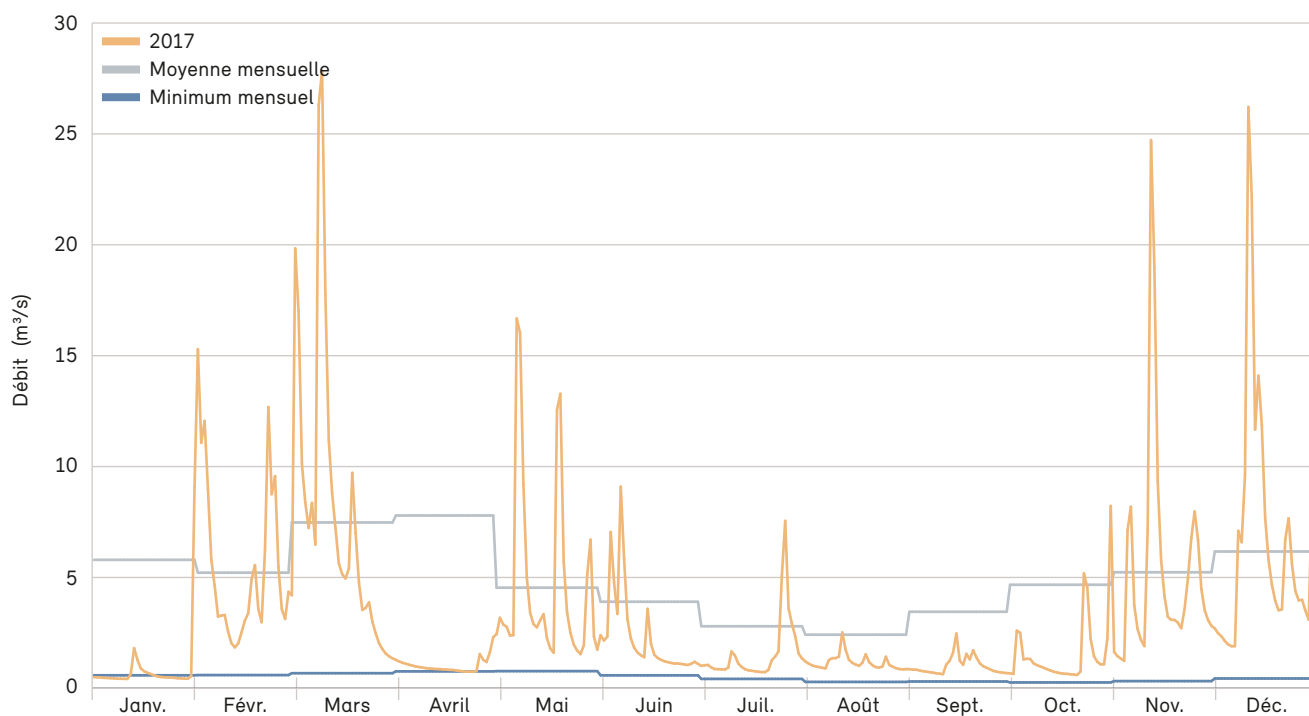
Comparaison des valeurs NM7Q avec la statistique des étiages de l'OFEV : à gauche, phase d'étiage de l'hiver (à partir de janvier 2017); à droite, phase d'étiage de l'été et de l'automne 2017.



- Débit supérieur à un étiage survenant tous les 2 ans
- Étiage survenant tous les 2 à 10 ans
- Étiage survenant tous les 10 à 30 ans
- Étiage survenant tous les 30 à 100 ans
- Débit inférieur à un étiage survenant tous les 100 ans

Fig. 1.3 : Débit de la source de l'Areuse en 2017 (m³/s)

Débit de la source de l'Areuse à St-Sulpice (NE) (aquifère karstique) en 2017 par rapport aux valeurs mensuelles de la période de mesure 1959–2016. L'hydrogramme fait ressortir clairement les différentes périodes de sécheresse de l'année.



de précipitations locales abondantes et sont montées de manière temporaire (fig. 1.3). Au sud des Alpes, la sécheresse a par contre perduré jusqu'à la mi-décembre. Les niveaux du lac de Lugano et du lac Majeur ont atteint entre-temps des valeurs exceptionnellement basses (point 4.2).

1.2 Réalisation de mesures dans des situations particulières

Dans certains cas, il est parfois difficile de mesurer les débits et les niveaux d'eau avec précision, notamment lorsque le lit du cours d'eau est envahi par la végétation ou que les conditions d'écoulement ont été modifiées à la suite d'une crue, de travaux d'aménagement ou de la construction de barrages par des castors. En 2017, plusieurs autres situations ont également exigé une attention particulière, comme le montrent les trois exemples suivants.

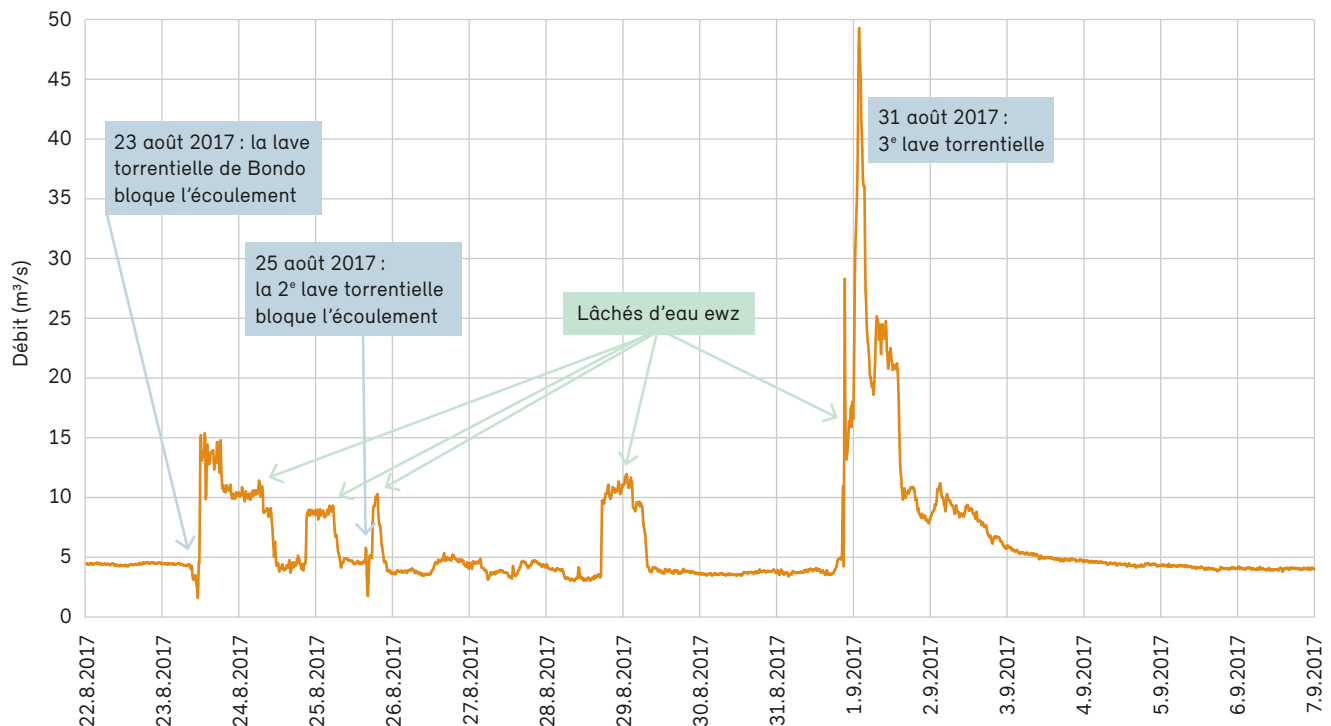
Réalisation de mesures en cas d'étiage et de formation de glace

Les niveaux d'eau très bas et les débits très faibles sont parfois difficiles à relever et les mesures risquent d'être imprécises. En cas d'étiage, la vitesse d'écoulement peut être si lente qu'il est impossible de la mesurer avec précision, ce qui empêche de calculer le débit. Dans certaines sections de jaugeage, une seule partie du profil est mouillée, ce qui réduit un peu plus la précision des mesures. Pour remédier à ce problème, plusieurs stations hydrométriques ont été équipées d'un chenal d'étiage.

Si, comme cela a été le cas pendant l'hiver 2016/2017, les températures restent en plus inférieures à zéro sur une longue période, de la glace peut se former au niveau des stations hydrométriques. Les valeurs relevées peuvent s'en trouver modifiées ou s'avérer non représentatives pour toute la section de jaugeage. Les courbes de variation des données brutes présentent alors de nombreuses valeurs aberrantes vers le haut ou vers le bas. Dans de

Fig. 1.4: Débit de la Mera à Soglio en août 2017 (m³/s)

Hydrogramme à la station hydrométrique de l'OFEV de Mera – Soglio du 22 août au 6 septembre 2017. Après les laves torrentielles qui se sont écoulées à Bondo, les débris accumulés dans le lit de la rivière ont retenu l'eau, puis les lâchés d'eau de la centrale hydroélectrique ont nettement augmenté le débit.



telles conditions, il est conseillé d'utiliser en parallèle deux instruments de mesure de sensibilité différente; il est ainsi possible de déterminer le moment où les erreurs apparaissent ainsi que l'ampleur des écarts par rapport aux valeurs représentatives, et de corriger les données a posteriori.

Mesure du débit après les laves torrentielles de Bondo

À la fin août 2017, plusieurs grands éboulements et laves torrentielles se sont produits au Piz Cengalo, dans le val Bregaglia. Les matériaux éboulés ont été transportés avec les laves torrentielles jusqu'au village de Bondo et ont terminé leur course dans la Mera, la principale rivière de la vallée. Cet événement est bien visible dans l'hydrogramme de la station hydrométrique de l'OFEV de Mera – Soglio, située en aval (fig. 1.4): comme l'eau a été retenue temporairement dans le lit de la rivière rempli d'éboulis, le débit a tout d'abord nettement diminué en aval. Peu après, l'eau s'est remise à s'écouler, probablement par-dessus les amoncellements de maté-

riaux. Étant donné que les débris ont rehaussé le fond du lit à l'emplacement de la station hydrométrique, la mesure automatique au radar a indiqué un niveau d'eau plus élevé, et donc un débit plus fort. La hauteur réelle des accumulations pendant ce temps-là n'a pas pu être déterminée, car l'eau était très trouble et le fond, non visible. Si le débit est resté élevé durant plusieurs heures après la baisse induite par la lave torrentielle, c'est aussi pour la raison suivante : la commune de Bondo avait décidé conjointement avec le canton des Grisons et les Services industriels de la ville de Zurich (ewz) de lâcher de plus grands volumes d'eau à la centrale hydroélectrique ewz de Löbbia à Vicosoprano, afin de purger le lit de la Mera en le débarrassant de ses éboulis. Ces lâchés d'eau apparaissent clairement dans la figure 1.4, parfois même certains jours où le débit n'aurait pas été élevé en raison de précipitations ou de laves torrentielles.

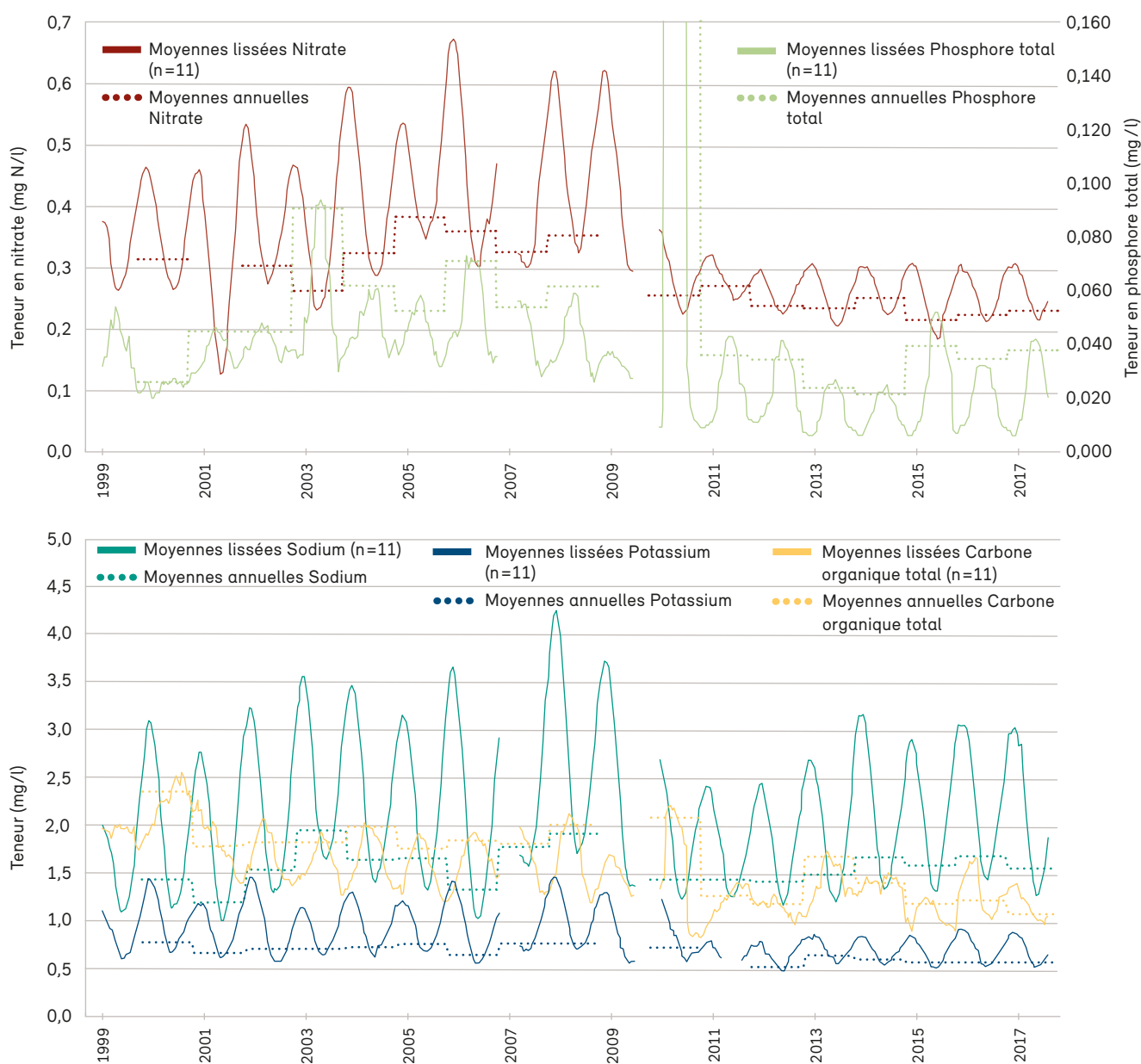
Ce type d'événements modifie à tel point les conditions régnant dans le lit du cours d'eau qu'il faut généralement

recalculer le rapport niveau d'eau-débit à la station hydro-métrique. À cet effet, des mesures complémentaires sont réalisées pendant les semaines et les mois qui suivent une crue ou une lave torrentielle afin de réétalonner les mesures automatiques de la station concernée. Dans le

cas de Mera – Soglio, on a constaté que le rapport utilisé pour calculer le débit n'avait pas changé. La raison en est simple : cette station se trouve dans une gorge où le lit du cours d'eau est rocheux. Pendant les semaines qui ont suivi les laves torrentielles, la Mera, soutenue par les

Fig. 1.5: Qualité de l'eau de l'Inn à S-chanf

Évolution de la teneur en différentes substances dans des échantillons composites d'eau prélevée sur deux semaines de 1999 à 2017 à la station hydrométrique d'Inn – S-chanf. L'égout collecteur pour la dérivation des eaux usées a été mis en service en 2009. Les graphiques représentent les moyennes lissées sur onze échantillons composites (ligne continue) et les moyennes annuelles pondérées par le volume écoulé (ligne pointillée). Les moyennes annuelles ne sont calculées que si au moins 80 % des données de l'année sont disponibles. Les échantillons n'ont pas pu être prélevés pendant le second semestre de 2009 en raison d'un problème technique.



lâchés d'eau de la centrale hydroélectrique, est parvenue par la force du courant à libérer son lit des éboulis accumulés à cet endroit et, depuis ce moment-là, s'écoule de nouveau sur la roche comme avant.

