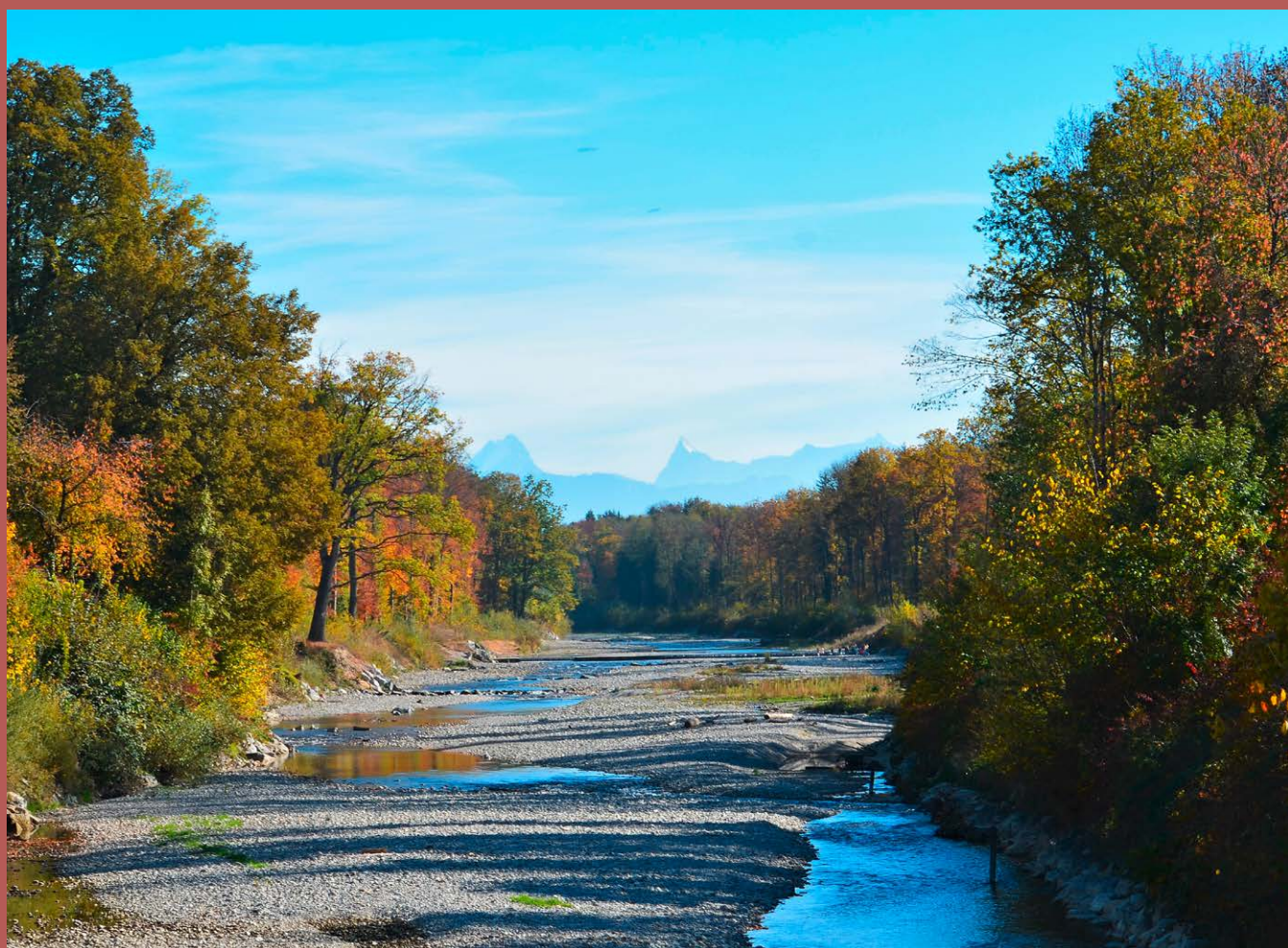


Annuaire hydrologique de la Suisse 2018

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 2018

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

Faits qui ont marqué 2018 : partie concernant le lac des Faverges: Département des géosciences de l'Université de Fribourg et Geotest AG

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

Neige: WSL 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.) 2019: Annuaire hydrologique de la Suisse 2018.

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

État de l'environnement n° 1907: 40 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Graphisme, mise en page

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Situation d'étiage de l'Emme près de Kirchberg (BE) en octobre 2018. Photo: Esther Scheidegger, OFEV

Source iconographique

Page 13: Isabelle Kull, Geotest AG

Page 16: Matthias Huss, Département des géosciences de l'Université de Fribourg

Source des données

Les analyses hydrologiques sont basées sur les données provisoires de 2018.

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-1907-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 2019

Table des matières

Abstracts	5
<hr/>	
Avant-propos	6
<hr/>	
Résumé	7
<hr/>	
1 Les faits qui ont marqué 2018	8
<hr/>	
2 Conditions météorologiques	14
<hr/>	
3 Neige et glaciers	15
<hr/>	
4 Eaux de surface	17
<hr/>	
5 Eaux souterraines	35
<hr/>	
Annexe	39

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

Avant-propos

«Alerte canicule à Bâle», «Les chutes du Rhin réduites à un filet d'eau?» ou «La Suisse souffre du manque de pluie», mais aussi «Les changements climatiques sont une réalité». Voilà, parmi bien d'autres, quelques titres que la presse a publiés en été et en automne 2018. La sécheresse persistante et la situation d'étiage des cours d'eau ont représenté en 2018 l'un des principaux thèmes abordés par les médias suisses et l'une des préoccupations majeures, tant au plan de la technique qu'à celui de la communication, de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

La neige abondante de l'hiver et la période sèche qui a suivi montrent bien comment les extrêmes météorologiques se succèdent et pourraient se multiplier à l'avenir. Le scénario comportant plus de précipitations en hiver et moins en été revient souvent dans les études sur le changement climatique en Suisse. En 2018, pour une majeure partie de la population, la question n'a pas été de savoir si les changements climatiques auront – ou ont déjà – un impact sur les eaux suisses, mais plutôt de savoir ce que la Suisse peut faire aujourd'hui pour mieux lutter contre de telles vagues de chaleur et périodes de sécheresse sans causer de problèmes majeurs à l'homme et à l'environnement.

C'est pour obtenir de meilleures données sur ces interrogations que l'OFEV coordonne le thème prioritaire «Données hydrologiques concernant le changement climatique» (Hydro-CH2018) du *National Centre for Climate Services* (NCCS). Ainsi, de nombreux projets de recherche présenteront des scénarios hydrologiques en 2020 et proposeront des pistes de solution pour différents secteurs de la gestion des eaux. Les résultats s'appuieront sur les nouveaux scénarios climatiques CH2018 et seront mis à la disposition du public à titre de services climatiques.

Il existe un ouvrage qui illustre les effets des changements climatiques: l'Atlas hydrologique de la Suisse (HADES). En 2018, il a fêté ses 30 ans d'existence et accompli son passage à l'ère numérique. Le site Internet www.atlashydrologique.ch offre à sa rubrique «Données & analyse» un autre accès aux données hydrologiques numériques. Il est aussi en constant développement. Matériel didactique et guides d'excursion complètent l'ouvrage et orientent la population vers davantage de connaissances sur les eaux et davantage de protection du climat.

Je vous invite à passer en revue les événements hydrologiques de l'année écoulée dans le présent annuaire et vous souhaite bonne lecture.

Karine Siegwart
Sous-directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Résumé

Conditions météorologiques

La Suisse a enregistré en 2018 une température moyenne supérieure de 1,5 °C à la norme 1981-2010, ce qui représente un nouveau record depuis le début des mesures en 1864. Les précipitations annuelles ont généralement atteint 80 à 95 % de la norme, et 100 à 115 % dans certaines régions du sud des Alpes. Par contre, en Suisse orientale, le cumul annuel est resté bien en dessous de la moyenne.

Neige et glaciers

La quantité de neige tombée au-dessus de 1500 m sur l'ensemble de l'hiver était presque identique à la quantité de neige totale enregistrée en 2008/09. Le dernier hiver où la neige a été plus abondante date de 1981/1982. Par contre, en dessous de 1000 m, l'enneigement n'a été que la moitié de la norme. L'été caniculaire de 2018 a de nouveau entraîné une fonte massive des glaciers, qui aurait été encore plus spectaculaire sans les énormes quantités de neige de l'hiver.

Débits des cours d'eau et niveaux des lacs

En matière de débits, le nord des Alpes et le Valais ont connu deux événements majeurs au mois de janvier. Dans les bassins versants peu englacés, les débits ont diminué de la mi-juin jusqu'à début décembre, de nouveaux minima ayant même été enregistrés à de nombreuses stations au cours de cette période. De multiples cours d'eau du Plateau ont affiché des débits très faibles durant l'année. Seuls les bassins versants très englacés ont affiché des débits annuels nettement supérieurs à la moyenne. Dans le sud du pays, les débits annuels ont largement dépassé la moyenne en dépit des phases d'étiage. Les pluies persistantes tombées entre fin octobre et début novembre ont provoqué une augmentation rapide et marquée des débits dans les bassins versants du Tessin et de la Maggia.

Le niveau de la plupart des grands lacs est resté inférieur à la moyenne pluriannuelle. Avec -21 cm, le lac Majeur a enregistré le plus grand écart par rapport à la norme. Les fortes précipitations de janvier ont permis au lac de Constance et aux lacs du pied du Jura de garder un niveau très élevé pour cette période de l'année. En revanche,

du fait de la sécheresse qui a sévi au second semestre, les grands lacs du Plateau ont également présenté des niveaux mensuels planchers records. Au nord des Alpes, la situation d'étiage ne s'est améliorée qu'en décembre.

Températures de l'eau

S'agissant de la température annuelle moyenne de l'eau, de nouveaux records ont été relevés à de nombreuses stations. En raison des faibles débits et des longues périodes d'ensoleillement intense combinés à des températures élevées de l'air, de nouveaux maxima absolus de la température de l'eau ont été enregistrés à de nombreuses stations au cours de l'été.

Isotopes stables

L'hiver 2017/2018 a été doux, ce qui s'est traduit par des valeurs δ supérieures à la moyenne dans les précipitations. Au printemps, en raison des températures élevées de l'air, on a mesuré très tôt des valeurs δ hautes par rapport aux longues années d'observation. Dans les cours d'eau, on observe aussi cette évolution saisonnière des valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$.

Charges solides en suspension

En été, du fait de la sécheresse et des faibles débits, presque toutes les stations de mesure ont enregistré des charges solides en suspension inférieures à celles de la période de référence. Des quantités supérieures à la moyenne n'ont été relevées en été que dans le Rhône en Valais et, après les fortes précipitations du mois de janvier et de la fin de l'année, qu'à plusieurs stations du nord des Alpes ainsi qu'au Tessin.

Eaux souterraines

Au cours de l'année, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources n'ont cessé de baisser en raison de la sécheresse persistante. Comme pour les eaux de surface, il a fallu attendre la fin de l'année pour qu'ils remontent. Une station de mesure sur deux a enregistré des températures élevées des eaux souterraines au cours du second semestre.

1 Les faits qui ont marqué 2018

À l'instar de 2017, 2018 restera dans les mémoires comme une année d'étiage: l'hiver très enneigé a été suivi d'une grande sécheresse et d'une forte chaleur. En conséquence, les niveaux des lacs et des rivières, mais aussi des eaux souterraines sont restés bas pendant des mois et de nouveaux records de températures de l'eau ont été enregistrés. Cette période a été entrecoupée de brefs épisodes de crue: la crue de la Simme due à la vidange d'un lac sur le glacier de la Plaine Morte; puis le lac Majeur, suite aux fortes pluies d'octobre, est monté rapidement et a débordé. C'est seulement à la fin de l'année que de fortes précipitations ont mis un terme à la longue période d'étiage, également au nord des Alpes.

1.1 Encore une année d'étiage et un été caniculaire

La neige très abondante qui est tombée sur les Alpes début 2018 a rappelé l'hiver 1999. On a même par endroits craint que des crues importantes ne se produisent au printemps, mais la chaleur et la sécheresse inhabituelles pour la saison ont fait fondre la neige rapidement. Des inondations se sont néanmoins produites, mais seulement localement, car la pluie n'est pas venue aggraver la situation. Selon l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse), l'été qui a suivi a été l'un des moins pluvieux depuis le début des mesures en 1864 (chap. 2). Ce déficit pluviométrique associé à la chaleur des semaines qui ont suivi et à l'évaporation ainsi accrue sont à l'origine de la sécheresse persistante et de l'étiage marqué dans nombre de cours d'eau, qui a duré presque jusqu'à la fin de l'automne.

Très peu d'eau dans les rivières

Nombre de petits et moyens cours d'eau ont été en situation d'étiage voire à sec par endroits. Plusieurs grands cours d'eau ont aussi présenté des débits très bas (Limmat, Reuss, Aar et Rhin, chap. 4). Les régions les plus touchées ont été le centre et l'est du Plateau, le Jura et les Préalpes du canton de Berne et de Suisse centrale. En automne également, les cours d'eau de Suisse romande ont affiché des débits de plus en plus faibles. La situa-

tion a été la même au Tessin, où des niveaux très bas ont aussi été observés.

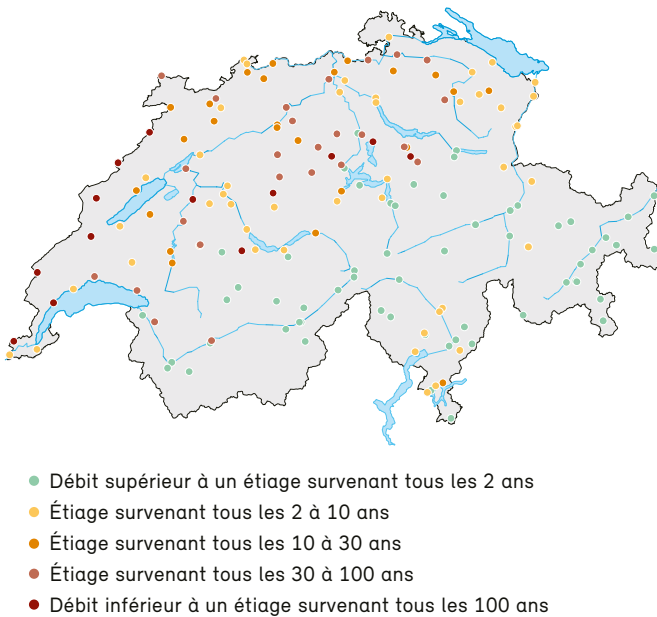
Quelques cours d'eau n'ont atteint leur plus bas niveau de l'année 2018 qu'au mois de novembre, comme l'Aar et le Rhin en aval du lac de Constance, mais aussi de plus petits cours d'eau comme l'Areuse à Boudry, la Glatt à Rheinsfelden ou la Sitter à St-Gall.