Il est toutefois nécessaire d'optimiser le rapport niveau d'eau-débit à Soglio: des chenaux d'étiage destinés à favoriser la migration piscicole ont été aménagés dans des seuils de la Mera en amont de la station hydrométrique, ce qui a modifié les conditions générales d'écoulement dans le secteur.

Évolution de la qualité de l'eau à la station hydrométrique d'Inn – S-chanf

Si les événements naturels ou les aménagements artificiels modifient parfois les conditions d'écoulement, ils peuvent aussi influencer l'interprétation des mesures de la qualité de l'eau. Il faut donc y prêter une grande attention, comme le montre l'exemple ci-dessous, venant d'Engadine.

Depuis 1999, la qualité de l'eau de l'Inn est mesurée à S-chanf dans le cadre de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF), un programme faisant partie de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA, voir annexe). Malgré un bassin versant alpin présentant une densité de la population relativement faible et une part réduite d'agriculture intensive, la qualité de l'eau de cette rivière est détériorée par des charges importantes et fluctuantes d'eaux usées urbaines – en particulier en hiver lorsque les débits sont faibles. À l'occasion de la construction de la station régionale d'épuration de Haute-Engadine (ARO) à S-chanf (voir annexe), un égout a été mis en service en 2009 pour collecter les eaux usées de Samedan à S-chanf. Depuis, les eaux épurées sont conduites des anciennes stations d'épuration en amont de Celerina et de Bever dans l'Inn en aval de la station de mesure, en passant par la nouvelle ARO.

La dérivation des eaux usées a considérablement influencé la qualité de l'eau à la station de S-chanf. Les concentrations des substances qui parviennent dans les cours d'eau principalement par les eaux usées communales ont nettement baissé depuis la mise en service de l'égout en 2009. Ainsi, les teneurs annuelles moyennes ont diminué

d'un tiers pour le nitrate, le phosphore total et le carbone organique total et d'un cinquième pour le potassium (fig. 1.5). Les teneurs en substances d'origine géologique, provenant de l'altération des pierres, comme le sodium, n'ont par contre pas changé. Les valeurs exceptionnelles relevées en juin 2010 pour le phosphore total et le carbone organique total ont probablement été dues à des ruissellements lors d'une crue.

Quelques années après sa construction, l'égout a déjà des effets bien visibles sur la qualité de l'eau. Ce type d'informations contextuelles revêt donc également une grande importance dans l'interprétation de longues séries chronologiques de données.

2 Conditions météorologiques

La moyenne annuelle de la température s'est située 0,8 degré au-dessus de la normale, faisant de 2017 la sixième année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864. Au nord des Alpes, les précipitations annuelles ont souvent atteint 70 à 90 % des quantités habituelles. Les Alpes ont généralement reçu 90 à 115 % des précipitations annuelles normales, à l'exception des vallées méridionales du Valais, qui n'en ont enregistré que 60 à 80 %. Au sud des Alpes, de nombreux endroits ont essuyé 80 à 95 % de la normale.

La température moyenne de janvier 2017 a été extrêmement basse (−2,9 degrés). Le nord des Alpes n'avait plus connu un mois de janvier aussi froid depuis 1987. Le 23 février, des vents tempétueux de secteur sud-ouest ont amené des masses d'air extrêmement doux sur la Suisse. En moyenne nationale, les précipitations hivernales de décembre 2016 à février 2017 ont atteint à peine la moitié de la normale 1981–2010. En Suisse romande et en Valais, il n'est tombé que 30 à 50 % des quantités habituelles : dans certaines régions de Suisse romande, l'hiver n'avait pas été aussi sec depuis 45 à 55 ans.

La Suisse a vécu son troisième printemps le plus chaud depuis le début des mesures en 1864. Le temps clément qui a prévalu de mars à début avril a favorisé et accéléré le développement de la végétation. Les fortes gelées de la nuit du 20 au 21 avril ont ensuite fait des ravages. Le 26 avril, de l'air froid déferlant depuis le nord a soumis le nord des Alpes à des conditions hivernales. D'importantes quantités de neige sont tombées du 27 au 29 avril le long du versant nord des Alpes et sur les Alpes.

Le troisième printemps le plus chaud a fait place au troisième été le plus chaud depuis le début des mesures. Jusque-là, seuls les étés 2003 et 2015 avaient été plus chauds. Il a surtout fait très chaud au début de l'été. Le mois de juin s'est distingué par une température élevée persistante et une vague de chaleur de cinq jours pendant la seconde quinzaine. Le mois de juillet a été légèrement plus chaud que la normale, mais sans chaleur excessive. Le temps chaud estival est revenu en août. Le 1^{er} août en soirée et dans la nuit du 1^{er} au 2 août, des orages violents ont frappé le nord des Alpes avec de la grêle et de fortes

rafales de vent. La supercellule orageuse qui a éclaté sur l'extrême nord du pays dans les premières heures du 2 août a valu à la Suisse un nouveau record pluviométrique : la station d'Eschenz a mesuré 36,1 mm de pluie entre 2 h 40 et 2 h 50.

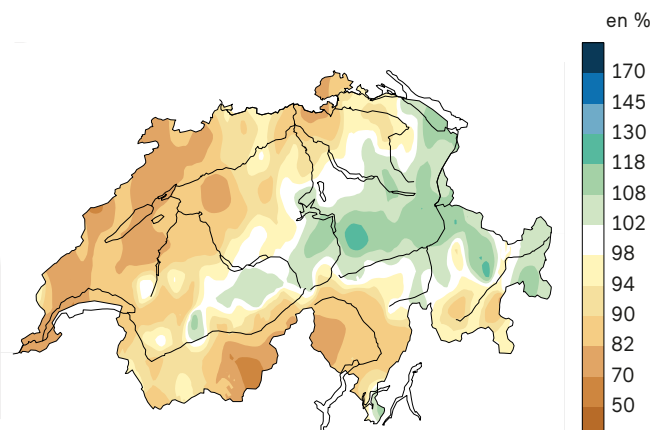
En automne, l'évolution du temps a été très contrastée. Le mois de septembre a été particulièrement frais, surtout en montagne. Ces conditions préhivernales se sont maintenues pendant les premiers jours d'octobre. La mi-octobre a ensuite été marquée par des conditions anticycloniques pendant dix jours. Au sud des Alpes, la période de beau temps a duré 20 jours. Il n'a pratiquement pas plu durant tout le mois d'octobre. Le foehn du nord qui a soufflé fréquemment a encore renforcé la sécheresse.

En novembre, il a neigé à plusieurs reprises jusqu'à basse altitude au nord des Alpes. Les premiers jours de décembre, le Plateau s'est aussi retrouvé sous quelques centimètres de neige. Il a abondamment neigé en montagne en décembre. Peu après le milieu du mois, l'épaisseur du manteau neigeux dans les Alpes correspondait à plus de 170 % de la normale.

Source : MétéoSuisse

Fig. 2.1 : Lame d'eau précipitée annuelle (en % de la normale)

Au nord des Alpes, les précipitations annuelles ont généralement atteint 70 à 90 % de la normale. Alors que les Alpes ont enregistré des valeurs conformes à la moyenne, 2017 a été une année particulièrement sèche dans l'ouest et le sud de la Suisse.



3 Neige et glaciers

Sur l'ensemble de l'hiver, les hauteurs de neige ont été nettement inférieures à la normale dans toute la Suisse. L'enneigement a encore été plus faible dans le sud que dans le nord du pays. Après un hiver court et peu neigeux (l'un des plus brefs et des moins blancs depuis le début des mesures), les vagues de chaleur de juin et d'août ont mis les glaciers suisses à rude épreuve. Ceux-ci ont perdu environ 3 % de leur volume de glace entre octobre 2016 et septembre 2017.

3.1 Neige

Le mois d'octobre 2016 a été relativement froid et instable. Après deux incursions hivernales au cours de la première quinzaine de novembre, avec des chutes de neige abondantes dans le nord et l'ouest du pays, une situation de barrage persistante a amené des précipitations abondantes sur le versant sud des Alpes pendant la seconde quinzaine. Les journées de foehn qui ont suivi ont fait fondre le manteau neigeux jusqu'à haute altitude. La neige s'est fait attendre en décembre, qui s'est révélé le mois de décembre le plus sec et le moins enneigé à l'échelle nationale depuis le début des mesures en 1864.

La neige tant attendue n'est tombée qu'au début du mois de janvier 2017 et pendant les semaines suivantes. Le nord de la Suisse a vécu son mois de janvier le plus froid de ces 30 dernières années. La neige est ainsi tombée jusqu'à basse altitude, la bordure nord des Alpes et le Plateau restant couverts d'un fin manteau neigeux pendant des semaines sous l'effet du froid et du brouillard. Dans les Alpes, il a neigé pendant les trois premières semaines de janvier, surtout sur les parties septentrionale et occidentale. Le foehn a fait fondre la neige à basse altitude dans le nord, alors que dans le sud la sécheresse est restée extrême en janvier aussi.

Au cours des deux premières semaines de février, les précipitations ont été fréquentes. Il a neigé brièvement jusqu'à basse altitude, mais il a aussi souvent plu jusqu'à plus de 2000m. Les chutes de neige ont été particulièrement abondantes dans le sud et l'ouest, où elles ont atteint jusqu'à 80cm à haute altitude. Pendant la

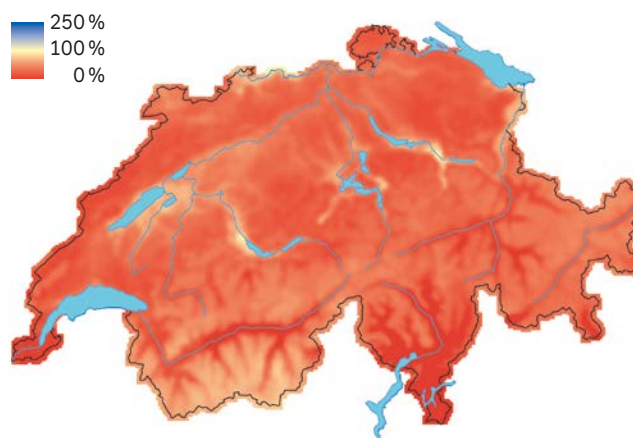
deuxième quinzaine de février, il a aussi un peu neigé dans le nord à haute altitude.

En raison des précipitations relativement intenses de la première quinzaine du mois, mars a été le seul mois plus pluvieux que la normale en plusieurs endroits et bien enneigé en altitude. Pendant la seconde quinzaine, il a neigé sur le versant nord des Alpes, dans le sud et dans l'ouest du Tessin au-dessus de 2200 à 2500m. À la fin mars, le manteau neigeux était détrempé sur les versants nord en dessous d'environ 2400m et sur les versants sud en deçà d'environ 2800m du fait de la chaleur et de l'élévation de la limite des chutes de neige. La fonte a été rapide; à quelques stations, la disparition du manteau neigeux n'avait jamais été aussi précoce depuis le début des mesures.

La première quinzaine d'avril a été instable. À partir du milieu du mois, le temps s'est de nouveau nettement refroidi et l'hiver a fait un retour tardif. Pendant la troisième semaine d'avril, il a neigé à haute altitude dans le nord, de la partie orientale de l'Oberland bernois au nord des Grisons. À la fin du mois, de nombreuses régions ont enregistré de nouvelles chutes de neige, particulièrement abondantes dans le sud du pays.

Fig. 3.1 : Hauteur de neige (en % de la normale)

Hauteurs de neige pendant l'hiver 2016/2017 (de novembre à avril) par rapport à la période 1971–2000.



Pendant la première quinzaine du mois de mai, il a neigé plusieurs fois à haute altitude. À la mi-mai, le manteau neigeux a commencé à s'humidifier totalement en haute montagne et sur les versants nord au-dessus d'environ 2500 m. Il a perdu rapidement de sa masse pendant la seconde quinzaine.

Source : Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (SLF)

3.2 Glaciers

La fonte nivale précoce s'étant ajoutée au début d'hiver extrêmement pauvre en neige, l'épaisseur et la durée du manteau neigeux à haute altitude ont été plus faibles pendant le semestre d'hiver 2016/2017 qu'elles ne l'avaient été depuis longtemps. En juillet, la neige avait déjà disparu de certains petits glaciers. Sans la couche protectrice qui s'est déposée en septembre, les glaciers auraient perdu encore davantage de leur masse.

Le bilan de masse de 20 glaciers suisses a été déterminé en septembre 2017. Une fois de plus, les différences entre les accumulations hivernales et les pertes consécutives à la fonte nivale se sont avérées fortement négatives. L'été 2017 se caractérise par des pertes nettement supérieures à la moyenne dans toutes les régions du pays. En maints endroits, les langues glaciaires se désagrègent en raison de la fonte continue. Les glaciers situés entre

la partie occidentale de l'Oberland bernois et le Valais (Tsanfleuron, Plaine Morte, Gries) ont subi les plus fortes pertes, soit une diminution de l'épaisseur moyenne de glace de 2 à 3 m.

Pour la plupart des autres glaciers, cette diminution est en moyenne de 1 à 2 m, ce qui est considérable. Les plus faibles pertes sont encore d'un bon mètre. Elles ont été relevées au glacier du Rhône et sur des glaciers de la région du Gothard, où la fonte a été ralentie par des quantités de neige plus abondantes en hiver et quelques chutes de neige en été.

Pour l'année hydrologique 2016/2017, la perte de volume estimée par extrapolation à tous les glaciers de Suisse s'élève à quelque 1500 millions de m³, ce qui représente une quantité d'eau qui permettrait à chaque ménage du pays de remplir une piscine de 25 m. Le volume de glace existant encore a ainsi diminué d'environ 3 %. La fonte des glaciers a été extrême pendant l'été 2017 – dans l'ensemble, les glaciers ont perdu encore plus de glace que pendant l'été caniculaire de 2015 et à peu près autant qu'en 2011. Néanmoins, les pertes record de 2003 n'ont pas été atteintes. Un siècle de mesures sur le névé de Clariden (GL) confirme que 2017 figure parmi les trois années durant lesquelles la fonte a été la plus intense.

Source : Département des géosciences de l'Université de Fribourg et Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'EPF Zurich

Fig. 3.2 : Vue sur la marge proglaciaire et le Wildsee depuis le glacier du Pizol (SG)



4 Eaux de surface

En 2017, les moyennes annuelles des débits se sont situées en dessous des normales dans tous les grands bassins versants. De longues phases d'étiage en début d'année, en été et en automne ont influencé les débits et ont parfois entraîné une forte baisse des niveaux d'eau dans les lacs et les rivières. En janvier, de nombreuses stations du nord des Alpes ont relevé de nouveaux minima. Aucune grande crue n'est survenue pendant l'année.

4.1 Débits

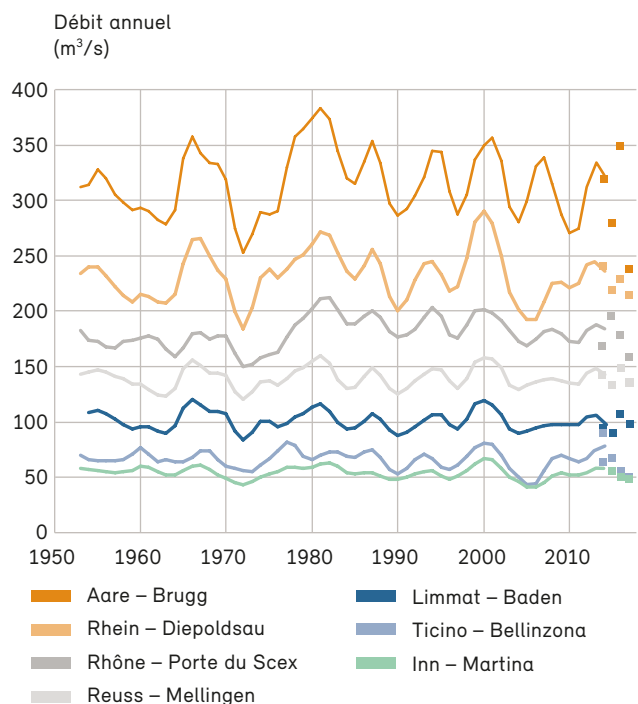
Les moyennes annuelles des débits des bassins versants de grande taille se sont toutes situées en deçà des valeurs de la période de référence 1981–2010. Le Doubs, la Birse et la Maggia ont affiché des moyennes annuelles inférieures de plus d'un tiers aux moyennes interannuelles. Dans les bassins fluviaux de l'Aar, du Rhône, du Ticino, de la Thur et de l'Inn, il s'est écoulé 75 à 90 % du volume habituel, dans la Reuss, la Limmat et le Rhin alpin plus de 90 %.

Un seul des bassins versants de taille moyenne représentés à la figure 4.2, celui de la Massa, a atteint des débits annuels supérieurs à la normale. Cette valeur élevée s'explique avant tout par l'été très chaud et la forte fonte des glaciers. Le mois de juin s'est situé plus de 60 % et le mois d'août juste 20 % au-dessus des moyennes mensuelles interannuelles correspondantes (fig. 4.4 et 4.8). Les bassins versants dont les débits sont inférieurs à 70 % de la norme se trouvent principalement dans l'ouest et le nord-ouest de la Suisse, ainsi que dans le nord du Tessin. De nouveaux minima ont été mesurés dans l'Areuse à Boudry (série de mesures depuis 1983) et dans la Sorne à Delémont (série de mesures depuis 1983, non représentée sur la carte). Les bassins versants de Suisse centrale et nord-orientale ont présenté des valeurs généralement conformes à la normale.

Dans un grand nombre de bassins versants de taille moyenne situés dans l'ouest et le nord-ouest du pays, les débits ont été conformes ou supérieurs à la normale en mars et en décembre; le reste du temps (de début

Fig. 4.1 : Variation du débit annuel de différents bassins versants de grande taille à partir de 1950

Les lignes représentent les moyennes lissées sur sept ans, les points les quatre derniers débits annuels.



janvier à fin février et de début avril à fin novembre), ils sont restés inférieurs. Ce fut notamment le cas pour le Doubs à Ocourt (fig. 4.4). Atteignant à peine 15 % du débit mensuel habituel, les valeurs de janvier se sont situées très en dessous de la normale. Janvier a aussi été un mois des extrêmes pour d'autres cours d'eau : un peu moins de 30 stations du nord des Alpes ont enregistré de nouveaux minima pour ce mois (chap. 1). Après une amélioration passagère en février et en mars, les niveaux d'eau de nombreux bassins versants sont demeurés bas d'avril à novembre. Il a fallu attendre le mois de novembre pour que les précipitations tombées en abondance sur de vastes régions du nord des Alpes décrispent la situation d'étiage. En décembre, les moyennes mensuelles d'un grand nombre de rivières ont nettement dépassé la normale. Les bassins versants de Suisse centrale et orientale n'ont pas connu de situation d'étiage en avril et en mai, car les cumuls pluviométriques y ont été nettement excédentaires en avril. Dans ces régions, les niveaux

d'eau ont été très bas surtout en été. En automne, la situation s'est normalisée un peu partout. En septembre, la Linth, la Limmat, la Thur et le Rhin alpin avaient déjà retrouvé des débits élevés. L'impact sur les débits de certains épisodes pluvieux intenses ne peut être saisi à l'aide du réseau hydrométrique de l'OFEV, dont le maillage est relativement grossier.

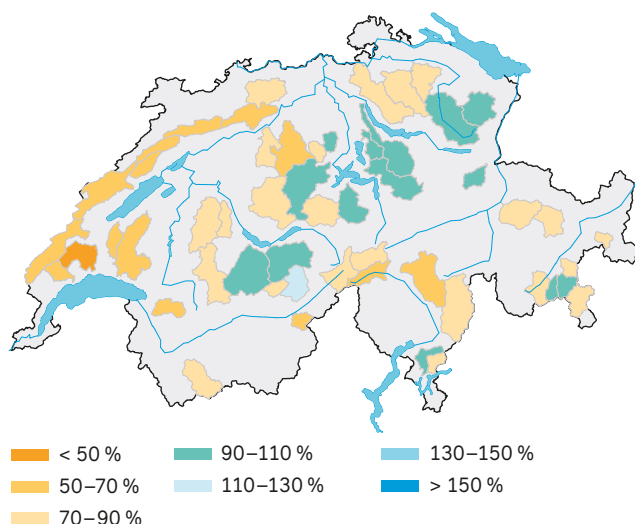
Ainsi, la pluie orageuse particulièrement abondante qui s'est abattue au petit matin du 2 août sur l'extrême nord de la Suisse (chap. 2) n'a pas entraîné de hausse notable des niveaux d'eau aux stations de jaugeage. Sur le Rhin à Neuhausen, où il s'est écoulé en moyenne 400 m³/s le 1^{er} août, on observe seulement une légère montée dans l'hydrogramme du 2 août. Dans les petits bassins versants, les effets des pluies orageuses intenses sont souvent bien visibles lorsque la cellule orageuse touche exactement ces zones : s'étendant sur à peine 1,4 km², le bassin versant du Schwändlibach vers Planfayon, par exemple, est l'un des plus petits bassins versants du réseau hydrométrique de l'OFEV. Le 2 juin, on y a mesuré un débit de pointe de plus de 6000 l/s, ce qui correspond à un événement survenant tous les 20 à 30 ans et représente la valeur de juin la plus élevée depuis le début des mesures en 1962. Une crue est également survenue dans

le Rotenbach, dont le bassin versant de 1,69 km² jouxte directement le Schwändlibach ; toutefois, étant donné qu'une partie du bassin versant a été épargnée par les fortes pluies, la pointe de crue du Rotenbach n'a même pas atteint la moitié de celle du Schwändlibach et s'est située dans un ordre de grandeur pouvant apparaître plusieurs fois par année.

Aucun événement de crue majeur ne s'est produit en 2017. Il convient néanmoins de mentionner la crue de fin août/début septembre, que le Bulletin de vigilance dangers naturels de la Confédération du 31 août a annoncée de la manière suivante : « Une perturbation active traversera la Suisse dans un fort courant de sud-ouest chargé d'air humide et chaud. Sur le nord de l'Italie, une dépression va se creuser et provoquer un courant de nord dans les basses couches de l'atmosphère sur le nord des Alpes. Ces deux courants antagonistes mettent en place une situation de précipitations intensives dans le centre et l'est de la Suisse » Le canal intérieur du Rhin à la hauteur de Sankt Margrethen ainsi que la Goldach à Goldach ont chacun enregistré une crue trentennale, la Sitter à St-Gall une crue décennale. Contrairement aux précipitations orageuses, cet épisode pluvieux s'est étendu sur toute la région et a donc entraîné des hausses notables des niveaux d'eau, même dans les grandes rivières. Dans le Rhin à Diepoldsau, c'est ces jours-là qu'a été relevée la pointe de crue maximale de l'année 2017, qui est toutefois demeurée inférieure d'environ 200 m³/s à une crue biennale (fig. 4.5).

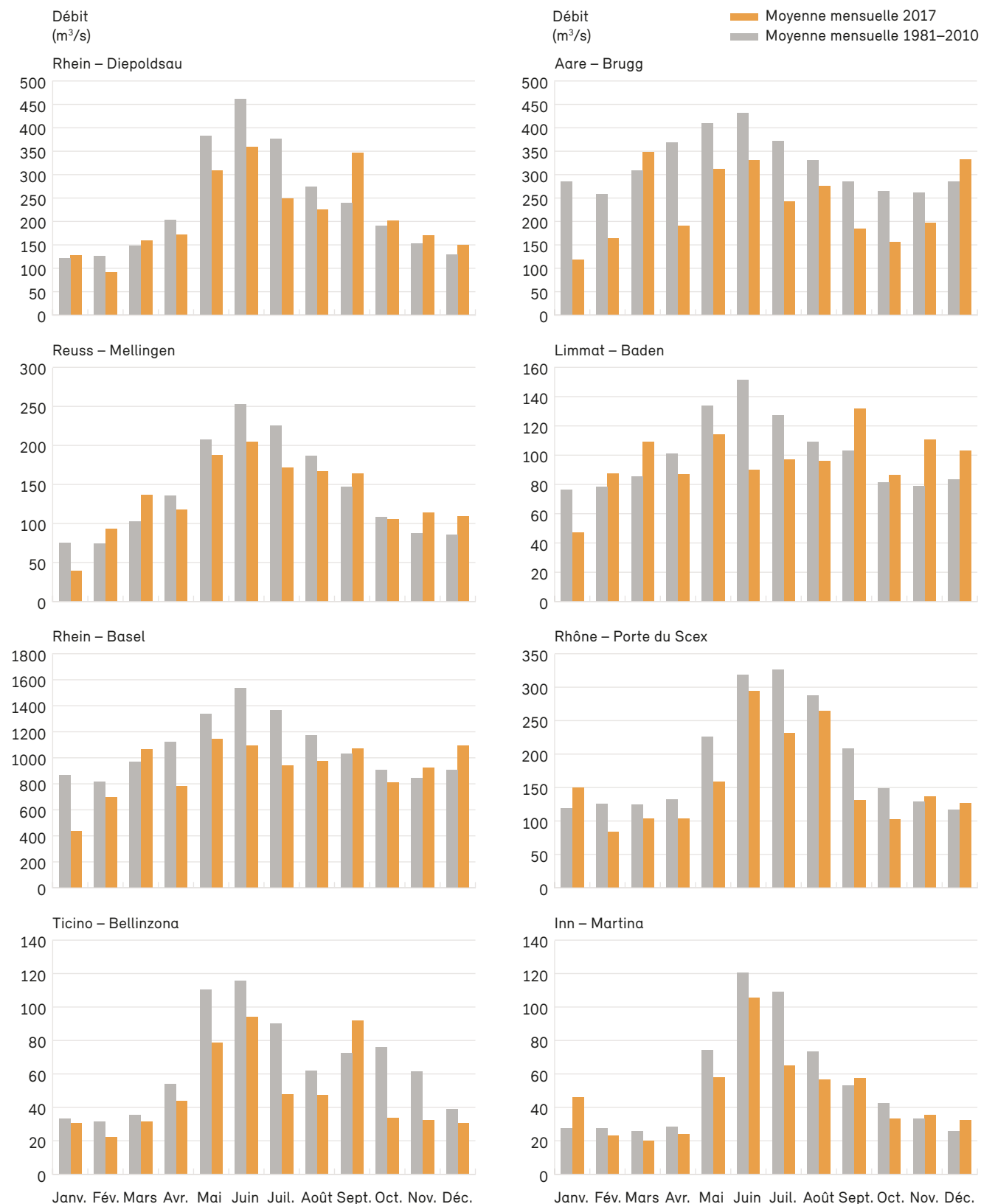
Fig. 4.2 : Conditions d'écoulement de différents bassins versants de taille moyenne

Moyennes annuelles 2017 de différents bassins versants de taille moyenne par rapport au débit moyen de la période de référence 1981–2010 [%].