En incorporant les valeurs observées dans les statistiques des étiages, il ressort que de nombreux cours d'eau ont affiché des débits qui ne surviennent que tous les deux à dix ans, voire nettement moins souvent: plus d'un tiers des stations de mesure de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) ont enregistré en 2018 des valeurs qui ne reviennent statistiquement que tous les dix ans voire plus rarement. Près d'une station sur dix ne relève ces débits que tous les cent ans ou encore moins souvent, comme la Lorze à Zoug, l'Allondon à Dardagny et le Doubs au Noirmont (fig. 1.1), mais aussi l'Areuse à St-Sulpice (débit annuel représenté à la fig. 1.2).

Conséquences de la sécheresse

La sécheresse persistante et l'été caniculaire ont eu de nombreuses conséquences sur la population, l'environnement et l'économie en Suisse: des niveaux d'eau très bas, la mise en œuvre de plans canicule pour protéger la population, un risque très élevé d'incendie de forêt, la pullulation des bostryches, l'hécatombe des poissons dans le Rhin et autres cours d'eau, une fonte des glaciers supérieure à la moyenne, des restrictions d'utilisation de l'eau et des pertes agricoles. Les explications dans le présent annuaire se limitent à la situation hydrologique des cours d'eau et des lacs ainsi que des eaux souterraines. Les données sur la fonte des glaciers figurent au chapitre 3. Des informations plus détaillées sur les conséquences de la sécheresse seront publiées dans le rapport de l'OFEV sur la canicule et la sécheresse de l'été 2018, qui paraîtra en été 2019.

Fig. 1.1 : Situation d'étiage dans les cours d'eau suisses en 2018
 Comparaison des valeurs NM7Q (voir annexe) avec la statistique des étiages de l'OFEV.



Intense fonte des glaciers

La situation était tout autre dans les bassins versants englacés de haute altitude, où la vague de chaleur a intensifié la fonte des glaciers. Les débits des cours d'eau y étaient normaux ou supérieurs à la moyenne jusqu'au mois de septembre. Au début du mois d'août, le débit de la Massa à Blatten en Valais a atteint à plusieurs reprises des valeurs relevant du niveau de danger 3 pour les crues (« danger marqué »). La Simme à Oberried/Lenk s'est trouvée brièvement en crue le 27 juillet 2018 après la vidange du lac des Faverges, situé sur le glacier de la Plaine Morte (point 1.2).

Niveaux des lacs au plus bas

Certains lacs ont affiché des niveaux très bas dès l'été. Ainsi, le lac de Zoug et le lac d'Ägeri ont présenté en août des niveaux qui n'apparaissent que tous les 30 à 100 ans, et les lacs de Greifen et de Lauerzer, des niveaux jamais enregistrés depuis le début des mesures (1987 et 1984). Des niveaux qui ne reviennent que tous les 10 à 30 ans ont été observés en septembre aux lacs de Baldegger et de Sempach, et en octobre au lac de Hallwil. Fin novembre, le lac de Pfäffikon affichait un niveau jamais atteint depuis le début des mesures (1987).

En automne, quelques lacs de Suisse romande ont été fortement touchés par la situation d'étiage, par exemple le lac des Brenets dans le Jura. Sa faible alimentation par le Doubs et son sous-sol karstique ont fait baisser son niveau de plusieurs centimètres par jour jusqu'en novembre, mettant de grandes parties du lac à sec dès la mi-septembre. À la station de l'OFEV des Brenets, la réalisation de mesures automatiques s'est révélée compliquée voire impossible, car l'installation n'est pas configurée pour mesurer des niveaux aussi bas. Le minimum (moyenne journalière) a été atteint le 22 novembre avec 736,00 m. Le niveau le plus bas jamais relevé au lac des Brenets est de 734,66 m (5 octobre 1906). À titre de comparaison, la moyenne pluriannuelle se situe autour de 750 m, soit près de 15 m de plus.

Les lacs du pied du Jura ont affiché des niveaux moyens jusqu'à mi-octobre, qui sont néanmoins tombés très bas en novembre. Les niveaux des lacs de Biemme, de Morat et de Neuchâtel se situaient dès le milieu du mois en dessous du minimum de novembre relevé au cours des 36 années d'analyse statistique (fig. 4.10). Le temps de retour des niveaux des lacs du pied du Jura est de 10 à 30 ans.

Le lac Majeur, le lac de Walenstadt et la partie inférieure du lac de Constance ont enregistré en 2018 des niveaux apparaissant tous les 2 à 5 ans. Par ailleurs, les lacs des Quatre-Cantons, de Zurich et de Brienz ont affiché des niveaux également très bas en été et en automne par rapport aux autres années. Le classement statistique montre toutefois que ces lacs présentent ces niveaux bas presque chaque année, généralement pas en été ni en automne, mais en hiver.

L'évolution des niveaux des lacs au cours de l'année est décrite plus en détail au point 4.2.

Niveaux bas des eaux souterraines et faibles débits des sources

La sécheresse a eu des conséquences non seulement sur les rivières et les lacs, mais aussi sur les niveaux des eaux souterraines et sur les débits des sources, qui n'ont cessé de diminuer au cours du printemps. Au début du mois d'août, ils étaient très inférieurs à la moyenne dans presque toute la Suisse en raison du manque de

précipitations. Cette situation a touché en particulier les aquifères en roches meubles reliés à des cours d'eau du Plateau ou du sud des Alpes ainsi que les aquifères non reliés à un cours d'eau et avec une zone non saturée de faible épaisseur. Par contre, la fonte précoce et marquée des neiges a permis aux aquifères situés dans les dépôts graveleux dans le fond des vallées des grands cours d'eau alpins de conserver des niveaux normaux, qui ont néanmoins fini par baisser. Les sources karstiques du Jura ont affiché des débits parfois plus bas qu'en 2003 et 2015 durant les phases de sécheresse, mais des débits assez élevés lors des fortes précipitations et des orages à répétition jusqu'au milieu de l'année, comme ce fut le cas de la source de l'Areuse à St-Sulpice (NE) (fig. 1.2).

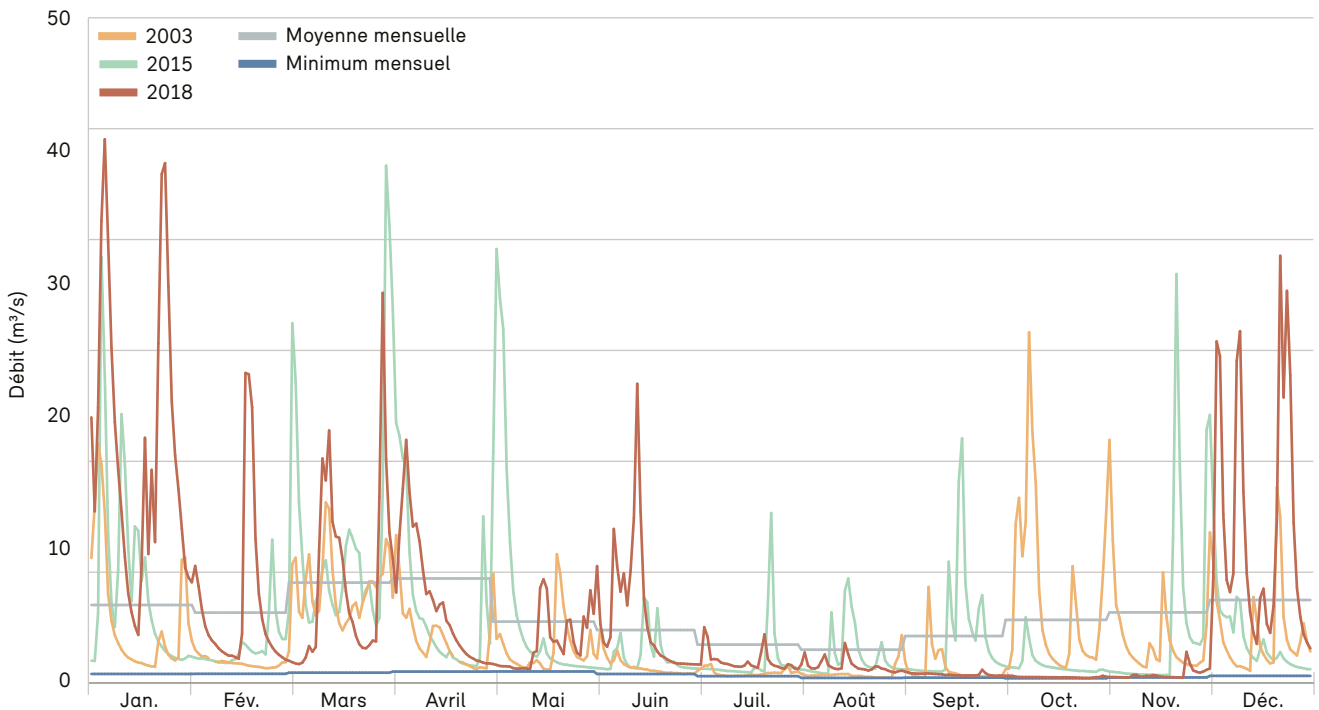
Les niveaux très bas des eaux souterraines n'ont pas entravé l'alimentation en eau potable, qui provient à 80 % de ces ressources (le reste est issu des eaux de surface c.-à-d. des lacs). Cependant, les régions n'ayant que des ressources locales ou de petites sources ont connu quelques difficultés d'approvisionnement, comme dans le Jura, les Préalpes ou la Suisse orientale.

Records de température de l'eau

Début août, de nombreux cours d'eau du Plateau avaient atteint des températures particulièrement élevées en raison de leur faible débit et du fort ensoleillement. Les températures de l'eau sont également restées jusqu'en octobre exceptionnellement élevées pour la saison.

Fig. 1.2: Débit de la source de l'Areuse en 2018 (m³/s)

Débit de la source de l'Areuse à St-Sulpice (NE) (aquifère karstique) en 2018 par rapport aux valeurs mensuelles de la période de mesure 1959-2017 et aux valeurs journalières de 2003 et 2015. L'hydrogramme fait ressortir clairement les différentes périodes de sécheresse de l'année.



De nouveaux records de température de l'eau ont été enregistrés depuis le début des mesures à 25 des 83 stations exploitées par l'OFEV. De nouveaux maxima ont en outre été mesurés pour le mois d'août à d'autres stations (fig. 1.3). Dans de nombreux cours d'eau, la température a ainsi dépassé les valeurs relevées pendant les canicules de 2003 et de 2015 : le Rhin à Rekingen a atteint 26,6 °C le 5 août et l'Aar à Berne 23,8 °C le 6 août. Toutes les stations de mesure installées au bord du Rhin en aval du lac de Constance ont enregistré des températures de l'eau nettement supérieures à 25 °C. Ce seuil critique a aussi été franchi dans beaucoup d'autres cours d'eau, notamment dans la Limmat à Baden (27,0 °C), dans la Thur à Andelfingen (27,5 °C) et dans le Rhône à l'exutoire du lac Léman (27,6 °C).

Fig. 1.3: Températures des cours d'eau en 2018

Stations de mesure de l'OFEV auxquelles un nouveau maximum mensuel a été relevé en août 2018 (rouge). Les points gris désignent les stations sans nouveau maximum.



Dans les cours d'eau alimentés principalement par les glaciers (p.ex. à la station de mesure Massa-Blatten, située en aval du glacier d'Aletsch), aucun refroidissement inhabituel de l'eau n'a été constaté, à la différence de 2003.

Même en septembre et en octobre, la température de l'eau est restée très élevée dans beaucoup de cours d'eau. Étant donné la saison, elle n'a cependant plus atteint les valeurs critiques qui peuvent mettre les organismes

aquatiques en danger. Néanmoins, on a enregistré dans certains cours d'eau des températures jamais observées dans la seconde moitié de septembre : l'Aar à Berne affichait encore 20 °C (fig. 4.12), le Rhône à Genève 22 °C et la Tresa à l'exutoire du lac de Lugano 24 °C.

Retour à la normale d'abord au sud, puis au nord

Pendant les mois d'été et jusqu'en octobre, la situation d'étiage ne s'est améliorée que brièvement et localement dans les petits lacs et cours d'eau après des orages ou des jours de pluie. Les niveaux rebassaient néanmoins peu après. Sur le versant sud des Alpes, la situation s'est améliorée grâce aux fortes pluies qui sont tombées fin octobre et début novembre. Le niveau du lac Majeur est monté de façon marquée (point 4.2) et a même débordé par endroits. Les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont également réagi de manière importante à ces précipitations.

Sur le versant nord des Alpes, il a fallu attendre les pluies abondantes de début décembre pour voir les niveaux d'eau monter notablement. Le Rhin à Bâle a parfois affiché un débit de plus de 1000 m³/s début décembre, ce qui est presque trois fois plus que la quantité mesurée fin novembre. Pendant les fêtes de Noël, le redoux assorti de fortes précipitations a fait rapidement remonter le niveau des rivières et des lacs sur le versant nord des Alpes. Certains cours d'eau ont débordé et les lacs ont retrouvé un niveau normal grâce à ces apports accrus. Fin décembre 2018, la plupart des cours d'eau de Suisse avaient recouvré un état normal pour la saison. Les niveaux des eaux souterraines sont aussi remontés en de nombreux endroits à la suite des précipitations du mois de décembre, mais de loin pas partout. De manière générale, les eaux souterraines ont besoin d'une longue période pluvieuse pour retrouver des niveaux normaux, car elles réagissent aux précipitations de manière différée.