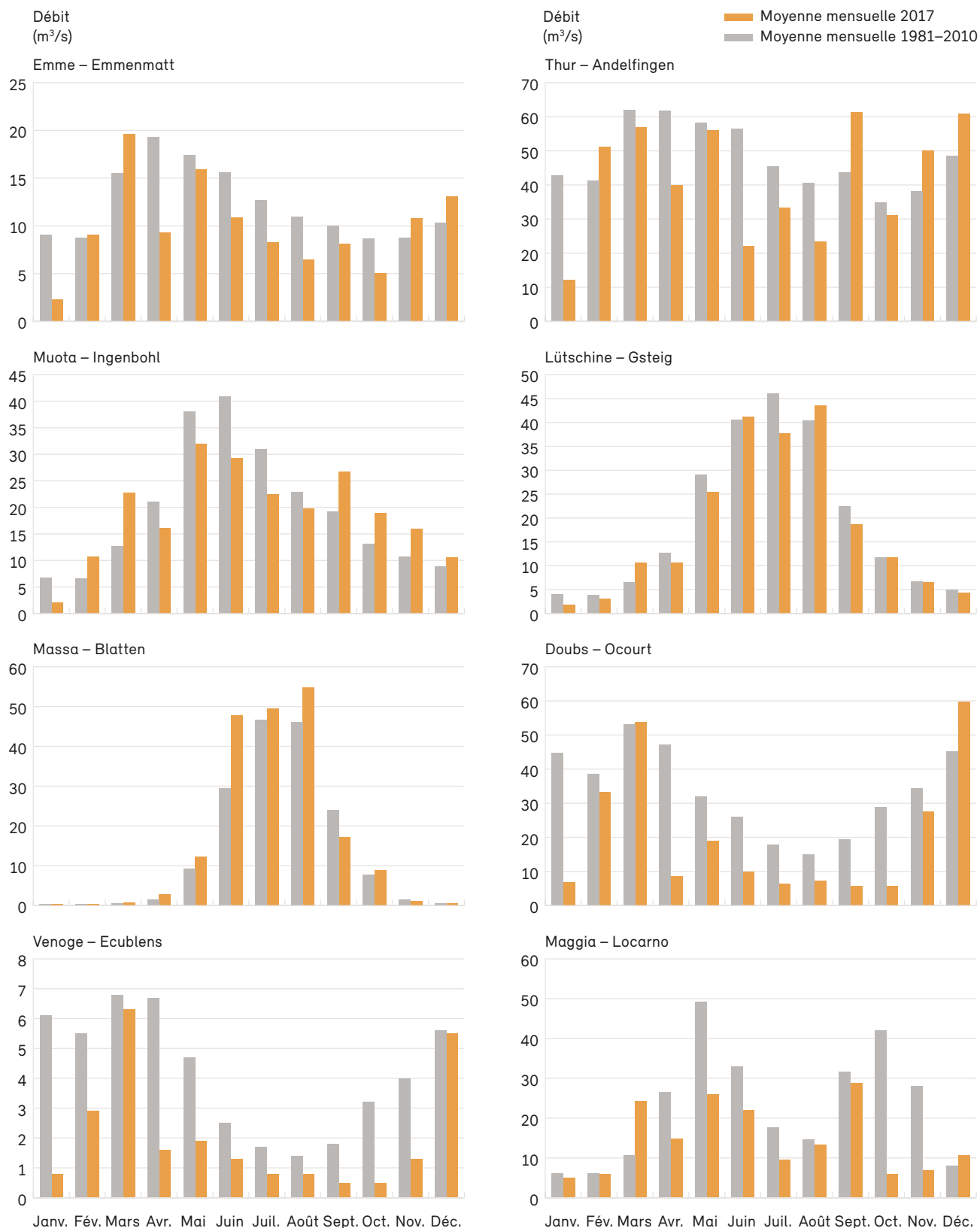
Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de grande taille

Fig. 4.3 : Moyennes mensuelles 2017 des débits par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981–2010



Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de taille moyenne

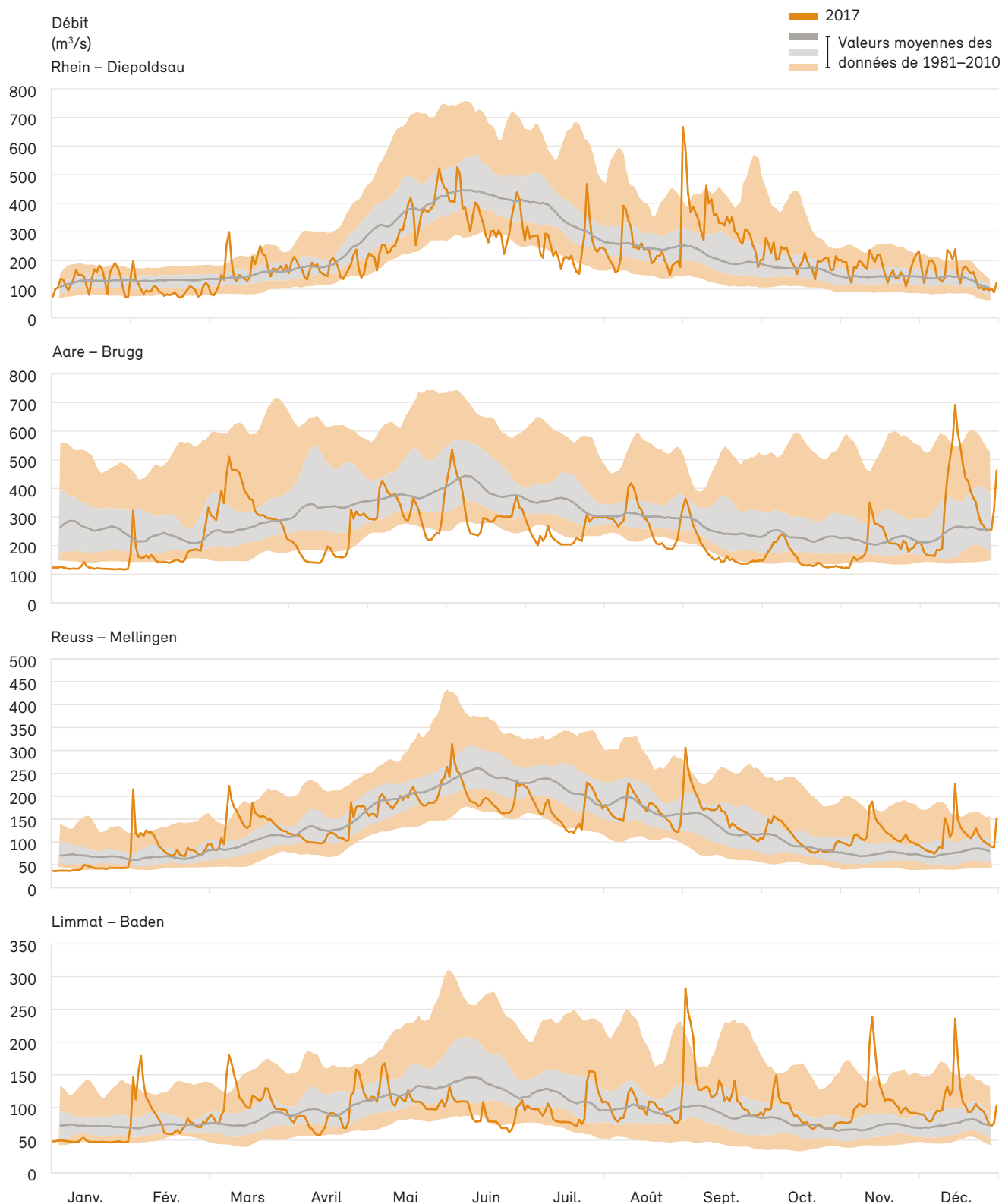
Fig. 4.4 : Moyennes mensuelles 2017 des débits par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981–2010



Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de grande taille (1/2)

Fig. 4.5 : Moyennes journalières 2017 des débits par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

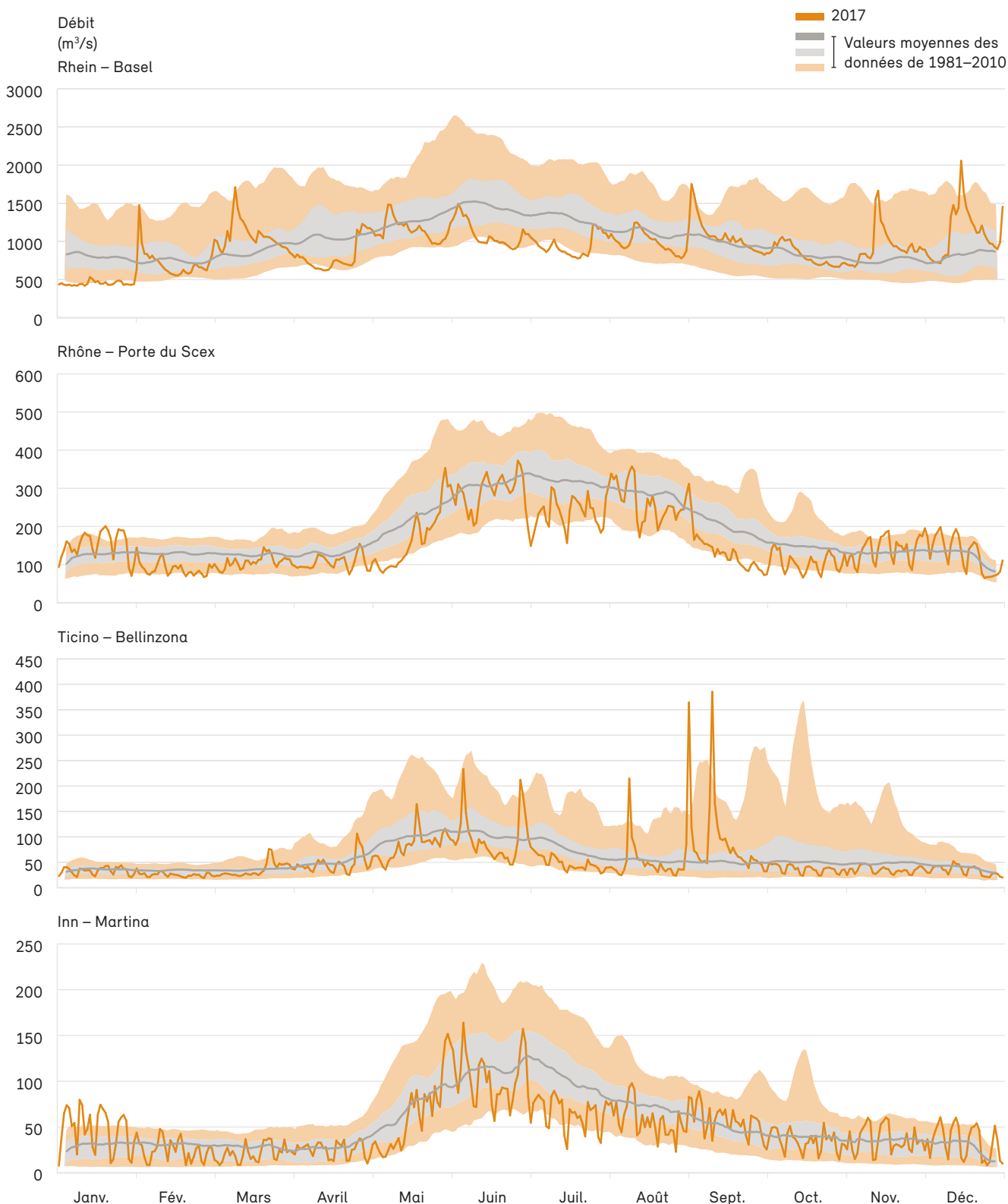
À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.



Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de grande taille (2/2)

Fig. 4.6 : Moyennes journalières 2017 des débits par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

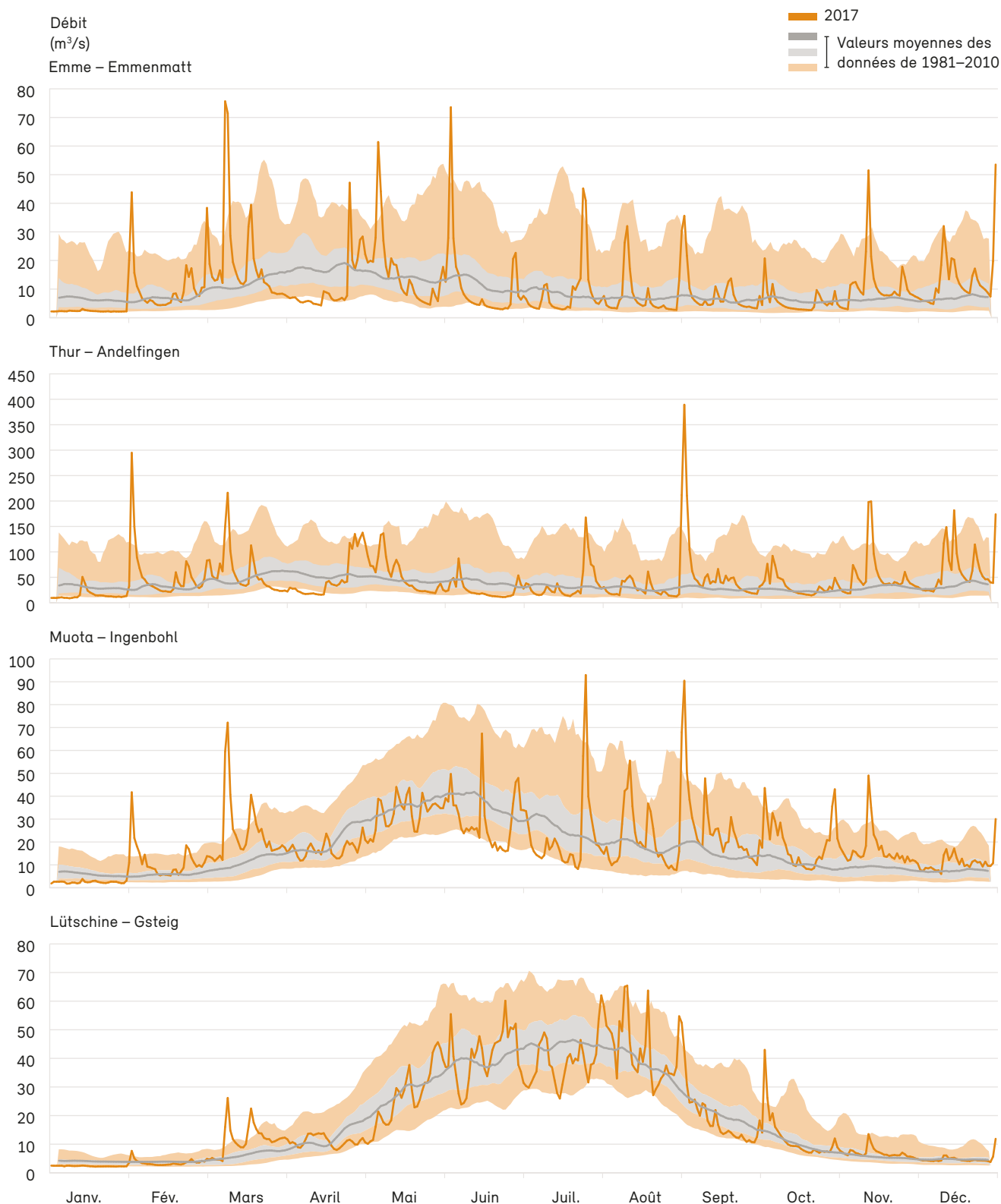
À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.



Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de taille moyenne (1/2)

Fig. 4.7 : Moyennes journalières 2017 des débits par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

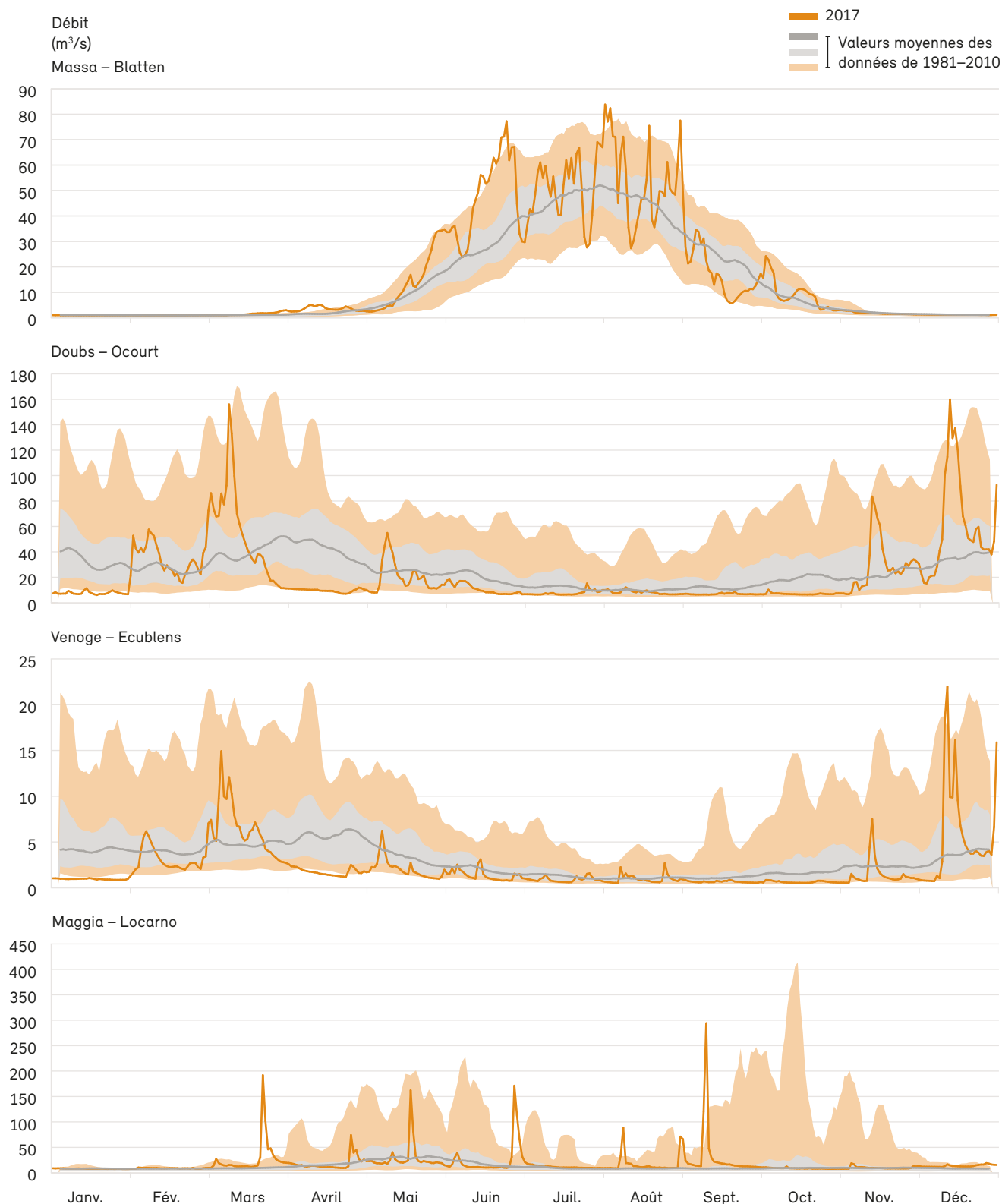
À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.



Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de taille moyenne (2/2)

Fig. 4.8 : Moyennes journalières 2017 des débits par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.



4.2 Niveaux des lacs

Parmi les grands lacs de Suisse, le lac Majeur et le lac de Constance (lac Supérieur) sont une fois de plus ceux dont les moyennes annuelles s'écartent le plus des moyennes interannuelles. En 2017, cet écart a été de -29 cm à la station de Lago Maggiore – Locarno et de $+15$ cm à celle de Bodensee – Romanshorn. Les autres grands lacs ont enregistré des moyennes proches des valeurs de la période de référence 1981–2010, ou juste quelques centimètres en dessous de celles-ci. Il n'est guère étonnant que le lac de Constance se distingue (voir Annuaire hydrologique de la Suisse 2016) : la différence de niveau entre le lac Supérieur et le lac Inférieur n'a cessé d'augmenter au cours des dix dernières années. En 2017, elle avoisinait les 35 cm, un record depuis le début des mesures.

Les niveaux des quatre lacs représentés à la figure 4.9 ont évolué différemment au cours de l'année. En janvier, le lac de Constance, le lac Majeur et le lac Léman ont affiché un niveau normal pour la saison, alors que le lac de Neuchâtel cotait 31 cm en dessous de la moyenne mensuelle interannuelle. Les niveaux du début de l'année sont les plus bas qui ont été relevés dans le lac de Neuchâtel pendant les 35 ans de la période de mesure. Le nouveau minimum a été enregistré le 30 janvier à 428,75 m. Du mois de février à la fin de l'année, les moyennes mensuelles ne se sont plus écartées de la normale de plus de 9 cm. Les lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat sont reliés par le canal de la Thielle et celui de la Broye. Lorsque le niveau du lac de Neuchâtel est bas, ceux des deux autres lacs le sont par conséquent également. Les lacs de Bienne et de Morat ont donc eux aussi affiché de nouveaux minima en janvier et en février. Outre les grands lacs qui ont déjà été mentionnés, les lacs de Zoug (mesures depuis 1930) et de Sarnen (mesures depuis 1974) ont enregistré de nouveaux minima en janvier. Le niveau du lac de Zurich n'est quant à lui resté que 2 cm au-dessus de la valeur la plus basse relevée jusqu'ici.

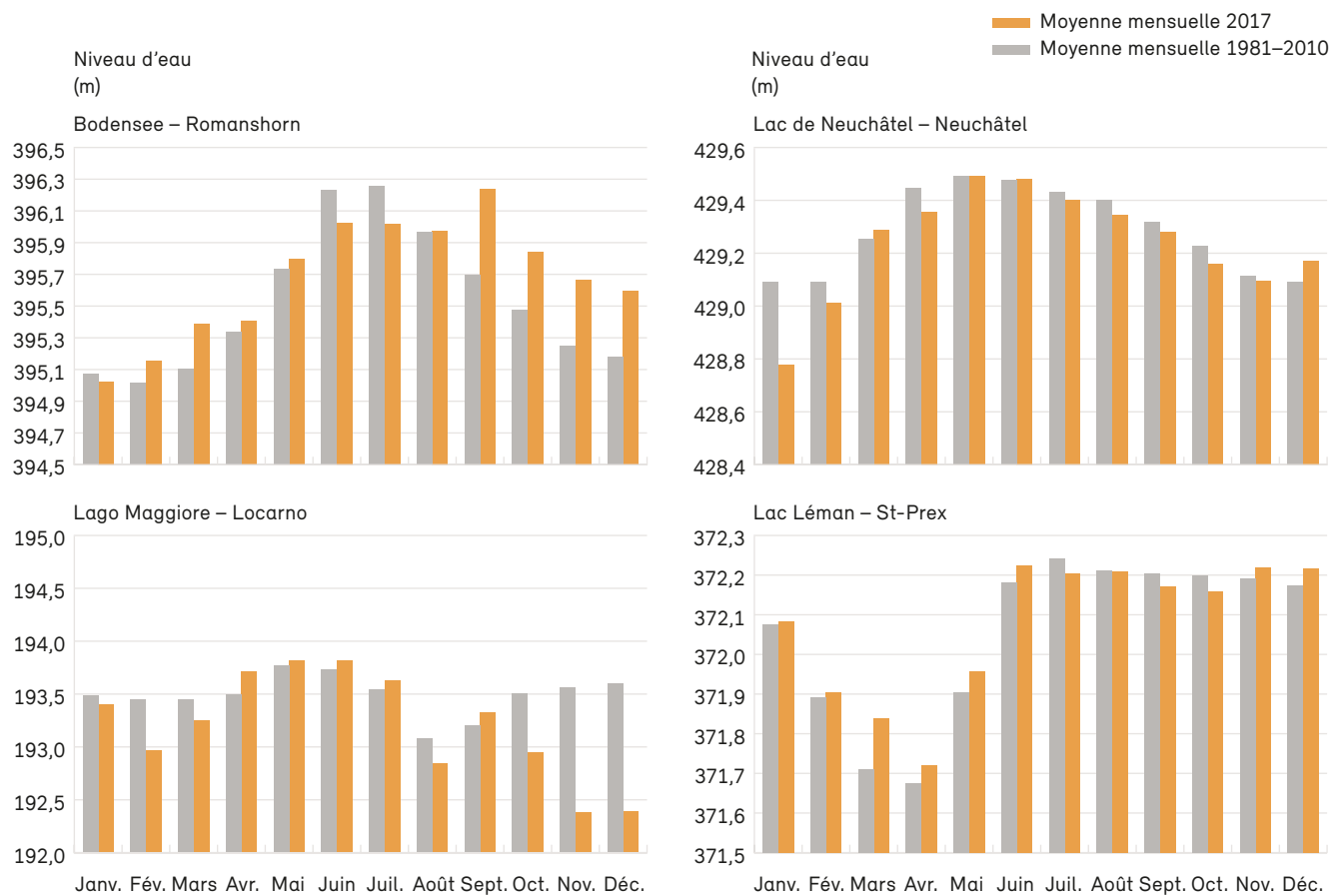
Pour ce qui est du lac Léman, seul le mois de mars mérite d'être mentionné. En moyenne, son niveau s'est situé 13 cm au-dessus de la valeur interannuelle. Durant le reste de l'année, l'écart n'a jamais dépassé 5 cm.

Le lac de Constance et le lac Majeur ont connu des évolutions contraires. En février et mars ainsi que de septembre (ou octobre) à la fin de l'année, le lac de Constance a affiché des niveaux relativement élevés, alors que le lac Majeur a conservé des niveaux bas. Les écarts par rapport aux moyennes mensuelles interannuelles ont été nettement plus grands que pour les lacs du pied du Jura. Du mois de septembre à la fin de l'année, les écarts positifs mesurés au lac de Constance se sont situés entre 37 et 54 cm. Les déficits pluviométriques auxquels le Tessin a dû faire face pendant le 4^e trimestre ne se sont pas traduits par de nouveaux records (5 cm au-dessus du minimum de décembre), mais tout de même par des niveaux d'eau inférieurs d'environ 120 cm aux valeurs habituelles.

Aucun des quatre lacs n'a dépassé les seuils d'alerte. S'agissant du lac de Constance, le niveau d'eau le plus élevé de 2017 est resté 32 cm au-dessous de la limite du niveau de danger 2 et donc presque exactement 1 m sous la cote maximale de l'année précédente. Avec une différence de 4 cm, le niveau du lac Léman a été relativement proche du seuil d'alerte le plus bas. Notons dans ce contexte que, à partir du milieu de l'année, les mesures de régulation maintiennent le niveau du lac Léman dans une fourchette très étroite, de sorte que même dans des conditions normales, il ne s'éloigne jamais beaucoup de ce seuil. Les moyennes mensuelles interannuelles de juillet, d'août et de septembre se sont situées à peine 15 cm en deçà de la cote de danger 2.