1.2 La vidange du lac des Faverges sur le glacier de la Plaine Morte

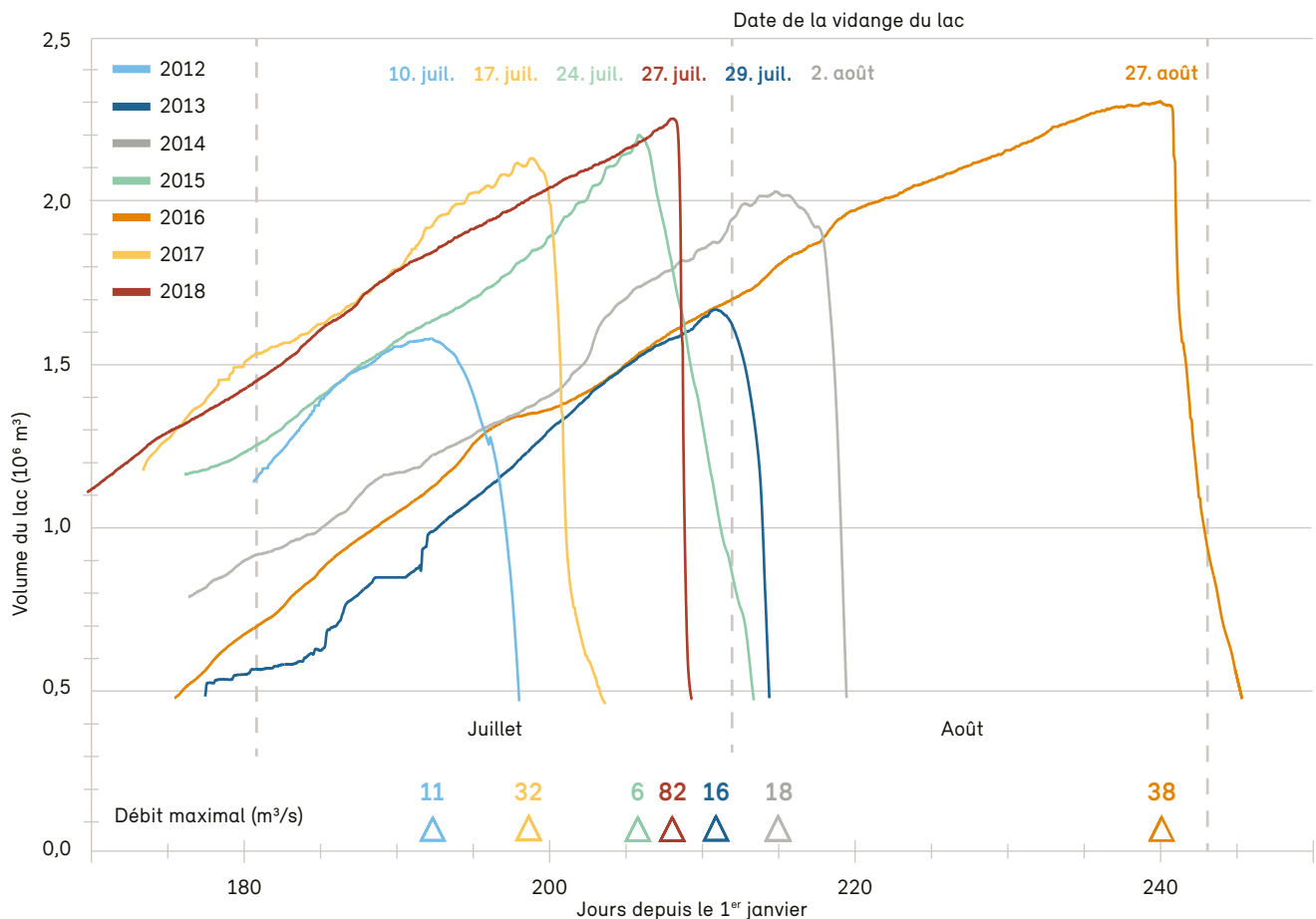
Depuis 2011, le lac des Faverges sur le glacier de la Plaine Morte, qui se trouve à la frontière des cantons de Berne et du Valais, se vidange chaque année. Situé au sud du glacier, il est alimenté par celui-ci. Les canaux intra- et sous-glaciaires sont bloqués en hiver sous la pression du poids du glacier. Au début de l'été, l'eau de fonte peut donc s'accumuler. En été, les canaux s'élargissent brusquement et le lac se vide dans la vallée de la Simme. Le niveau du lac est surveillé depuis juin 2012 au moyen d'un système d'alerte précoce et d'alarme automatique. Le lac glaciaire commence chaque année à se remplir au moment de la fonte des neiges en mai et le volume du lac augmente constamment jusqu'à dépasser 2 millions de m³.

Lorsqu'une vidange se produit, en juillet/août, le lac glaciaire se vide en l'espace de quelques jours (fig. 1.5). Ce phénomène peut en quelques heures entraîner une brusque hausse du débit de la Simme. Si la vidange du lac glaciaire n'a provoqué que de petites inondations lors des années précédentes, celle de l'été 2018 a généré une crue importante qui a causé de nombreux dégâts, se chiffrant en millions, dans la commune de La Lenk.

Le remplissage et la vidange du lac suivent une dynamique puissante et varient d'une année à l'autre. En combinant les mesures continues du niveau du lac avec des modèles numériques de terrain, il est possible de déterminer l'évolution du volume du lac (fig. 1.4).

Fig. 1.4: Évolution du volume du lac glaciaire des Faverges entre 2012 et 2018

Les courbes s'appuient sur une combinaison du niveau d'eau mesuré et de la forme du bassin. Le moment de la vidange est indiqué en haut, le débit maximal effluant du lac est indiqué en bas.



Ces dernières années, le lac des Faverges s'est beaucoup agrandi, car son bassin s'étend à mesure que le glacier recule. Le moment de la vidange brutale du lac glaciaire dépend beaucoup des conditions météorologiques de l'année. Ainsi, la vidange s'est produite en 2016 à la fin du mois d'août après un été relativement frais, mais, en 2017, elle s'est produite dès mi-juillet après un hiver peu enneigé. Les débits maximaux sortant du lac et entrant dans les canaux sous-glaciaires variaient de 10 à 20 m³/s entre 2012 et 2015 et ont été nettement plus élevés en 2016 et 2017. Dans la nuit du 27 au 28 juillet 2018, le débit a même atteint près de 80 m³/s pendant plusieurs heures à l'exutoire du lac glaciaire. Il a été quelque peu affaibli par le glacier et n'a heureusement pas été renforcé par des précipitations.

Le débit mesuré à la station de l'OFEV de Simme-Oberried/Lenk était néanmoins de l'ordre d'une crue tricentennale et a nettement dépassé le pic maximal de débit de près de 40 m³/s, relevé le 1^{er} août 2014. Les grandes quantités de neige de l'hiver 2018 ajoutées aux températures élevées en été ont entraîné une fonte extraordinairement importante. C'est ce qui explique l'important agrandissement probable des canaux d'écoulement sous-glaciaires, qui a favorisé la violente vidange du lac glaciaire.

Source texte et graphique : Département de géosciences de l'Université de Fribourg et Geotest AG

Fig. 1.5: Le lac des Faverges après la vidange survenue fin juillet 2018



2 Conditions météorologiques

La température annuelle moyenne de la Suisse a été supérieure de 1,5 °C à la norme 1981-2010. Il s'agit d'un nouveau record depuis le début des mesures en 1864. Les précipitations annuelles ont généralement atteint 80 à 95 % des quantités habituelles, et 100 à 115 % dans quelques régions du sud des Alpes, alors que la Suisse orientale est restée fortement déficitaire en matière de précipitations totales.

Les températures de l'hiver 2017/2018 ont été en moyenne nationale conformes à la norme 1981-2010, mais avec de fortes variations d'un mois à l'autre. Le mois de décembre a présenté un déficit thermique de 0,6 °C par rapport à la norme, et celui de février, un déficit de 3,0 °C. Entre ces deux mois, janvier a enregistré une chaleur record. Les précipitations hivernales ont généralement été supérieures à 130 % de la norme 1981-2010, et même à plus de 200 % dans de nombreuses régions du Valais et dans certaines parties des Grisons. En janvier, des quantités records de précipitations ont été relevées à une centaine de sites de mesure. Quatre stations du Valais totalisant plus de 50 ans de mesures ont enregistré non seulement un record pour un mois de janvier, mais aussi un record tous mois confondus.

Le printemps 2018 a démarré dans la fraîcheur. En mars, la température a accusé, en moyenne nationale, un déficit de 1 °C par rapport à la norme. Par contre, le mois d'avril a été le deuxième le plus chaud depuis le début des mesures en 1864. Puis, d'avril à septembre, tous les mois ont enregistré des températures avoisinant les records. Les valeurs mensuelles sont restées élevées et ont franchi un nouveau maximum pour un semestre d'été, dépassant même légèrement le record absolu de l'été caniculaire légendaire de 2003. Après un mois d'avril extrêmement peu pluvieux et un mois de mai en manque de pluie généralisé, l'été a été très sec. En effet, en moyenne suisse, les précipitations entre juin et août n'ont atteint que 71 % de la norme 1981-2010. Dans certaines régions, le mois de juin n'a reçu que 20 à 40 % des précipitations habituelles. Certaines stations de mesure des Alpes centrales et orientales qui disposent de relevés depuis plus de 100 ans ont enregistré leur mois de juin le plus sec. En juillet, certaines régions du Plateau

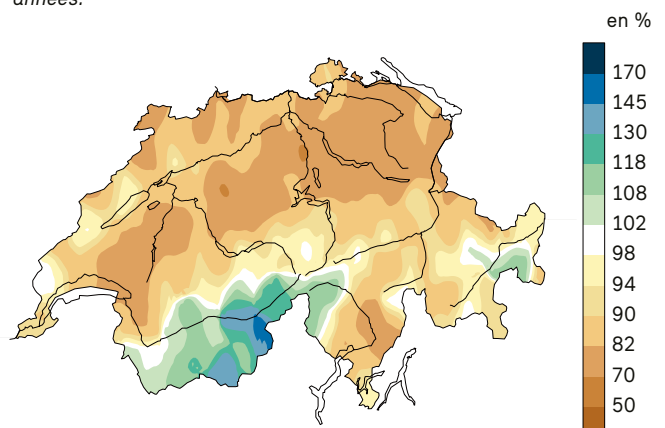
oriental et à nouveau la partie orientale des versants nord des Alpes ont connu un manque de pluie très important, les quantités tombées n'équivalant qu'à 20 à 30 % de la norme 1981-2010.

L'automne a été le troisième plus chaud en Suisse depuis le début des mesures en 1864, et même le plus chaud au sud des Alpes. En Suisse orientale, le manque de pluie qui a duré d'avril à novembre est devenu un événement séculaire. Ce déficit pluviométrique entre avril et novembre arrive en moyenne nationale au troisième rang avec 69 % de la norme 1981-2010.

Fin octobre, entre 200 et 300 mm de précipitations sont tombés en trois jours sur le sud des Alpes. Les régions limitrophes grisonnes ont également essuyé d'abondantes précipitations avec plus de 200 mm, dont une grande partie sous forme de neige. Au sud des Alpes, il a continué de pleuvoir abondamment au début du mois de novembre. Alors que les mois d'octobre et de novembre ont connu des précipitations totales nettement supérieures à la norme 1981-2010 au sud des Alpes, ils ont été une nouvelle fois extrêmement secs au nord des Alpes. Ce n'est qu'en décembre que cette région a de nouveau enregistré des précipitations supérieures à la moyenne.

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

L'année 2018 a été trop sèche en Suisse, sauf en Valais et dans quelques régions au sud. Le Plateau, et en particulier la Suisse orientale, a enregistré nettement moins de précipitations que d'autres années.



Source texte et graphique : MétéoSuisse

3 Neige et glaciers

Sur l'ensemble de l'hiver, il est tombé autant de neige au-dessus de 1500 m qu'au cours de l'hiver 2008/2009. Le dernier hiver où la neige a été plus abondante date de 1981/1982. En dessous de 1000 m en revanche, la quantité de neige s'est révélée presque deux fois moins importante qu'habituellement. L'été caniculaire a fait une nouvelle fois reculer massivement les glaciers, dont la fonte aurait été encore plus spectaculaire sans les énormes quantités de neige de l'hiver.

3.1 Neige

Fin octobre 2017, l'impression était déjà très hivernale au-dessus de 2500 m. Dans les parties occidentales et méridionales du pays en revanche, le mois d'octobre a été extrêmement sec et une grande partie des montagnes jusqu'en haute altitude n'étaient donc pas enneigées. Puis en novembre, il a neigé chaque week-end, parfois abondamment. Sur l'ensemble de ce mois, les hauteurs de neige ont dépassé la moyenne dans les montagnes du versant nord des Alpes et du nord du Valais ; ailleurs, elles y ont généralement été quelque peu inférieures. Dans les régions situées à basse altitude, il a beaucoup moins neigé qu'habituellement. Globalement, les hauteurs de neige de décembre ont été inférieures à la moyenne sur la crête principale des Alpes depuis le Haut-Valais jusqu'en Haute-Engadine et dans la plaine de Suisse alémanique ; dans toutes les autres régions, elles y ont été supérieures. L'est du versant nord des Alpes et les fonds des vallées du Valais et du Tessin ont connu un hiver beaucoup plus enneigé qu'habituellement.

L'année a commencé par des précipitations extrêmement abondantes et des températures très douces. Jusqu'au 23 janvier, il est tombé entre 2,5 et 5 m de neige à haute altitude en l'espace de 25 jours. Même si le temps est ensuite resté essentiellement sec, les hauteurs de neige à moyenne et haute altitude en janvier sont globalement restées nettement supérieures à la moyenne, et même très largement supérieures en Valais. À basse altitude en revanche, les quantités de neige y ont été bien inférieures.

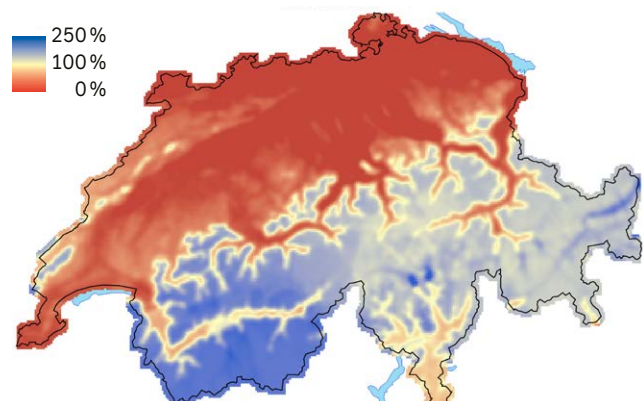
Tout au long du mois de février, il n'est pratiquement pas tombé de neige en plaine. Les hauteurs de neige ont donc été les mêmes qu'à la fin janvier.

En mars, quelques épisodes de faibles précipitations ont apporté un peu de neige fraîche dans le nord, y compris en plaine. Puis, avec les violentes précipitations tombées à la fin du mois, les cumuls de neige fraîche en altitude ont quelque peu dépassé la moyenne. Fin mars, il y avait à 2000 m entre 2 et 4 m de neige sur l'ensemble des Alpes suisses, à l'exception du centre et du sud du Tessin, ainsi que certaines parties de l'Engadine, soit des hauteurs de neige souvent 1,5 à 2 fois supérieures à la normale. Si l'on considère le mois de mars dans son entier, les hauteurs de neige ont été supérieures à la moyenne à haute altitude, mais souvent inférieures à la moyenne à basse altitude.

En avril, la fonte de la neige a été rapide. En altitude, la neige a perdu plus de 1 m d'épaisseur au nord de l'axe Rhône-Rhin, et presque 1 m au sud. Fin avril, les hauteurs de neige avoisinaient la moyenne pluriannuelle également à haute altitude.

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

Hauteurs de neige pendant l'hiver 2017/2018 (de novembre à avril) par rapport à la période 1971-2000.



Le mois de mai a également été exceptionnellement chaud sans beaucoup de précipitations dans la plupart des régions, en dépit d'une activité orageuse persistante. Les hauteurs de neige ont continué à diminuer rapidement. À haute altitude, elles étaient inférieures à la moyenne à la fin du mois sur le centre et l'est du versant nord des Alpes, dans les Grisons et au Tessin. Dans l'ouest, elles étaient encore légèrement supérieures à la normale et nettement supérieures à celle-ci dans les vallées de Viège et dans la région du Simplon.

Source texte et graphique : WSL-Institut de recherche pour la neige et les avalanches SLF

3.2 Glaciers

En avril et en mai, des hauteurs de neige très importantes ont été mesurées sur les glaciers suisses, dépassant la normale de 20 à 70 %. En Valais notamment, les glaciers étaient exceptionnellement bien enneigés au début de la période de fonte. La chaleur du printemps et du début de l'été a cependant réduit la couche de neige, et la glace a rapidement disparu. Ensuite, avec la forte sécheresse, aucune chute de neige fraîche notable n'a été observée durant tout l'été sur les glaciers. Normalement, il y a toujours quelque peu aussi en été, ce qui réduit sensiblement la fonte durant quelques jours. Or, durant la canicule du mois d'août et jusqu'à fin septembre 2018, la fonte des glaciers a été extrêmement importante.

Selon des mesures effectuées sur 20 glaciers dans toutes les régions du pays, le bilan de masse – c'est-à-dire le rapport entre la croissance due à la neige et les pertes dues à la fonte – est à nouveau fortement négatif. Avec la chaleur estivale persistante, la protection assurée par l'épaisse couche de neige était loin d'être suffisante pour assurer un bilan équilibré et les glaciers ont vu leur volume diminuer. Nombre d'entre eux ont perdu 1,5 à 2 m d'épaisseur moyenne de glace, parfois beaucoup plus. Toutefois, grâce à l'abondante neige hivernale, la perte d'épaisseur dans le sud du Valais a été inférieure à 1 m (p. ex. Glacier d'Allalin, Glacier de Findelen et Glacier de Giétro).

Pour l'année hydrologique 2017/2018, on estime la perte à environ 1400 millions de m³ de glace pour l'ensemble

des 1500 glaciers suisses. Le volume actuel des glaciers a donc diminué de plus de 2,5 % durant cette période. Au total, ces dix dernières années, on enregistre une perte d'un cinquième de la glace. À titre d'illustration, une telle perte permettrait de recouvrir tout le pays d'une couche de 25 cm d'eau.

La fonte des glaciers au cours de l'été 2018 a été exceptionnellement importante. Seules les énormes quantités de neige de l'hiver 2017/2018 ont permis d'empêcher une perte record de glace. L'année 2018 se classe ainsi quasiment au même rang que les étés caniculaires de 2015 et 2017, sans toutefois dépasser l'année 2003. L'accumulation des années extrêmes rend les petits glaciers particulièrement vulnérables, beaucoup d'entre eux se décomposant véritablement.

Source : Département de géosciences de l'Université de Fribourg et Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW) de l'EPF Zurich

Fig. 3.2 : Gigantesque moulin dans le glacier de la Plaine Morte (BE), par lequel le lac des Faverges s'est vidangé fin juillet 2018 (voir aussi chap. 1)



4 Eaux de surface

Tandis que des débits très bas ont été mesurés dans de nombreux cours d'eau du Plateau durant toute l'année, des débits annuels nettement supérieurs à la moyenne ont été observés dans le sud du pays et dans les bassins versants fortement englacés. En raison du manque de précipitations, le niveau de la plupart des grands lacs est également passé nettement en dessous de la moyenne pluriannuelle. De nombreux cours d'eau ont enregistré des records de température de l'eau au cours de l'été caniculaire.

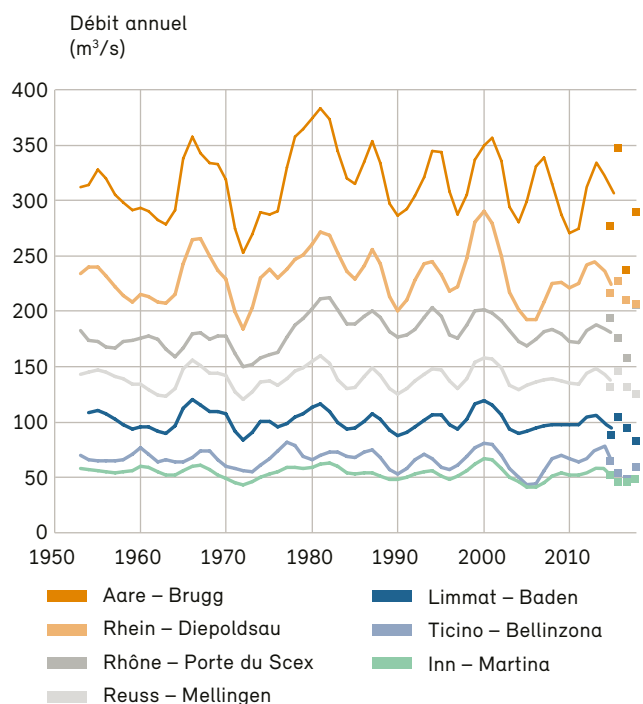
4.1 Débits

En 2018, les moyennes annuelles des débits dans les bassins versants de grande taille ont varié dans une fourchette très large: entre 30% en dessous et 30% au-dessus des valeurs de la norme 1981-2010. La Thur s'est située à la limite inférieure de cette fourchette et la Maggia à la limite supérieure. Entre les deux, les débits annuels moyens de la Limmat et de la Birse ont atteint près de 80% de la norme; l'Aar, la Reuss, le Rhin Alpin, l'Inn et le Tessin, près de 90%. Le débit du Doubs s'est rapproché de sa moyenne pluriannuelle et celui du Rhône l'a dépassée d'un peu plus de 10%.

Les débits annuels moyens dans les bassins versants de taille moyenne (fig. 4.2) ont évolué dans une fourchette à peine plus large que dans les grands bassins versants. À la limite inférieure de cette fourchette se situent surtout les bassins versants de Suisse centrale (Lorze, Suhre) et du nord-est (Murg, Glatt, Sitter) ainsi que la Broye et le Brenno, avec des débits de l'ordre de 65 à 70% de la norme. La Lorze a enregistré sa plus faible moyenne annuelle depuis le début des mesures en 1983 avec 1,9 m³/s (le record étant jusqu'alors de 2,1 m³/s en 1997). En raison du faible apport d'eau, le niveau du lac de Zoug est tombé au mois d'août à sa cote la plus basse jamais mesurée (point 4.2). Le débit issu du bassin versant très englacé de la Massa a été nettement supérieur à la moyenne, ce qui est peu étonnant: le débit annuel du glacier d'Aletsch a en effet été de 30% supérieur à la moyenne pluriannuelle (point 3.2).

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.



Le passage des débits annuels aux débits mensuels (fig. 4.3 et 4.4) et journaliers (fig. 4.5 à 4.8) fait ressortir certaines particularités.

- Sur le versant nord des Alpes, de la Suisse romande jusqu'à la Suisse orientale, ainsi qu'en Valais, il y a eu deux situations de crue importante en janvier, suivies par un événement moindre en février. Sur le versant nord des Alpes, on a observé en outre deux pics de débit au cours du mois de décembre.
- Dans les régions peu ou pas englacées, les débits ont baissé à partir de la mi-juin jusqu'à début décembre. La diminution constante des quantités d'eau n'a été interrompue que par quelques événements mineurs. Dans les régions plus englacées, les débits ont été supérieurs à la moyenne à cause de la fonte depuis avril jusqu'en juin. Dans les régions fortement englacées, comme dans le bassin versant de la Massa, qui est couvert de glace à plus de 50%, les débits ont for-

tement dépassé les valeurs normales notamment en été et en automne.

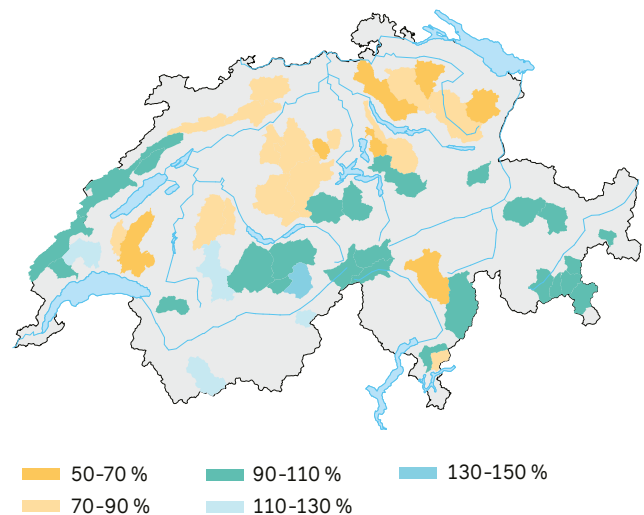
- Sur le versant sud des Alpes, les pluies persistantes ont rapidement gonflé les débits dans les deux grands bassins versants tessinois du Tessin et de la Maggia de fin octobre à début novembre.

Avec les précipitations record du mois de janvier, de nombreuses stations du réseau de mesure des débits ont enregistré de nouveaux maxima pour un mois de janvier et des moyennes mensuelles exceptionnelles. Celles-ci ont souvent été plus de deux fois plus importantes que la moyenne pluriannuelle (p. ex. Aar, Reuss, Limmat, Thur) et même trois à quatre fois dans plusieurs bassins versants (p. ex. Emme, Lütschine, Muota, Maggia). Deux événements au début de l'année méritent une mention spéciale : premièrement, la tempête Burglind, qui a frappé l'Europe les 2 et 3 janvier. Ses fortes pluies ont occasionné des pointes de débit biennales à une vingtaine de stations du versant nord des Alpes, annualité qui était encore plus élevée à dix stations. Deuxièmement, à partir du 20 janvier, plusieurs vagues d'air très humide et doux venu du nord-ouest ont balayé la Suisse. Les chutes de neige et de pluie ajoutées au redoux ont occasionné, dans les bassins versants déjà bien chargés, des pointes de débit et des niveaux de lacs aussi élevés voire plus élevés qu'au début du mois. Les lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Constance ont alors vu leur niveau monter à de nouveaux maxima pour un mois de janvier. Après un été sec, le versant nord des Alpes n'a été à nouveau touché par des précipitations supérieures à la normale qu'au mois de décembre. Passée l'importante montée des niveaux d'eau au début du mois, la Thur, la Töss, la Sihl, le haut Rhin, l'Aar en aval du lac de Bienne et la Simme ont affiché un danger de crue limité à Noël.

Le déficit pluviométrique considérable de l'été se reflète bien dans les graphiques des débits mensuels et journaliers. L'exemple le plus extrême étant celui de la Thur à Andelfingen (fig. 4.7), où de mars à novembre, les débits mensuels n'ont pas dépassé 70 % de la norme 1981-2010, et n'étaient plus que de 17 % en juillet et de 15 % en novembre. De juin à décembre, de nombreuses stations de mesure ont enregistré de nouveaux minima mensuels.

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

Moyennes annuelles 2018 de différents bassins versants de taille moyenne par rapport au débit moyen de la période de référence 1981-2010 [en %].

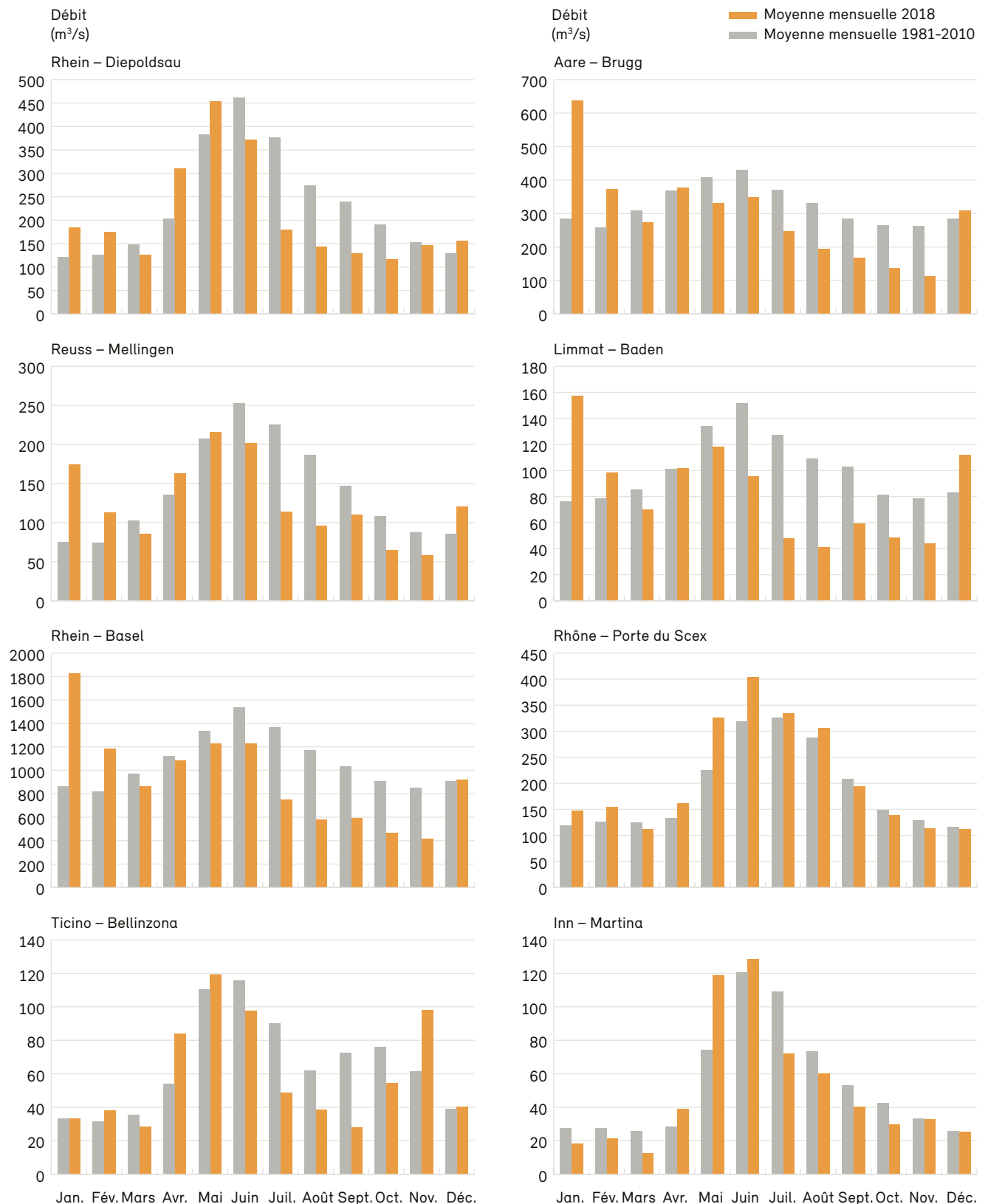


Fin octobre et début novembre, le versant sud des Alpes a essuyé de fortes précipitations. Comme les débits des cours d'eau et les niveaux des lacs étaient bas au début de l'événement, il ne s'est produit aucune crue malgré de fortes augmentations de débit. Le Tessin à Bellinzone et la Maggia à Locarno ont enregistré le 29 octobre la valeur de débit la plus haute de l'année. Si le Tessin est néanmoins clairement resté en dessous de la cote de danger 2, la Maggia l'a quant à elle atteinte.