Moyennes mensuelles des niveaux de différents lacs

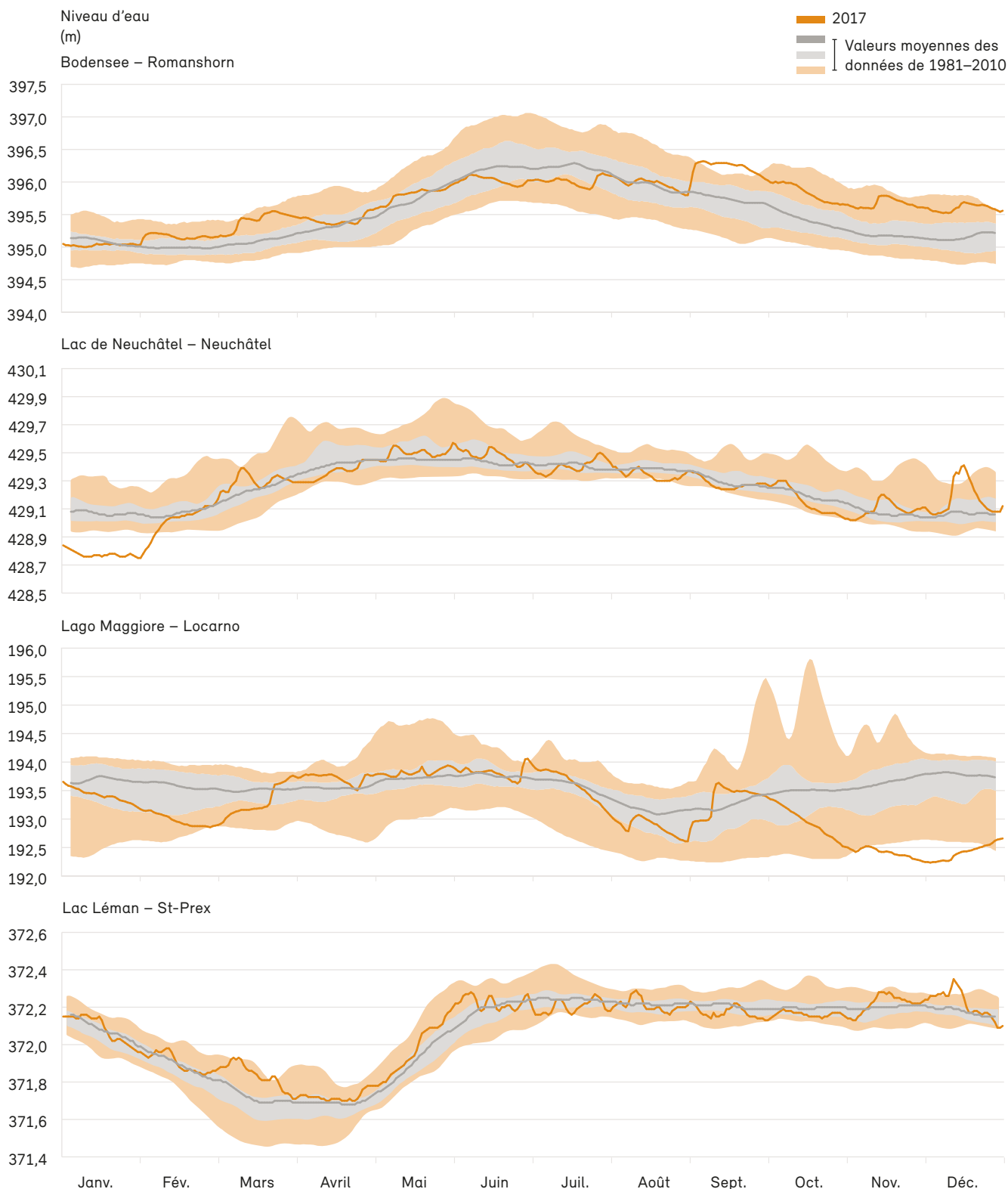
Fig. 4.9 : Moyennes mensuelles 2017 des niveaux d'eau par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981–2010



Niveaux journaliers de différents lacs

Fig. 4.10: Moyennes journalières 2017 des niveaux d'eau par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.



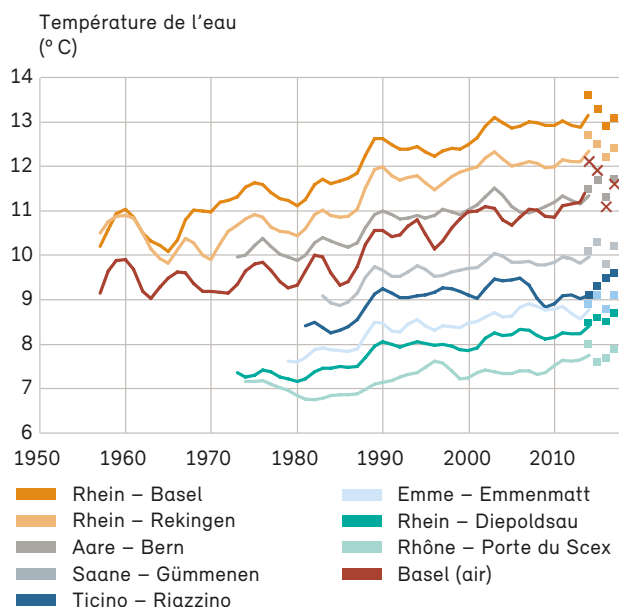
4.3 Températures de l'eau

L'année 2017 a été marquée par des températures de l'air très élevées en hiver et en été (chap. 2). Plusieurs régions du pays, notamment le sud des Alpes, ont enregistré un nombre de jours d'ensoleillement supérieur à la normale, ce qui s'est répercuté sur la température des cours d'eau, sous la forme d'une multiplication des dépassements des valeurs annuelles maximales par rapport à 2016. Les maxima ont toutefois été dépassés moins fréquemment que pendant l'année extrême 2015, à savoir à 10% des emplacements de mesure des Alpes septentrionales, sporadiquement dans la région du lac de Constance et dans la partie orientale des Alpes centrales. Comme l'année précédente, aucun nouveau minimum annuel n'a été relevé.

Le graphique montre que la tendance progressive à la hausse des moyennes annuelles comporte encore et toujours des phases brutales de réchauffement. La stagnation des moyennes lissées depuis 2003 sera probablement suivie d'un net réchauffement à partir de 2014/2015 (fig. 4.11). Les analyses des prochaines années montreront si cette élévation de la température de l'eau se confirme.

Fig. 4.11 : Évolution de la température de différents cours d'eau suisses de 1954 à 2017

Les lignes représentent les moyennes lissées sur sept ans, les points ou les croix (température de l'air) les quatre dernières moyennes annuelles.



Le premier trimestre 2017 a été caractérisé par deux tendances opposées. Le mois de janvier a été exceptionnellement frais : à plus d'un tiers des stations de toute la Suisse, les températures ont été inférieures aux minima précédents. La figure 4.12 montre clairement comme les moyennes journalières sont descendues en dessous de la tendance interannuelle (stations Rhein – Rekingen et Ticino – Riazino).

À partir du 23 février, de fortes vagues de chaleur ont en revanche entraîné un net réchauffement des cours d'eau. Par conséquent, les anciens maxima de février ont été dépassés par endroits. En mars 2017, la température de l'eau a continué d'augmenter et un quart supplémentaire des stations a enregistré de nouveaux records pour ce mois. Pendant ces deux mois, aucune valeur maximale n'a toutefois été dépassée aux stations de l'arc jurassien.

Après les semaines plutôt fraîches qui ont suivi, le mois de mai a connu des journées nettement plus chaudes. À près d'un quart des stations, les températures ont dépassé les anciens maxima. Toutefois, les valeurs sont restées inférieures aux minima précédents à un dixième supplémentaire des stations. Une autre partie des stations (10%) ont à la fois enregistré de nouveaux maxima et de nouveaux minima pour le mois de mai.

Le printemps doux a fait place à un été très chaud (chap. 2). En juin, le réchauffement et une vague de chaleur de cinq jours ont eu un impact sensible sur la température de l'eau. Plus d'un tiers des stations de l'OFEV ont alors enregistré de nouveaux records pour juin.

Après un mois de juillet un peu plus chaud que la normale, les températures sont redevenues très élevées en août (chap. 2), mais elles ont moins affecté la température de l'eau que la canicule du mois de juin.

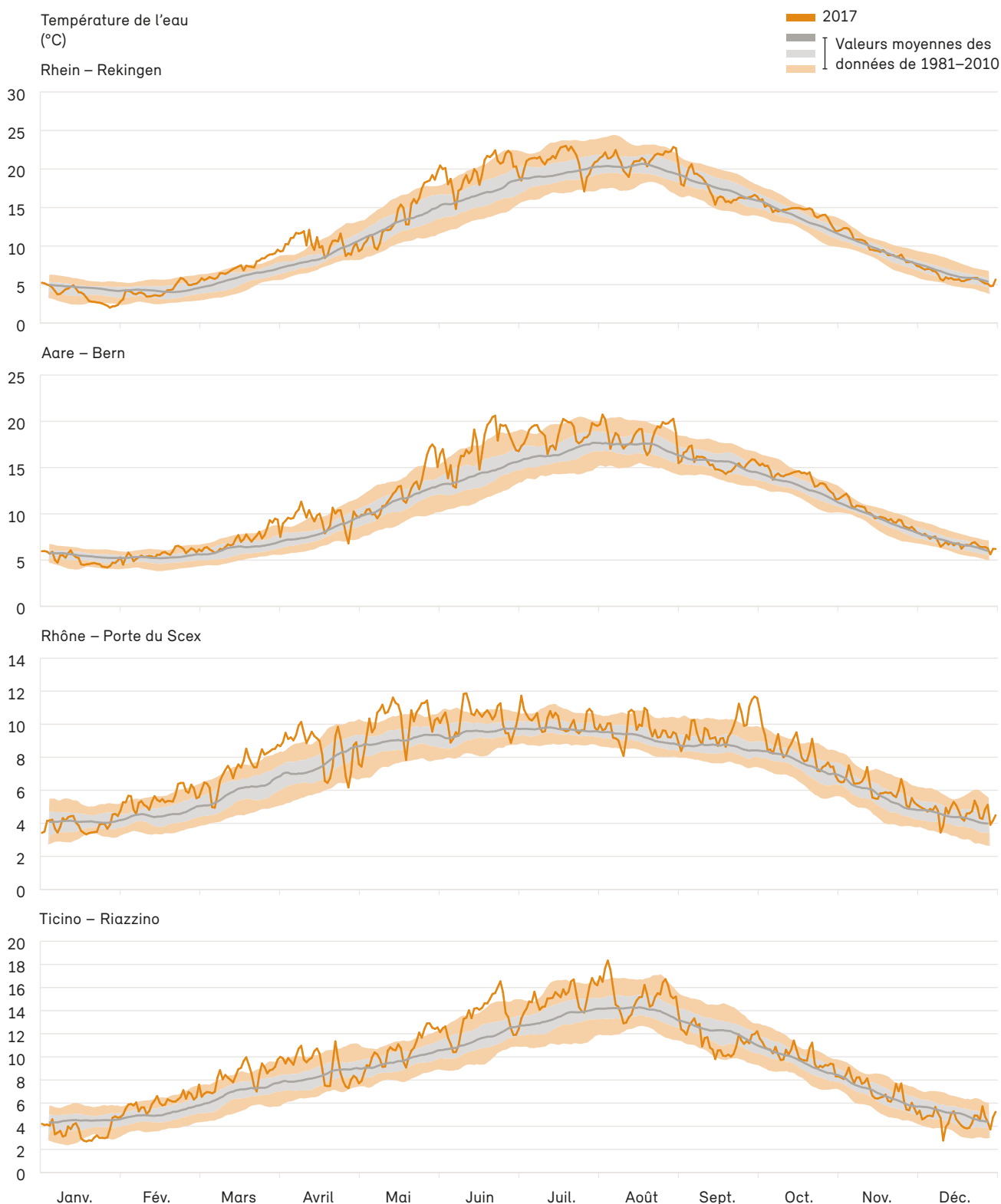
La grande fraîcheur de septembre et les journées bien ensoleillées d'octobre n'ont pas eu de grandes conséquences sur la température de l'eau. De nouveaux maxima ou minima mensuels n'ont été observés qu'à quelques endroits.

Par contre, en décembre, près du quart des stations ont relevé des températures inférieures aux valeurs minimales mesurées jusque-là.

Températures journalières moyennes de différentes stations

Fig. 4.12 : Moyennes journalières 2017 de la température de l'eau par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010

À l'intérieur des zones oranges se trouvent 90 % des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50 % des moyennes journalières.

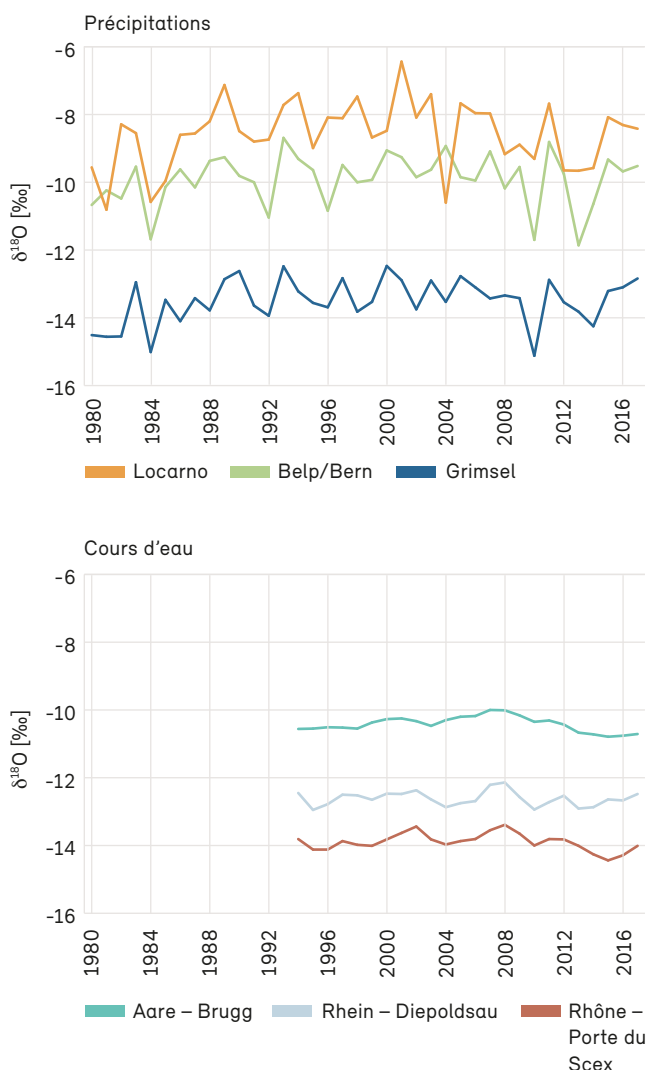


4.4 Isotopes stables

Les isotopes stables présents dans les précipitations, les eaux de surface et les eaux souterraines sont des indicateurs naturels qui fournissent des informations fort utiles pour les études régionales climatologiques, environnementales et hydrologiques. Ils permettent de suivre chacun des éléments constitutifs de l'eau dans les eaux souterraines ou d'estimer l'altitude moyenne d'un bassin versant. Depuis quelques années, le rapport entre les isotopes stables de l'eau, la température et l'humidité relative de l'air dans les zones de provenance des précipi-

Fig. 4.13 : Stations de mesure de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (Module ISOT)

Évolution des valeurs $\delta^{18}\text{O}$ dans les précipitations et dans les cours d'eau à différentes stations de mesure de 1980 à 2017.



tations est de plus en plus pris en compte dans les études météorologiques. Afin d'obtenir les données de référence nécessaires pour tous les types de recherches susmentionnées, l'évolution régionale à long terme du deutérium (^2H) et de l'oxygène-18 (^{18}O) est suivie à treize stations pluviométriques représentatives et à neuf stations hydro-métriques dans le cadre du module ISOT (isotopes de l'eau) de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (fig. 4.13).