Dans des bassins versants de taille petite et moyenne, qui ne sont pas tous équipés de stations de mesure, plusieurs violents orages ont éclaté au cours de l'année et provoqué des laves torrentielles et des inondations. Le Val d'Anniviers a ainsi subi une crue dévastatrice début juillet.

Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de grande taille

Fig. 4.3: Moyennes mensuelles 2018 des débits (orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981-2010 (gris)



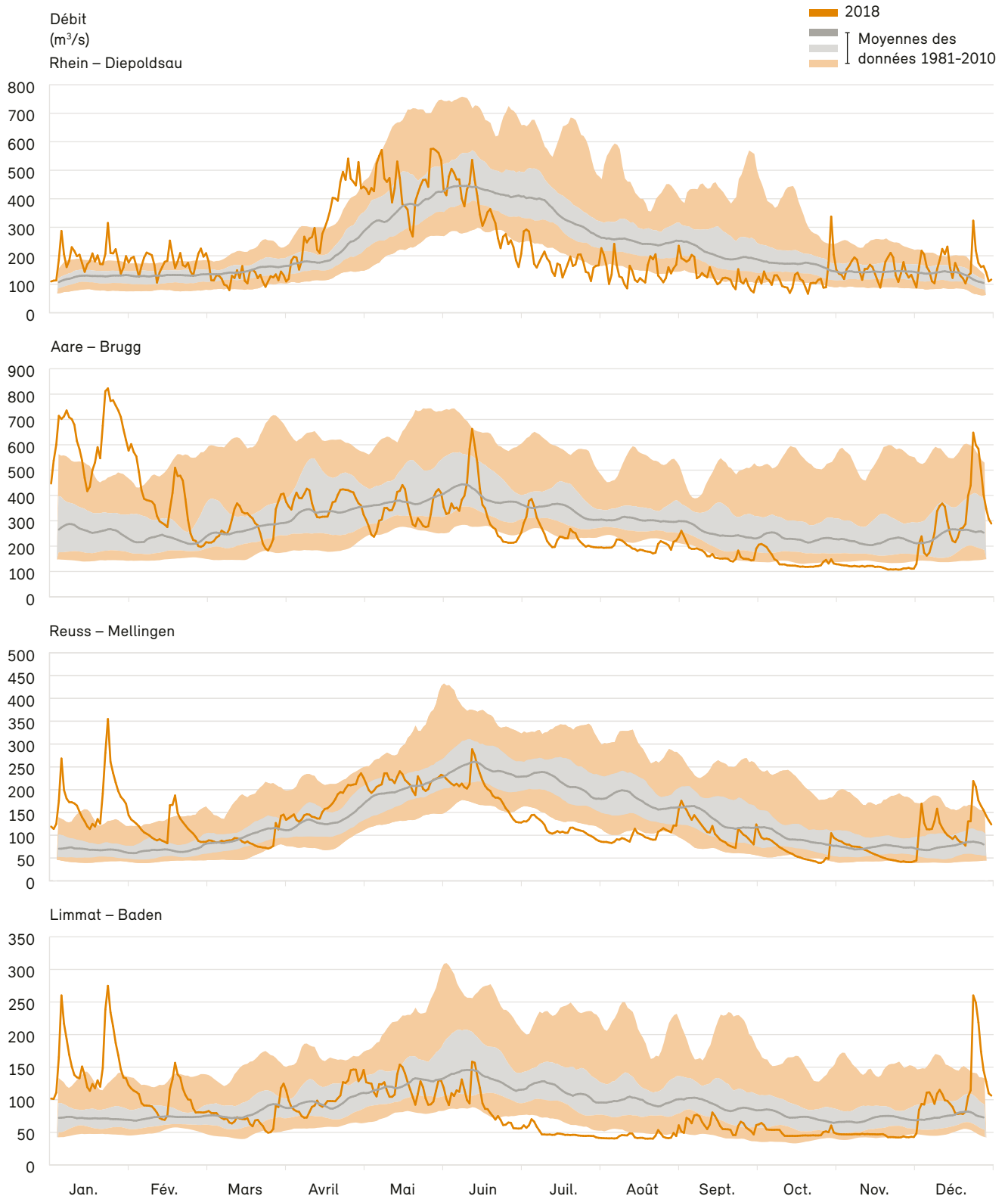
Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de taille moyenne

Fig. 4.4: Moyennes mensuelles 2018 des débits (orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981-2010 (gris)



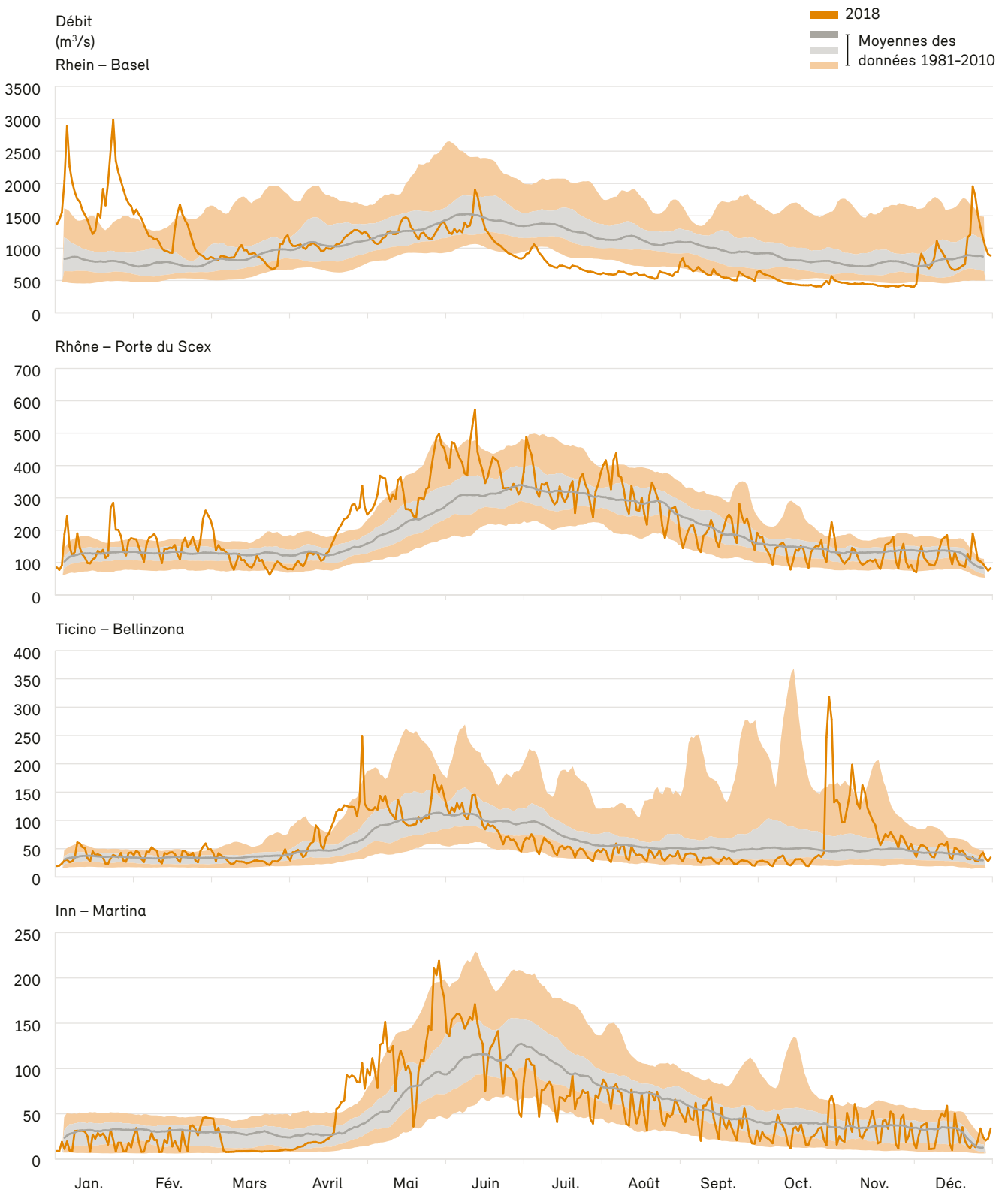
Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de grande taille (1/2)

Fig. 4.5 : Moyennes journalières 2018 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange se trouvent 90% des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50% des moyennes journalières.



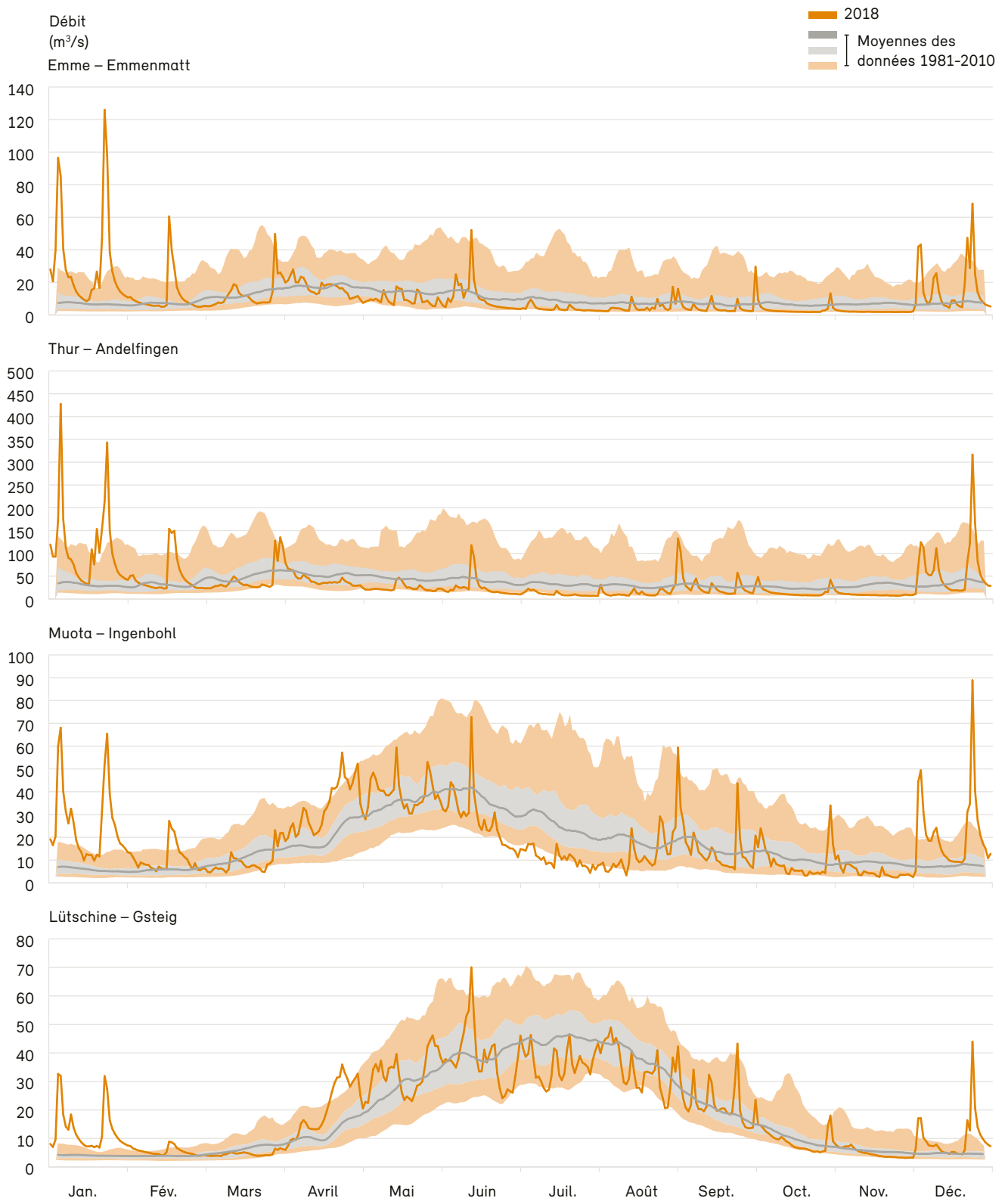
Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de grande taille (2/2)

Fig. 4.6 : Moyennes journalières 2018 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange se trouvent 90% des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50% des moyennes journalières.



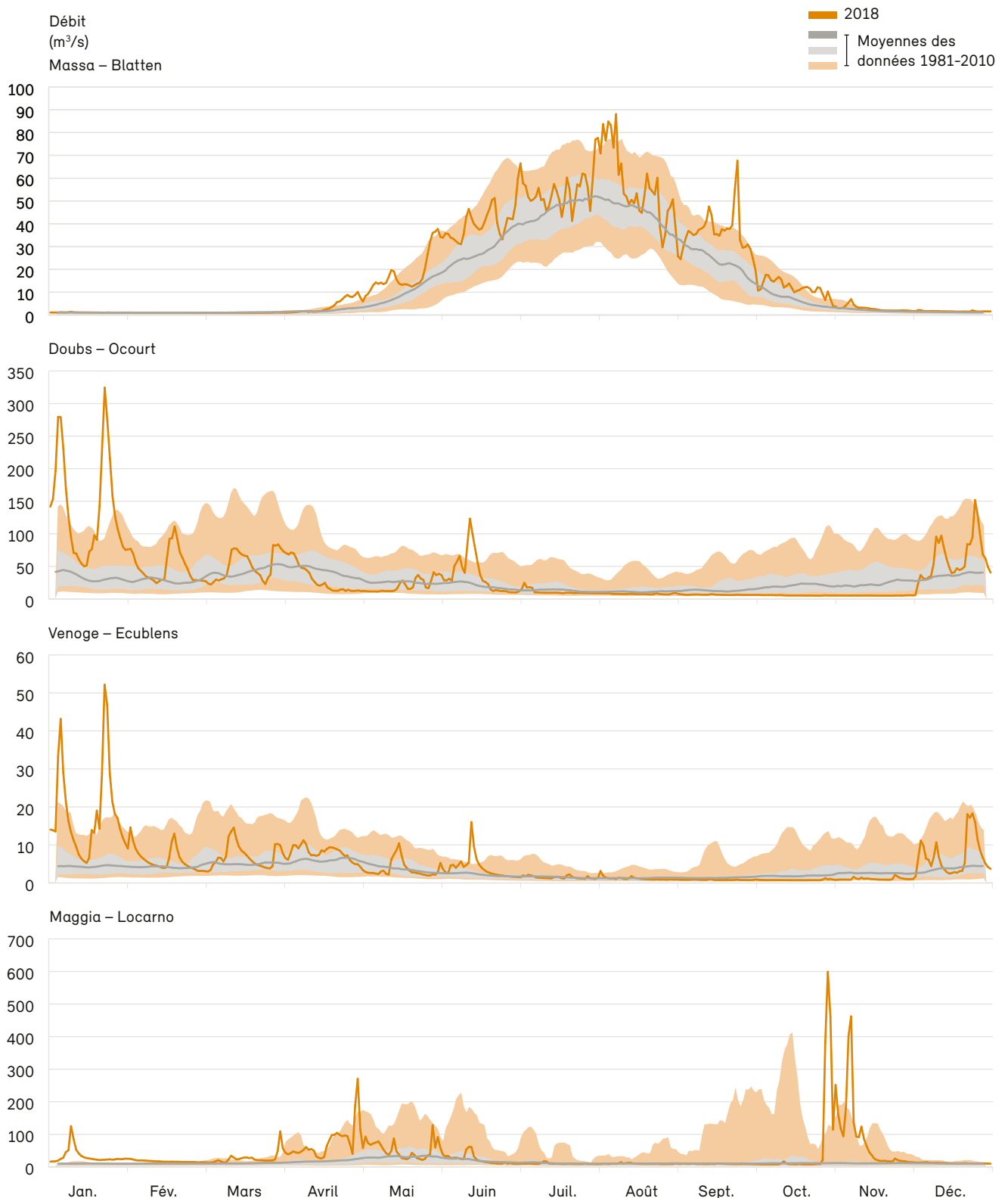
Moyennes journalières des débits de différents bassins versants de taille moyenne (1/2)

Fig. 4.7 : Moyennes journalières 2018 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange 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 2018 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange se trouvent 90% des moyennes journalières. À l'intérieur de la zone grise se trouvent 50% des moyennes journalières.



4.2 Niveaux des lacs

Le manque extrême de pluie en 2018 a impacté aussi les lacs : les niveaux moyens annuels de la plupart des grands lacs étaient inférieurs à la moyenne pluriannuelle. Avec -21 cm, le lac Majeur est celui qui s'est le plus écarté de la norme. De même, le lac de Constance (inférieur), le lac de Walenstadt et le lac de Zoug ont aussi enregistré des écarts à deux chiffres. Si pareilles différences de niveau ne sont pas inhabituelles pour les lacs de Constance et de Walenstadt ou le lac Majeur, ce n'est pas le cas pour le lac de Zoug, où le dernier écart supérieur à 10 cm date de 2003, avec -13 cm. Le niveau de ce lac régulé varie en effet dans une fourchette plus étroite que ceux d'autres lacs. La différence entre le niveau maximal et le niveau minimal pendant la période de mesure est de 135 cm pour le lac de Zoug. À titre de comparaison, cette différence est de 330 cm pour le lac de Constance, de 420 cm pour le lac de Walenstadt et de plus de 550 cm pour le lac Majeur. Aucun des grands lacs de Suisse n'a affiché de nouvelles moyennes annuelles minimales en 2018, pas même le lac de Zoug. En effet, si celui-ci a égalé, le 22 août, son minimum absolu de 413,11 m, sa moyenne annuelle est restée 10 cm au-dessus du chiffre de 1949. Le lac de Zurich aussi a affiché une moyenne annuelle supérieure de seulement 1 cm à la moyenne la plus basse, qui date de 1951.

Les quantités extrêmes de précipitations en janvier ont fait monter le lac de Constance et les lacs du pied du Jura à des niveaux très élevés pour la saison. Les lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Constance ont enregistré de nouveaux maxima pour un mois de janvier. Pour le lac de Constance, le pic de février a aussi été le plus haut depuis le début des mesures. La figure 4.10 montre que le lac de Constance a commencé l'année avec un niveau déjà élevé. Hormis durant une courte période allant de fin mars à mi-avril, les niveaux sont en partie restés bien supérieurs à la moyenne saisonnière pluriannuelle jusqu'à fin mai. Alors que le niveau élevé du lac de Neuchâtel en janvier n'a pas atteint le seuil de danger 2, celui du lac de Bienne l'a franchi brièvement.

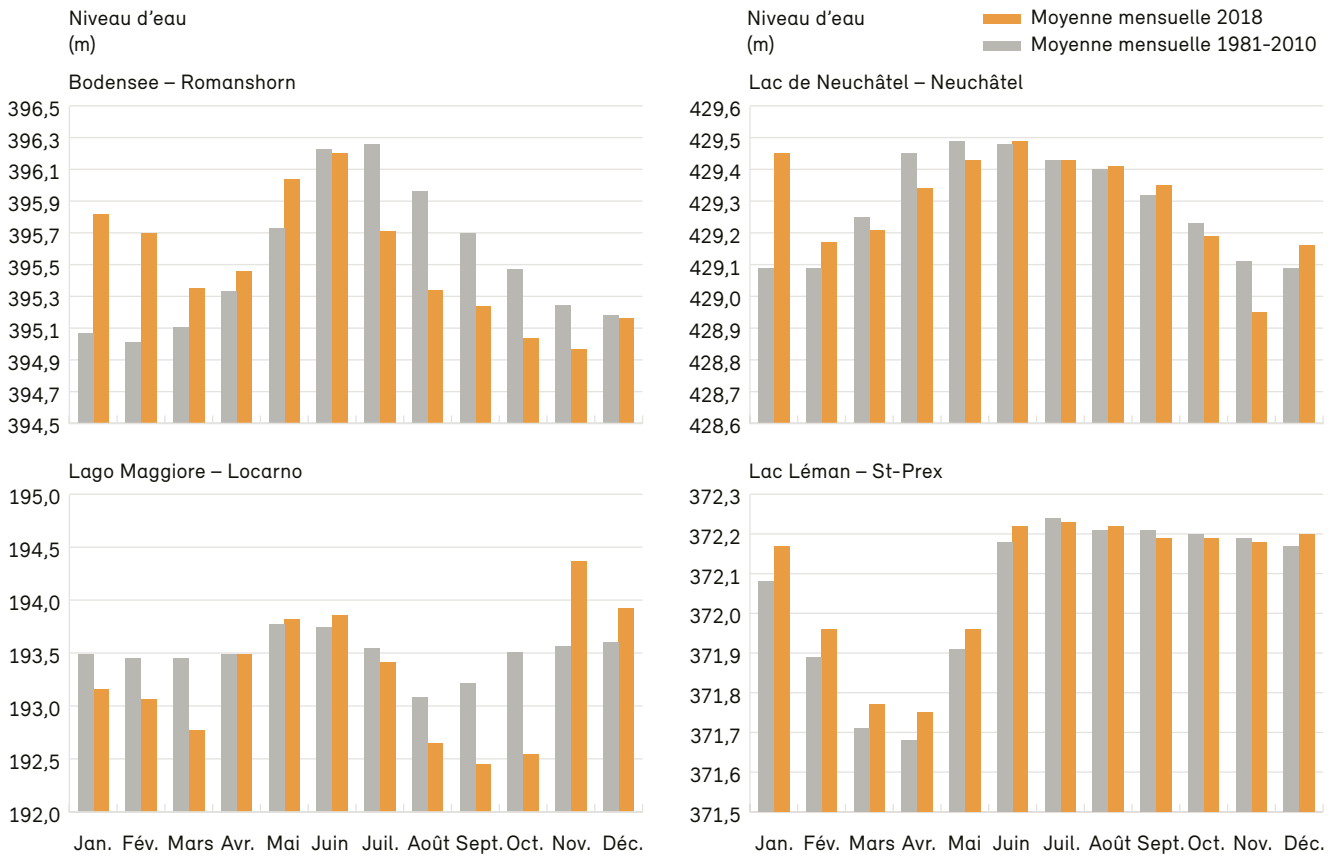
À la différence du début d'année, les lacs ont affiché des niveaux bas au cours du second semestre à cause de la sécheresse persistante. De nouvelles valeurs

basses mensuelles ont été relevées en juillet aux lacs de Constance et des Quatre-Cantons, en juillet et en août aux lacs de Zoug et de Zurich, et en août au lac de Walenstadt. Les lacs du pied du Jura ont quant à eux atteint de nouveaux minima au mois de novembre. Le lac de Zurich a affiché un nouveau minimum mensuel chaque mois du second semestre, sauf en septembre, ce qui explique sa moyenne annuelle très basse de 405,89 m. Le lac Léman, à l'exception de trois brèves phases de niveau supérieur à la moyenne, a largement suivi son régime habituel, à savoir un niveau oscillant dans une fourchette très étroite, au cours du second semestre.

Début novembre, le lac Majeur a dépassé le seuil de danger de crue pendant deux semaines. Le plus haut niveau de l'année a été mesuré à 195,36 m le 7 novembre, soit 86 cm au-dessus du seuil de danger 2, alors que le 8 octobre, seulement un mois auparavant, le niveau était encore à 192,27 m, niveau le plus bas de l'année. S'il n'est pas inhabituel d'observer de brusques montées du niveau du lac Majeur, une montée de 3 m en quelques jours représente néanmoins un événement rare. Le lac de Lugano a évité de peu le niveau de danger 2. La plus grande valeur de l'année est restée inférieure de 2 cm à la cote de danger. Les trois autres lacs présentés à la figure 4.10 ne l'ont pas dépassée.

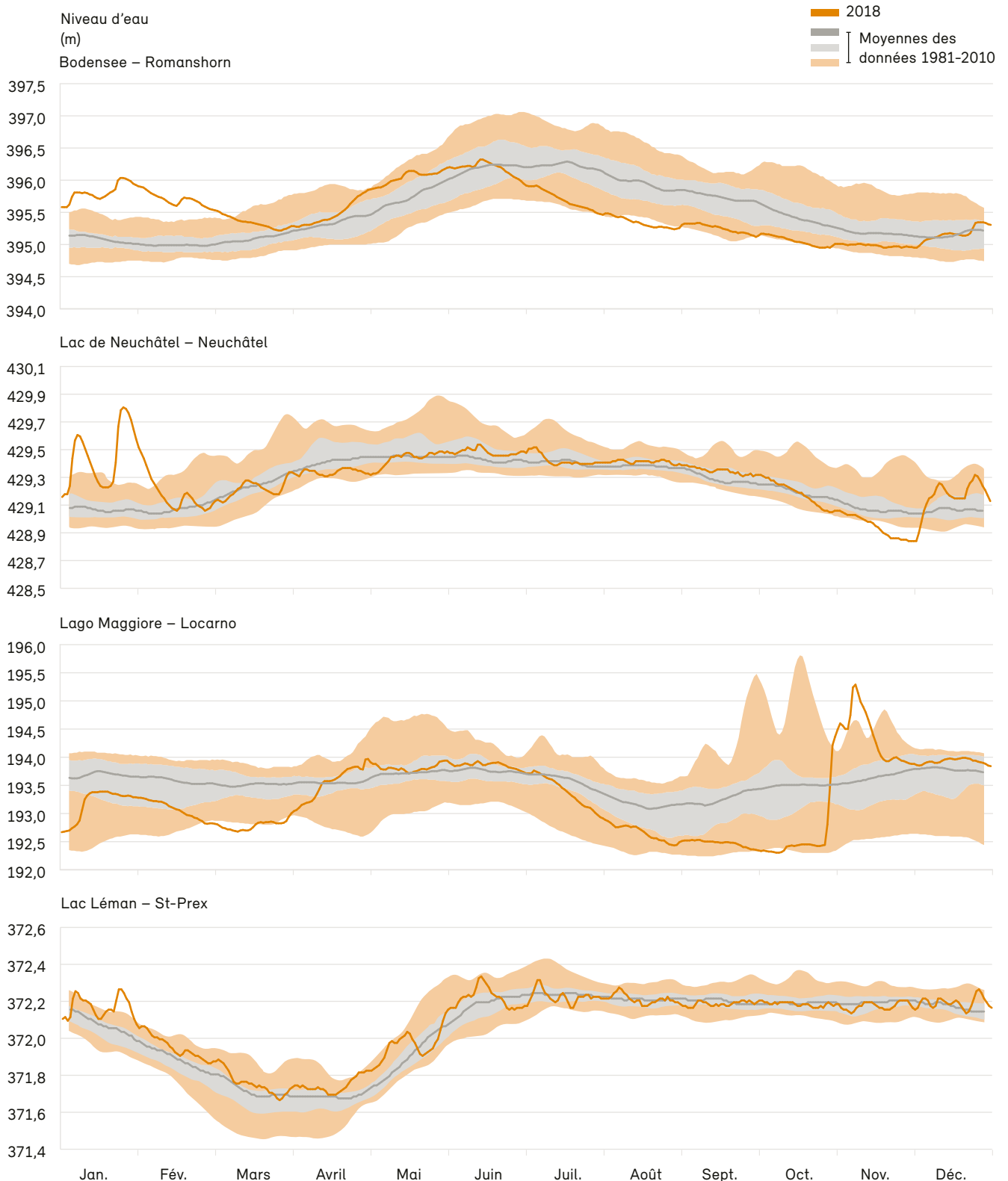
Moyennes mensuelles des niveaux de différents lacs

Fig. 4.9: Moyennes mensuelles 2018 des niveaux d'eau (orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981-2010 (gris)



Niveaux journaliers de différents lacs

Fig. 4.10 : Moyennes journalières 2018 des niveaux d'eau (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange 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 2018 a été une nouvelle année record pour les moyennes annuelles des températures de l'air (chap. 2), et aussi pour les moyennes annuelles de températures de l'eau des rivières suisses (fig. 4.11). Par rapport aux années extrêmes précédentes, 2011, 2014 et en partie 2015, de nouveaux maxima des moyennes annuelles des températures de l'eau ont été relevés à un nombre extraordinairement élevé de stations de mesure, au total plus de 50. Les records ont été enregistrés surtout dans le Jura, dans la plaine du Rhin en aval du lac de Constance, sur le Plateau ainsi que dans les régions situées au sud, comme la région du lac Léman ou le versant sud des Alpes (TI et GR).