Les valeurs isotopiques des précipitations sont soumises à des fluctuations saisonnières régulières. Entre 1980 et le début de ce siècle, les valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations ont généralement augmenté à toutes les stations pluviométriques, suivant la même tendance générale que les températures. En revanche, elles ont plutôt eu tendance à stagner, voire à diminuer, entre 2005 et 2015; depuis, elles remontent en majeure partie (fig. 4.13).

Les hivers 2015/2016 et 2016/2017 ont été relativement doux, ce qui, dans les précipitations, s'est exprimé par des valeurs δ plus élevées que les normales saisonnières. Pendant l'été 2017, la température de l'air a été élevée, et il en est donc allé de même pour les valeurs δ . L'irruption du froid en septembre a ensuite entraîné une baisse des valeurs δ dans les précipitations. La douceur est revenue au mois d'octobre.

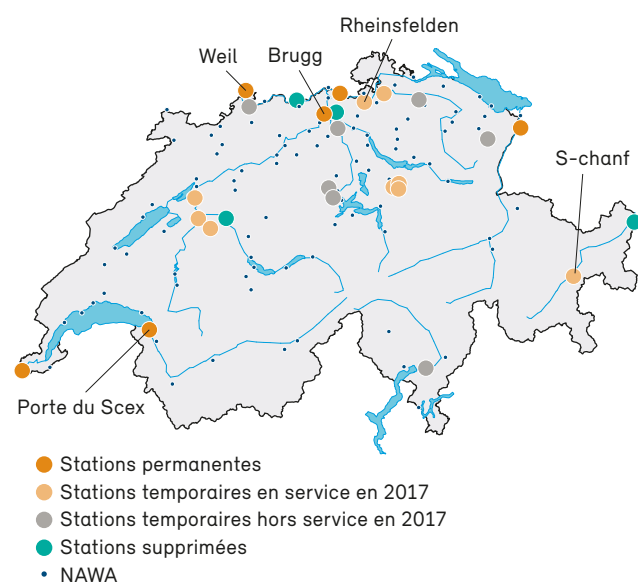
Dans les cours d'eau, les valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ connaissent la même évolution saisonnière, mais sous une forme fortement atténuée à cause des dosages dans l'écoulement, qui varient selon les régions (dans l'Aar, le Rhin et le Rhône, p.ex.). Ici aussi, la tendance haussière des valeurs isotopiques s'est interrompue entre 2009 et 2015. Dans l'Aar à Brugg, le Rhin à Diepoldsau et le Rhône à la Porte du Scex, les valeurs δ ont poursuivi en 2017 la hausse entamée en 2015. L'été et le mois d'octobre 2017 ayant été chauds, l'eau de fonte glaciaire (aux valeurs δ plus négatives) a toutefois davantage contribué à l'écoulement pendant cette période.

4.5 Qualité de l'eau, propriétés physiques et chimiques

L'OFEV suit l'état et l'évolution de la qualité de l'eau des cours d'eau suisses à 17 stations dans le cadre de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF, désormais partie intégrante du programme de mesures NAWA, voir annexe), ainsi qu'à 111 stations dans le cadre de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA Trend), un programme mené en collaboration avec les cantons (fig. 4.14). Les mesures sont réalisées non seulement pour observer l'évolution des composants de l'eau (substances nutritives et micro-polluants, p. ex), mais aussi pour évaluer l'efficacité des mesures de protection des eaux. Les études sur la qualité de l'eau se concentrent par conséquent davantage sur les variations à long terme que sur les fluctuations saisonnières. C'est pourquoi ces analyses sont publiées dans l'annuaire hydrologique avec certains thèmes clés. Les données complètes des programmes NAWA Trend et NADUF sont disponibles sur Internet (voir annexe).

Fig. 4.14: Stations de mesure de NADUF et de NAWA Trend

Stations de mesure de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF) et de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA Trend) relevant la qualité de l'eau en Suisse, état 2017.



Chlorures dans les cours d'eau

La pollution des eaux suisses par les chlorures est principalement due aux activités humaines et très peu aux facteurs géologiques. Les chlorures pénètrent dans les eaux avec les sels de voirie et les eaux usées industrielles et domestiques (ils sont surtout utilisés pour adoucir l'eau). Alors que la teneur naturelle des eaux en chlorures est de quelques mg/l, des concentrations dix fois supérieures sont mesurées dans des bassins versants densément peuplés ainsi qu'en hiver, quand les routes sont salées. Les chlorures ne sont cependant toxiques qu'à des concentrations beaucoup plus élevées (> 200 mg/l).

Comme les causes de la contamination sont très diverses et, contrairement à la pollution par les nutriments, ne sont pas directement liées à l'amélioration du traitement des eaux usées, on ne peut constater aucune évolution claire et généralisée de la pollution des eaux suisses par les chlorures. Aux quatre stations sélectionnées, la teneur en chlorures a généralement augmenté au cours des dernières décennies, sauf dans le Rhin à Bâle/Weil (fig. 4.15). C'est le Rhône qui a connu la plus forte augmentation entre le début des années 1980 et le tournant du millénaire.

Le fait que la pollution des eaux suisses par les chlorures est probablement due en majeure partie au sel de voirie se manifeste dans les fluctuations tant saisonnières qu'interannuelles de la teneur aux quatre stations (fig. 4.14). En effet, l'évolution des teneurs au cours de l'année présente des valeurs maximales pendant les mois d'hiver (de janvier à mars), voire parfois dès décembre. À la fin des années 1980, les températures hivernales se sont soudainement réchauffées en Suisse, entraînant une baisse de la teneur annuelle moyenne en chlorures dans le Rhin, l'Aar et la Glatt. Au cours des quinze dernières années, certains hivers ont de nouveau été plus frais, ce qui peut, du moins en partie, expliquer la hausse marquée des concentrations depuis le début du nouveau millénaire. Dans le Rhône, dont le bassin versant est relativement peu peuplé et la teneur en chlorures faible, l'augmentation observée depuis le début des années 1980 est probablement davantage d'origine géologique et est peut-être influencée par des eaux usées industrielles contenant des chlorures.

Teneur en chlorures de différents cours d'eau de 1974 à 2017

Fig. 4.15 : Évolution de la teneur en chlorures dans des échantillons composites sur deux semaines à différentes stations NADUF de 1974 à 2017

Les graphiques représentent les moyennes lissées sur onze échantillons (en orange) et les moyennes annuelles pondérées par le volume écoulé (en gris). Les moyennes annuelles ne sont calculées que si au moins 80 % des données de l'année sont disponibles.



4.6 Charge solide en suspension

Les concentrations des sédiments transportés en suspension par les cours d'eau sont relevées par l'OFEV deux fois par semaine à treize stations hydrométriques (fig. 4.16). Les concentrations des échantillons prélevés sont corrélées avec les données de turbidité mesurées en ligne et extrapolées en charges mensuelles et annuelles à l'aide des données sur les débits. Complétées par des observations hydrologiques et écologiques, les données sur les sédiments en suspension permettent d'optimiser la gestion et la protection des eaux suisses.

La loi fédérale sur la protection des eaux et l'ordonnance sur la protection des eaux constituent la base légale du suivi de la charge solide en suspension.

Les concentrations de sédiments en suspension dans les cours d'eau dépendent fortement des turbulences et du volume d'eau. Ce phénomène ressort clairement de la manière dont les charges solides en suspension mesurées pendant les mois d'hiver lorsque la plupart des cours d'eau sont en situation d'étiage ne contribuent que faiblement aux charges annuelles (fig. 4.17). À l'inverse, les orages peuvent produire une charge journalière représentant déjà une grande partie de la charge annuelle. Les moyennes des quatre ans de la période de référence 2014–2017 peuvent donc être encore for-

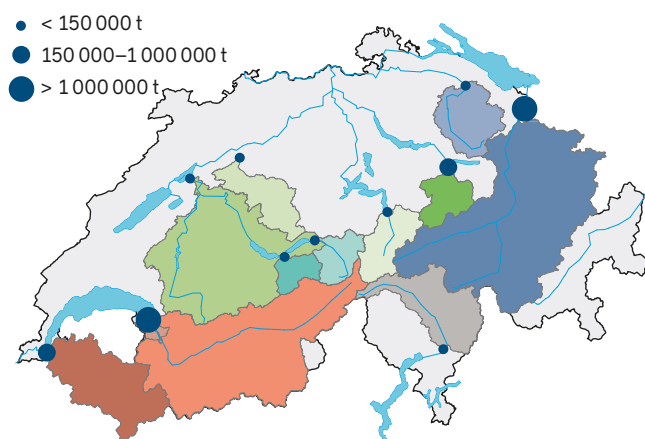
tement influencées par des événements exceptionnels au cours d'une seule année. Pour des raisons méthodologiques, il n'est pas encore possible d'utiliser une période de référence plus longue.

En 2017, du fait de la sécheresse estivale et des faibles niveaux d'eau qu'elle a occasionnés, pratiquement tous les emplacements de prélèvement ont enregistré pendant l'été, en particulier en juillet, des charges solides en suspension inférieures à celles de la période de référence (fig. 4.17). L'augmentation des charges consécutive aux pluies intenses qui ont arrosé la Suisse centrale et orientale en septembre apparaît clairement aux stations de Rhein – Diepoldsau, de Thur – Halden et de Linth – Mollis. Début février, la Thur a en outre subi une crue fortement chargée en sédiments en suspension, qui s'est répercutée sur la moyenne mensuelle. À cet emplacement, les charges mensuelles sont relativement équilibrées sur l'ensemble de l'année, tout comme le régime d'écoulement. Dans le Rhin à Diepoldsau, la moyenne mensuelle élevée de juin de la période 2014–2017 est fortement influencée par la crue de 2016.

Au Tessin, les débits annuels inférieurs à la normale ont également eu un impact sur les charges solides en suspension annuelles (fig. 4.16). À Bellinzone, quelque 57 000 t de sédiments en suspension ont été transportées vers le lac Majeur, soit à peine un tiers environ de la quantité habituelle. Réparties sur l'année, ces faibles charges s'observent chaque mois. L'Arve à Genève n'a transporté qu'environ deux tiers de la charge moyenne de la période, ce qui s'observe en juillet 2017 à cause des débits inférieurs à la normale. Par ailleurs, la moyenne annuelle de la période provient de la crue de mai 2015 et des énormes quantités de sédiments transportés.

Fig. 4.16: Charges solides en suspension de différents bassins versants en 2017

Charges annuelles classées en 2017 aux emplacements de prélèvement du réseau d'observation du transport de sédiments de l'OFEV.



Moyennes mensuelles des charges solides en suspension de différents bassins versants

Fig. 4.17: Moyennes mensuelles 2017 des charges solides en suspension par rapport aux moyennes mensuelles de la période 1981–2017



5 Eaux souterraines

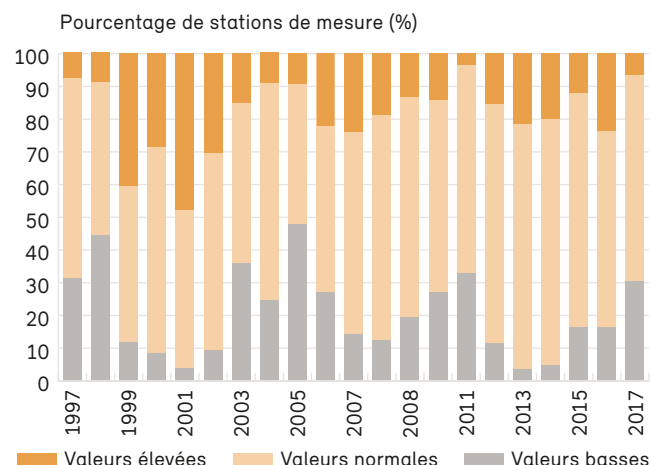
Au cours de l'année 2017, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont généralement été conformes à la normale. Au début de l'année, en été et en automne, ils ont cependant été faibles à la moitié des stations de mesure.

5.1 Eaux souterraines – quantité

Le suivi des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources à une centaine de stations dans le cadre de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA permet de déterminer l'état et l'évolution des eaux souterraines suisses en matière de quantité. Les résultats des mesures renseignent en outre sur l'impact possible des changements climatiques sur les ressources souterraines (multiplication des événements extrêmes tels que crues ou sécheresses, p. ex.).

Fig. 5.1 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources de 1997 à 2017

Pourcentage des stations de mesure ayant enregistré des valeurs annuelles basses, normales et élevées pour le niveau des eaux souterraines ou le débit des sources de 1997 à 2016. En orange clair : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 80 % moyens des valeurs mesurées de 1997 à 2016. En orange foncé : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus élevés des valeurs mesurées de 1997 à 2016. En gris : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus bas des valeurs mesurées de 1997 à 2016.



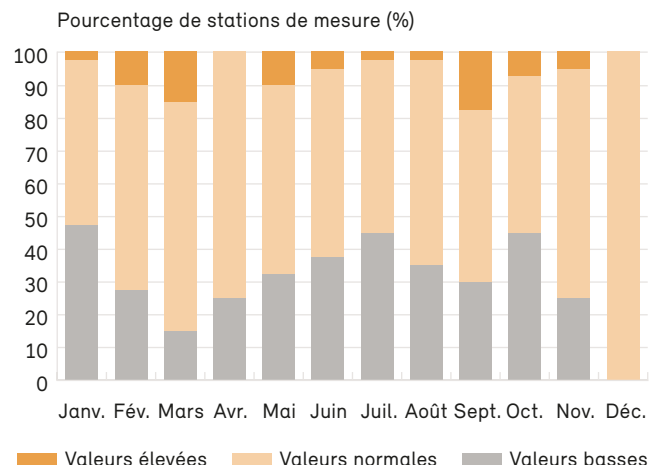
La Suisse connaît fréquemment des périodes de plusieurs années caractérisées par des niveaux des eaux souterraines plutôt bas ou plutôt élevés, selon les tendances météorologiques à long terme (température et précipitations). Cette généralisation comporte toutefois de grandes disparités entre les années et les régions. À cet égard, les années 2015, 2016 et 2017 représentent une période où les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources sont plutôt faibles (fig. 5.1).