Le début de l'année a été marqué par des vagues de chaleur déjà intense, ce qui dans la plupart des cours d'eau s'est traduit par des températures nettement supérieures à la moyenne dès le mois de janvier et parfois jusqu'en février. Cependant, dès le mois de février, les températures de l'eau des rivières ont de nouveau baissé, et, en mars, sont même parfois descendues bien en dessous de la moyenne pluriannuelle. À certaines stations du Plateau, dans les parties occidentales et orientales des Alpes centrales ainsi que sur le versant sud des Alpes, cette baisse a conduit à des minima jamais atteints pour un mois de février depuis le début des mesures.

Le fort réchauffement à partir d'avril a de nouveau fait monter les températures rapidement pour dépasser la moyenne. On n'a néanmoins observé aucun dépassement des maximales relevées jusqu'à présent pour cette période.

Ce n'est qu'au cours de l'été avec ses longues périodes de forte chaleur, de records d'ensoleillement et de baisse des débits que les cours d'eau suisses se sont massivement réchauffés. Alors que dès juillet, les valeurs relevées à quelques stations de la région du haut Rhin, du Plateau et des Alpes méridionales étaient supérieures à celles des longues séries de mesure, le mois d'août a enregistré un nombre particulièrement élevé de dépassements, plus de 30, de ces records de températures (fig. 1.3 et 4.12). Cette situation concernait surtout l'ouest du Plateau, la région du haut Rhin, la région du lac Léman et de nouveau

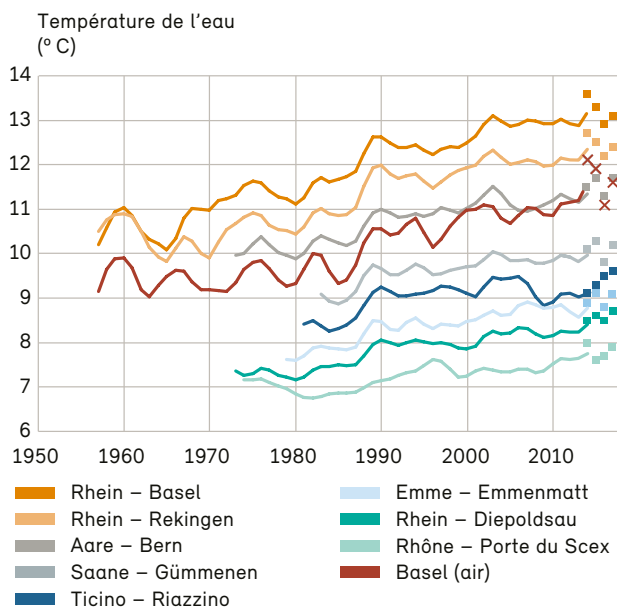
le versant sud des Alpes. En septembre, la tendance s'est à nouveau inversée.

De juillet à septembre, les valeurs mesurées à quelques stations ont en outre dépassé chaque mois les maximales relevées jusqu'à présent. À la station de Vorderrhein-Ilanz, les variations de températures étaient si importantes que le mois d'août a enregistré non seulement de nouvelles maximales, mais aussi de nouvelles minimales.

À partir de septembre, les dépassements des maximales mensuelles ont commencé à diminuer principalement dans le sud-est du pays. Dans le même temps, les valeurs sont descendues de plus en plus en dessous des minimales relevées jusqu'à présent. En décembre, on a observé une légère augmentation du nombre de stations auxquelles soit les maxima soit les minima de température ont été dépassés, mais pas les deux. Toutefois, trois stations de Suisse romande et une station des Alpes du sud (GR) ont enregistré des dépassements à la fois des maxima et des minima au cours de cette période.

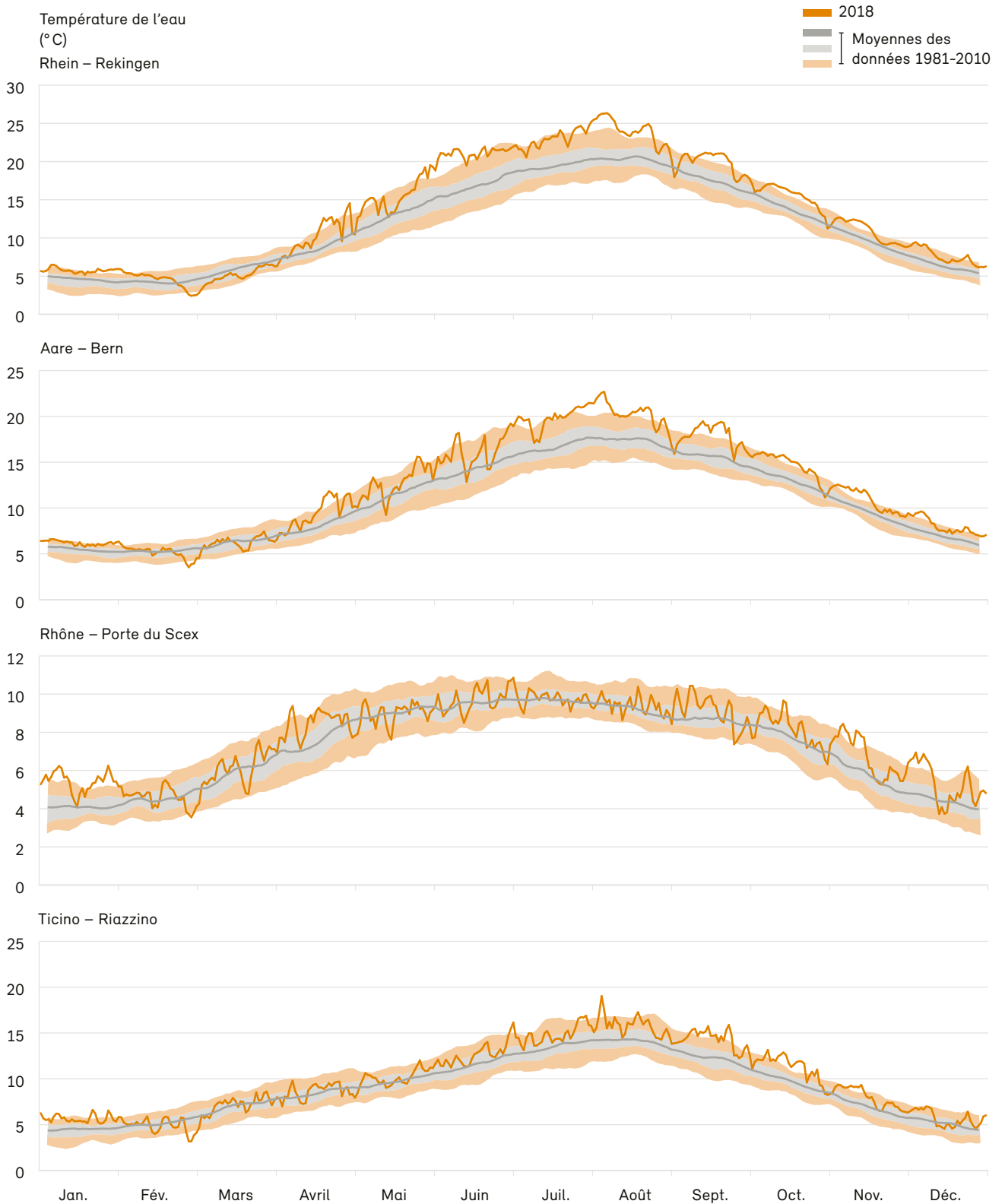
Fig. 4.11 : Évolution de la température de différents cours d'eau suisses de 1954 à 2018

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



Températures journalières moyennes de différentes stations

Fig. 4.12: Moyennes journalières 2018 de la température de l'eau par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981-2010
 À l'intérieur des zones orange 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 constituent des indicateurs naturels qui sont des informations supplémentaires 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. Le rapport entre les isotopes stables de l'eau, la température et l'humidité relative de l'air dans les régions d'origine des précipitations 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 susmentionnés, l'évolution régionale à long terme du deutérium (^2H) et de l'oxygène-18 (^{18}O) est suivie à treize stations pluviométriques et à neuf stations hydrométriques 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, auxquelles se superposent les évolutions à long terme. Entre 1980 et le début des années 2000, les valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ des précipitations ont augmenté à toutes les stations pluviométriques, suivant la même tendance générale que les températures. En revanche, elles ont plutôt stagné, voire diminué entre 2005 et 2015; depuis, la plupart de ces valeurs remontent. Cette tendance s'est poursuivie en 2018 (fig. 4.13).

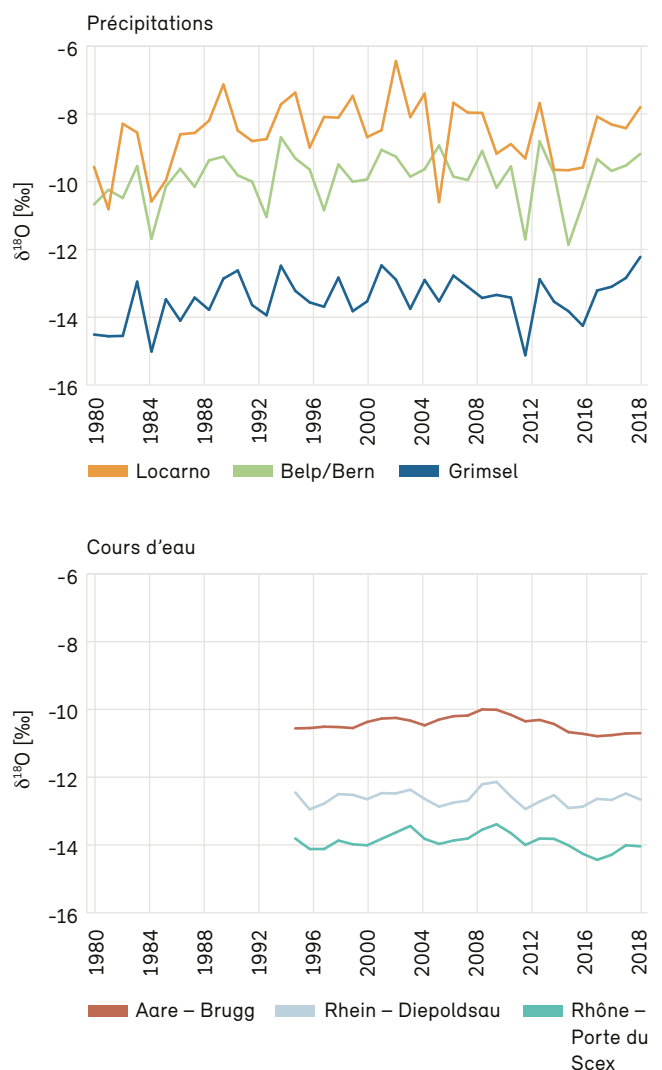
Les hivers 2015/2016, 2016/2017 et 2017/2018 ont été relativement doux, ce qui, dans les précipitations, s'est traduit par des valeurs δ plus élevées que les normales saisonnières. Le printemps 2018 ayant été chaud, les valeurs δ ont été élevées assez tôt par rapport aux observations à long terme. Le coup de froid de fin octobre a entraîné une baisse des valeurs δ dans les précipitations.

Dans les cours d'eau, les valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ suivent la même évolution saisonnière, mais dans une mesure très atténuée à cause des effets de mélange dans le débit, qui varient selon les régions (dans l'Aar, le Rhin et le Rhône p.ex.). Ici aussi, la tendance à la hausse des valeurs isotopiques s'est interrompue entre 2009 et 2015. Dans

l'Aar à Brugg, les valeurs δ ont poursuivi en 2018 la hausse observée depuis 2015. Le printemps et l'été ayant été chauds, l'eau de fonte glaciaire (aux valeurs δ plus négatives) a toutefois davantage gonflé le débit pendant cette période, ce qui a entraîné notamment des moyennes annuelles inférieures dans le Rhin à Diepoldsau et dans le Rhône à la Porte du Scex (fig. 4.13).

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 2018.



4.5 Qualité de l'eau, propriétés physiques et chimiques

L'OFEV surveille la qualité de l'eau à 14 stations de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisse (NADUF) et à 127 stations de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA Trend), programme mené en collaboration avec les cantons (fig. 4.14). Les mesures sont réalisées non seulement pour observer les composants de l'eau (p. ex. nutriments et micropolluants), mais aussi pour évaluer l'efficacité des mesures de protection des eaux. Les études sur la qualité de l'eau se concentrent davantage sur les variations à long terme que sur les fluctuations saisonnières. C'est pourquoi ces analyses sont publiées dans l'annuaire hydrologique selon certains thèmes clés. Les données plus complètes sont publiées sur Internet (voir annexe).

Bicarbonate, calcium et magnésium dans les cours d'eau

Les températures de l'eau ont progressé de 0,8 à 1,3 °C en moyenne ces 30 dernières années, alors que les débits sont largement restés les mêmes. L'alcalinité, la dureté totale ainsi que les concentrations de calcium (Ca) et de magnésium (Mg), qui sont régulées par les roches et sédiments majoritaires dans les bassins versants, ont augmenté parfois de plus de 10 % entre 1985 et 2010 (stations Rhein – Diepoldsau et Rhône – Porte du Scex, fig. 4.15). La hausse des températures rend les microorganismes du sol plus actifs, qui produisent alors plus de dioxyde de carbone (CO₂). Plus de gaz carbonique se forme donc dans les sols humides. Les minéraux contenant des carbonates se dissolvent donc plus rapidement et sont entraînés par le lessivage et le ruissellement, ce qui explique les concentrations plus élevées de bicarbonate dans les eaux.

Comme le réchauffement dû aux changements climatiques ne se produit pas de manière continue mais plutôt par paliers, les concentrations de bicarbonate, de calcium et de magnésium n'augmentent pas non plus de manière constante. Le phénomène a été observé surtout après le fort réchauffement de l'eau entre 1985 et 1990. Étant donné que la hausse des températures a été plutôt minime entre 2005 et 2015, celle des concentrations de bicarbonate s'est atténuée ; elle peut toutefois se renforcer avec de nouvelles hausses des températures.