Au cours de l'année 2017, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont évolué de la manière suivante en Suisse.

En janvier 2017, à la suite des précipitations modérées de décembre 2016, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont été faibles à environ une station de mesure sur deux (fig. 5.3, état des eaux souterraines

Fig. 5.2 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources en 2017

Pourcentage des stations de mesure ayant enregistré des valeurs mensuelles basses, normales et élevées pour le niveau des eaux souterraines ou le débit des sources de janvier à décembre 2017. En orange clair : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 80 % moyens des valeurs mesurées de 1997 à 2016. En orange foncé : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus élevés des valeurs mesurées de 1997 à 2016. En gris : la valeur actuelle entre dans la fourchette correspondant aux 10 % les plus bas des valeurs mesurées de 1997 à 2016.



au 10 janvier 2017, et fig. 5.2). En février, ils ont ensuite augmenté en Suisse romande et au Tessin en raison de précipitations plus abondantes que la normale et de la fonte des neiges déclenchée par le temps chaud.

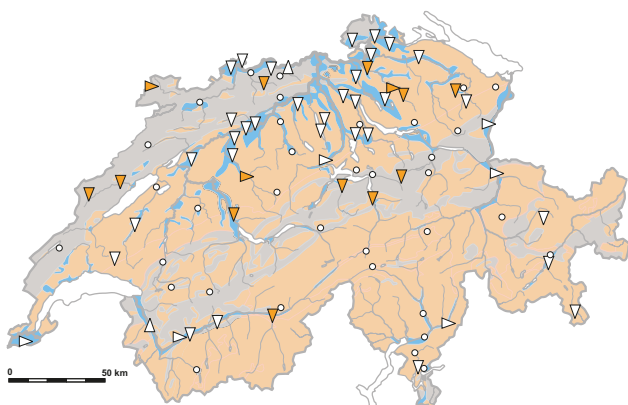
De mars à mai, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont en majeure partie été conformes à la normale en raison des précipitations correspondant

à la moyenne. Les régions moins arrosées ont cependant enregistré des valeurs passagèrement basses. À la mi-juin, on a observé généralement des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources normaux, avec une tendance à la baisse (fig. 5.3, état des eaux souterraines au 13 juin 2017).

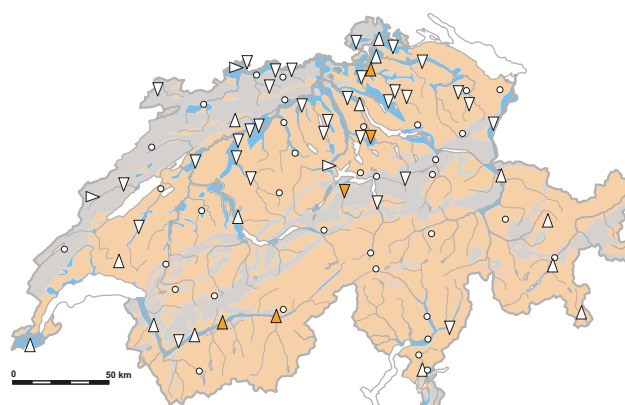
Fig. 5.3 : État des eaux souterraines

Niveaux des eaux souterraines et débits des sources ainsi que leur tendance pendant quatre jours de référence en 2017, par rapport à la période de mesure 2001–2016.

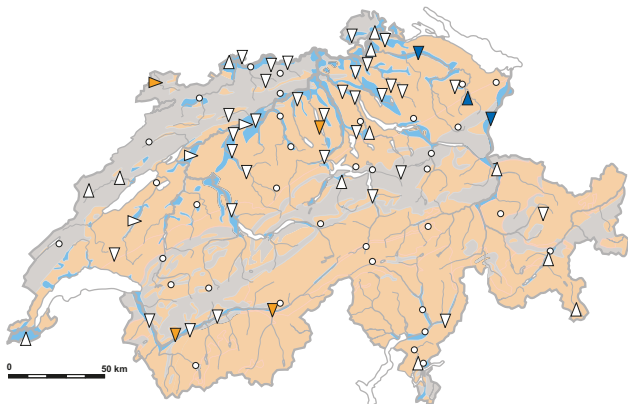
10 janvier 2017



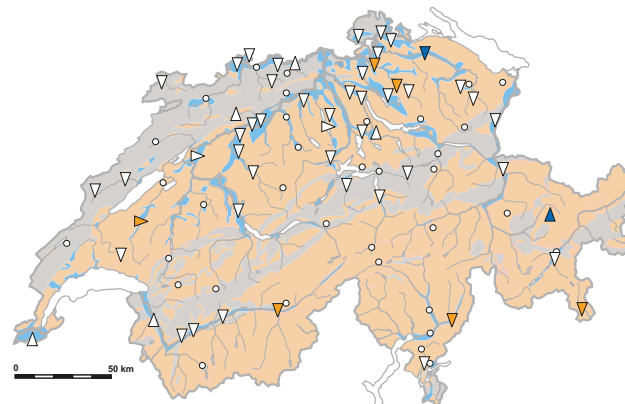
13 juin 2017



13 septembre 2017



4 décembre 2017



Type d'aquifère

- en roche meuble
- fissuré
- karstique

Tendance

- ▲ à la hausse
- ▢ stable
- ▼ à la baisse

En comparaison interannuelle

- ▲ élevé (> 90^e centile)
- ▢ normal (10^e–90^e centile)
- ▼ bas (< 10^e centile)
- Série de mesures pas assez longue

De juin à août, les précipitations ont été déficitaires en Suisse romande, alors que de fortes pluies ont entraîné des cumuls supérieurs à la normale dans le centre et l'est du pays. Ceux-ci ont été particulièrement bénéfiques pour les aquifères en roche meuble proches de la surface ou liés à une rivière. Ainsi, à la mi-septembre, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources se situaient dans la normale un peu partout, avec une tendance hétérogène (fig. 5.3, état des eaux souterraines au 13 septembre 2017).

Dans l'ensemble, le mois d'octobre a été chaud et sec. Le mois de novembre a lui aussi été pauvre en précipitations au sud des Alpes et en Suisse romande, ce qui, dans ces régions, a entraîné une baisse des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources. Par contre, le même mois, des précipitations abondantes ont fait monter les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources dans le centre et l'est du pays. Début décembre, les valeurs se situaient généralement dans la normale au nord des Alpes, parfois déjà au-dessus. Au sud des Alpes, les niveaux des eaux souterraines ont été normaux à bas (fig. 5.3, état des eaux souterraines au 4 décembre 2017).

Au cours du mois de décembre, de fortes précipitations sont tombées sur l'ensemble du pays – parfois sous forme de neige jusque sur le Plateau. Fin décembre, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient en conséquence conformes à la normale dans toute la Suisse (fig. 5.2).

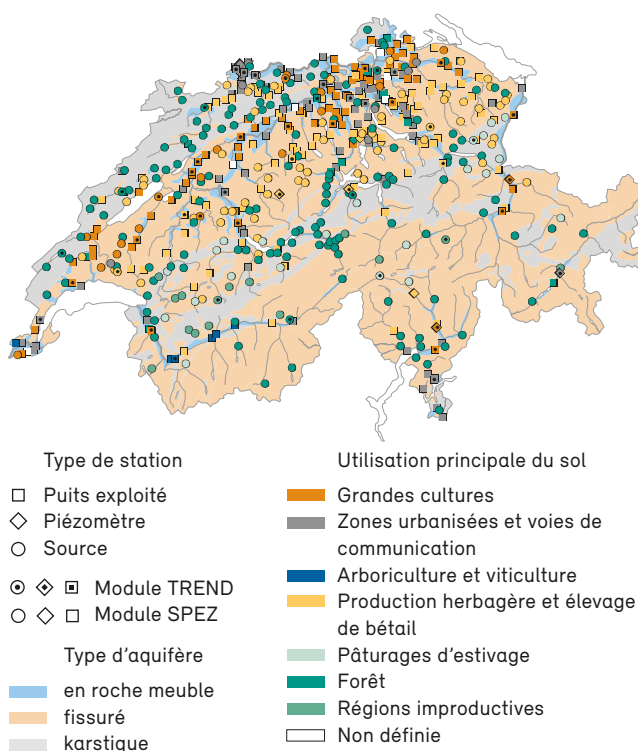
5.2 Eaux souterraines – qualité

La qualité des eaux souterraines suisses est généralement bonne. Il arrive cependant que des traces de substances de synthèse indésirables y soient détectées, en particulier dans les zones fortement urbanisées et les régions vouées à une agriculture intensive.

L'état et l'évolution de la qualité des eaux souterraines sont relevés dans le cadre de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA. Les mesures réalisées à 550 stations réparties sur l'ensemble du pays (fig. 5.4) permettent non seulement de détecter rapidement la

Fig. 5.4 : Stations de mesure de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (modules TREND et SPEZ)

Stations de mesure des modules TREND et SPEZ de NAQUA relevant la qualité des eaux souterraines selon l'utilisation principale du sol dans le bassin versant et selon le type d'aquifère, état 2017.



présence de substances problématiques ou de changements indésirables, mais aussi de vérifier l'efficacité des mesures prises dans le domaine de la protection des eaux souterraines. Les analyses de la qualité des eaux souterraines se concentrent par conséquent sur les variations à long terme, significatives du point de vue statistique, et non sur les fluctuations saisonnières. Elles ne sont donc pas publiées dans l'annuaire hydrologique. Des informations et des données supplémentaires sont disponibles sur Internet (voir annexe).

Annexe

Glossaire

Centile

Mesure de position en statistique. Un centile détermine la part des valeurs d'une distribution situées au-dessus ou au-dessous d'un certain seuil. Par exemple, la valeur du 95^e centile est telle que 95 % des observations se trouvent au-dessous et 5 % au-dessus. Le centile le plus connu est la médiane (ou le 50^e centile), qui divise les valeurs d'une distribution en deux parties égales.

Niveau de danger

Pour les alertes en cas de crue, l'OFEV distingue cinq niveaux de danger, conformément aux dispositions de l'ordonnance sur l'alarme et le réseau radio de sécurité. Chacun d'eux renseigne sur l'intensité de l'événement, les conséquences possibles et les comportements à adopter. Pour les lacs, la limite de crue marque le passage entre le niveau 3 (« danger marqué ») et le niveau 4 (« danger fort »). Lorsque ce niveau est atteint, le risque d'inondation augmente. Les bâtiments et les infrastructures peuvent subir des dommages.

NM7Q

Comme pour les crues, des temps de retour sont calculés pour les valeurs mesurées en situation d'étiage. Ils indiquent la récurrence probable d'une valeur sur la base des statistiques. Un étiage quinquennal, par exemple, survient statistiquement en moyenne une fois tous les cinq ans. Les statistiques des étiages de l'OFEV utilisent le paramètre d'étiage NM7Q, soit le plus faible débit moyen sur sept jours consécutifs durant une année. Le paramètre NM7Q se situe dans le même ordre de grandeur que la moyenne journalière minimale, mais est moins exposé aux erreurs de mesure ou aux perturbations à court terme d'origine anthropique, qui sont atténuées.

Normale

Pour décrire les conditions climatologiques ou hydrologiques moyennes d'une station, on utilise les valeurs moyennes (normales) de divers paramètres mesurées sur une longue période. Dans le présent annuaire, il s'agit le plus souvent de la période 1981–2010.

Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA)

En collaboration avec les cantons, l'OFEV établit les bases permettant de documenter et d'évaluer l'état ainsi que l'évolution des eaux suisses au niveau national.

Observation nationale des eaux souterraines NAQUA

L'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA se compose des quatre modules QUANT, TREND, SPEZ et ISOT. Le premier est consacré à l'observation quantitative des eaux souterraines, tandis que le deuxième et le troisième se focalisent sur la qualité. Servant à observer les isotopes stables dans les précipitations et les cours d'eau, le quatrième livre des données de référence pour les eaux souterraines.

Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF)

Le programme de mesure suit l'évolution des concentrations et des flux de substances dans différents cours d'eau suisses.

^2H , ^{18}O

Le deutérium (^2H) est un isotope naturel stable de l'hydrogène. L'oxygène-18 (^{18}O) est un isotope naturel stable de l'oxygène. Les isotopes sont des atomes d'un élément possédant le même nombre de protons, mais un nombre différent de neutrons. Les valeurs δ (valeurs delta) sont des coefficients des isotopes considérés $\delta(^2\text{H}/^1\text{H})$, abrégé en $\delta^2\text{H}$, et $\delta(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})$, abrégé en $\delta^{18}\text{O}$.

Informations complémentaires sur Internet

Des informations détaillées sur les thèmes de l'Annuaire hydrologique de la Suisse et les réseaux hydrométriques de l'OFEV, ainsi que des données actuelles et historiques se trouvent sur Internet, sous :

www.bafu.admin.ch/annuairehydrologique

Données actuelles et historiques :

www.hydrodaten.admin.ch

Bulletin hydrologique de l'OFEV :

www.hydrodaten.admin.ch/fr/hydro_bulletin.html

Bulletin des eaux souterraines de l'OFEV :

www.hydrodaten.admin.ch/fr/bulletin-des-eaux-souterraines.html

Résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA :

www.bafu.admin.ch/naqua

Résultats de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF) – téléchargement des données :

www.eawag.ch/de/abteilung/wut/schwerpunkte/chemie-wasserressourcen/naduf

Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF) – description du réseau d'observation :

www.bafu.admin.ch/naduf

Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) sous forme de carte :

<https://s.geo.admin.ch/7a9e38d5a8>

Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) – description du réseau d'observation :

www.bafu.admin.ch/nawa

Indicateurs Eaux et informations complémentaires sur l'eau :

www.bafu.admin.ch/eaux

Abwasserreinigung Oberengadin (ARO) :

www.ara-oberengadin.ch