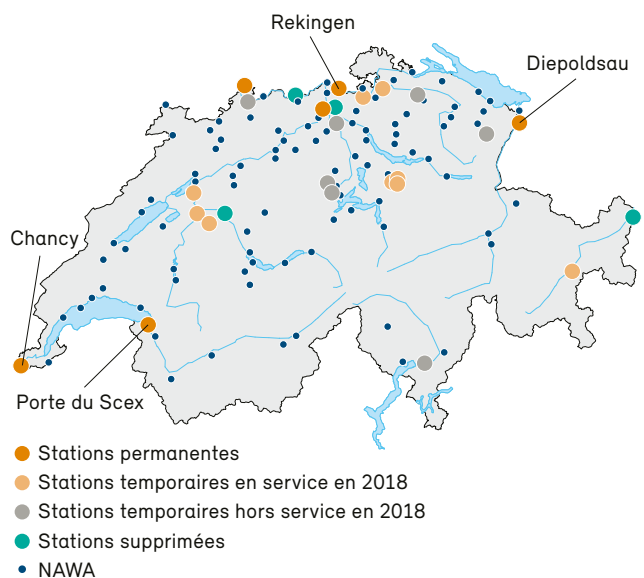
En aval des lacs, la réoligotrophisation (diminution des nutriments dans l'eau) montre ses effets : comme la présence de phosphore a diminué durant la période étudiée, les algues, qui séquestrent le CO₂ par photosynthèse, ont moins proliféré. Si l'eau contient plus de CO₂ dissous, les précipitations de calcite sont moindres et par conséquent, les concentrations de bicarbonate augmentent en aval des lacs (p. ex. aux stations Rhein – Rekingen et Rhône – Chancy, Aux Ripes, fig. 4.15).

Ce phénomène est toutefois contré par les températures des lacs : une eau chaude peut accélérer le dégazage du CO₂ dissous et la précipitation des calcites et ainsi réduire les concentrations de bicarbonate, de calcium et de magnésium.

Un relevé continu et fiable des concentrations peut donner des indices importants sur l'impact des changements climatiques, sur les processus géochimiques et sur les changements probables des concentrations.

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

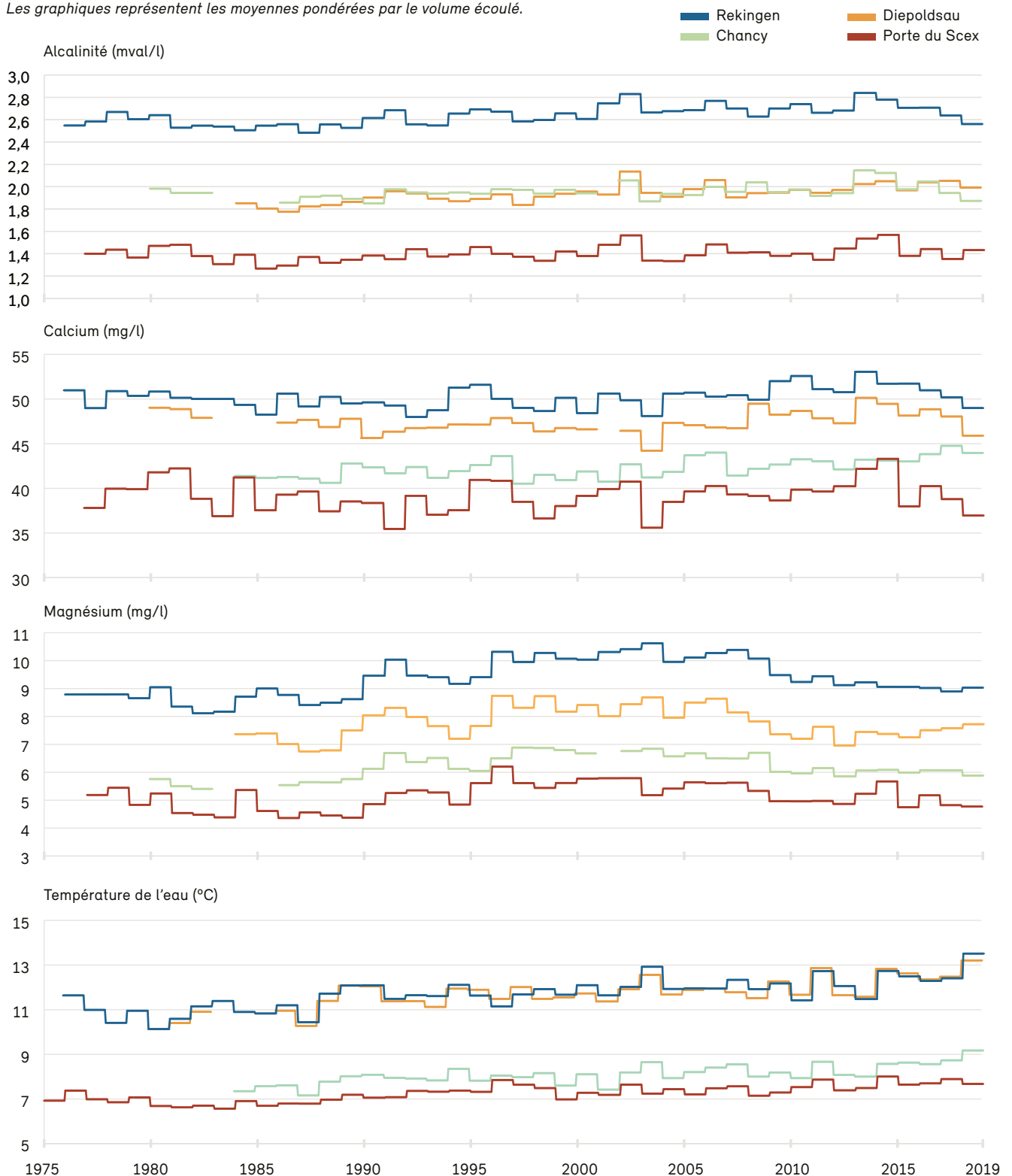
Stations de mesure de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF) et de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA Trend) relevant la qualité de l'eau en Suisse, état 2018.



Alcalinité, concentrations de calcium et de magnésium ainsi que température de l'eau dans différents cours d'eau de 1975 à 2018

Fig. 4.15: Évolution de 1975 à 2018 de l'alcalinité, des concentrations de calcium et de magnésium ainsi que de la température de l'eau dans des échantillons composites sur deux semaines aux stations NADUF Rhône – Porte du Scex, Rhein – Rekingen, Rhein – Diepoldsau et Rhône – Chancy, Aux Rîpes

Les graphiques représentent les moyennes pondérées par le volume écoulé.



4.6 Charge solide en suspension

Les concentrations des sédiments en suspension sont relevées deux fois par semaine à treize stations hydro-métriques (fig. 4.16).

Les concentrations des sédiments en suspension dépendent fortement de la turbulence et du débit du cours 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 une part importante de la charge annuelle. Les moyennes des cinq ans de la période de référence 2014-2018 peuvent donc être fortement 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.

Comme en 2017, l'année 2018 a été marquée par la sécheresse qui explique les niveaux très bas des cours d'eau pendant des mois. Presque toutes les stations de mesure ont enregistré pendant l'été, en particulier entre juin et juillet, des charges solides mensuelles inférieures à celles de la période de référence (fig. 4.17). Seule la station Rhône – Porte du Scex a enregistré des charges mensuelles plus élevées à cause des fortes pluies qui se sont abattues sur le bassin versant au début du mois de juillet et des débits accrus durant tout l'été en raison de la fonte des glaciers.

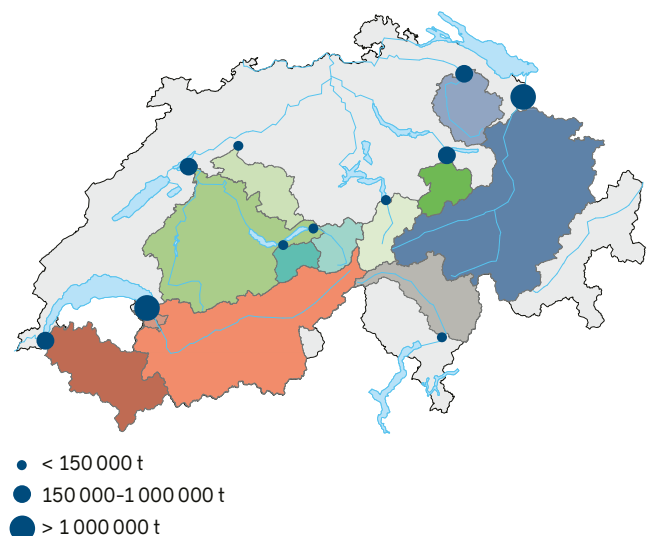
Sur le versant nord des Alpes, les précipitations records enregistrées en janvier ont produit des charges solides supérieures aux moyennes mensuelles. À la station de Thur – Halden, une charge exceptionnelle d'environ 130 000 tonnes a été relevée en janvier. Sur le versant sud des Alpes, les précipitations abondantes de fin octobre et début novembre ont entraîné une augmentation du débit du Tessin. Les pluies persistantes ont causé une augmentation du flux solide en suspension à la station de Bellinzone. Les précipitations au nord des Alpes se sont également révélées plus abondantes en décembre et ont entraîné des charges supérieures à la moyenne à toutes les stations de mesure.

Les charges solides annuelles transportées en 2018 par le Rhin dans le lac de Constance (environ 1,8 million de tonnes) et par la Linth dans le lac de Walenstadt (environ 0,2 million de tonnes) sont du même ordre de grandeur qu'en 2017 et correspondent à la moyenne de la période de référence. L'augmentation de la charge annuelle observée aux stations de Thur – Halden (+ 30 %) et Arve – Genève (+ 50 %) est due principalement aux fortes précipitations de janvier. Avec les violentes pluies de l'été, le Rhône a déversé quelque trois millions de tonnes de sédiments dans le lac Léman en 2018, soit le double de 2017.

Au Tessin et au nord des Alpes, les débits annuels inférieurs à la normale ont aussi eu un impact sur les charges solides en suspension annuelles : à la station de Ticino – Bellinzona, les sédiments en suspension transportés vers le lac Majeur ont diminué de 40 % par rapport à 2017 et de 75 % par rapport à la moyenne de la période de référence. Les stations de Reuss – Seedorf et Lütschine – Gsteig ont enregistré une baisse de la charge annuelle d'environ un tiers par rapport à l'année précédente.

Fig. 4.16 : Charges solides en suspension de différents bassins versants en 2018

Charges annuelles classées en 2018 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 2018 des charges solides en suspension par rapport aux moyennes mensuelles de la période 2014-2018



5 Eaux souterraines

Au cours de l'année 2018, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources n'ont cessé de diminuer en raison de la sécheresse persistante. La moitié des stations de mesure a enregistré des températures des eaux souterraines élevées au second semestre.

5.1 Eaux souterraines – quantité

Le suivi des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources à une centaine de stations de mesure dans le cadre de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA permet de déterminer l'état actuel 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 (p. ex. multiplication des événements extrêmes tels que crues ou sécheresses).

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). Vu sous cet angle, l'année 2018 s'inscrit dans une période qui perdure depuis 2015 avec des niveaux des eaux souterraines bas et des débits des sources faibles (fig. 5.1).

Début 2018, après les abondantes précipitations de décembre 2017, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient dans tout le pays normaux ou élevés. Peu de précipitations sont par contre tombées en février 2018, si bien que, début mars, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient en baisse dans tout le pays, tout en restant conformes à la normale (fig. 5.2 et fig. 5.3, état des eaux souterraines au 6 mars 2018).

Fig. 5.1 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources de 1998 à 2018

Pourcentage des stations du module QUANT de NAQUA ayant enregistré des valeurs annuelles basses, normales et élevées pour le niveau des eaux souterraines ou le débit des sources de 1998 à 2018. Gris : valeur annuelle dans la fourchette correspondant aux 80 % moyens des valeurs mesurées entre 1998 et 2017. Bleu : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs mesurées entre 1998 et 2017. Rouge : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs mesurées entre 1998 et 2017.

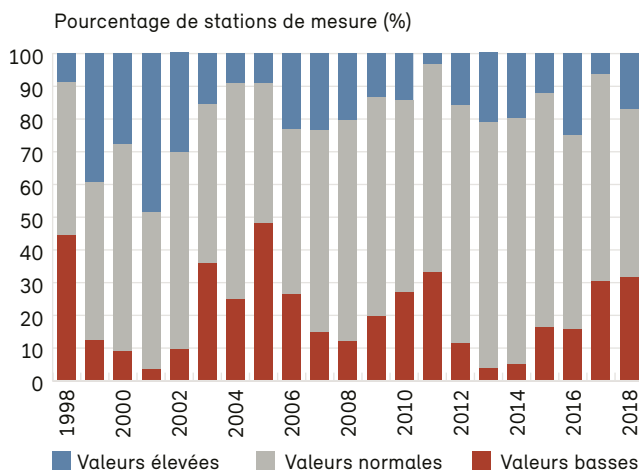
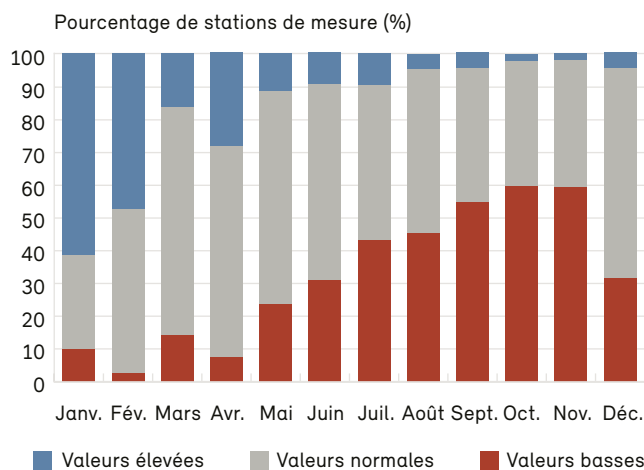


Fig. 5.2 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources en 2018

Pourcentage des stations de mesures du module QUANT de NAQUA ayant enregistré des valeurs mensuelles basses, normales et élevées pour le niveau des eaux souterraines ou le débit des sources de janvier à décembre 2018. Gris : valeur mensuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs mesurées entre 1998 et 2017. Bleu : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs mesurées entre 1998 et 2017. Rouge : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs mesurées entre 1998 et 2017.

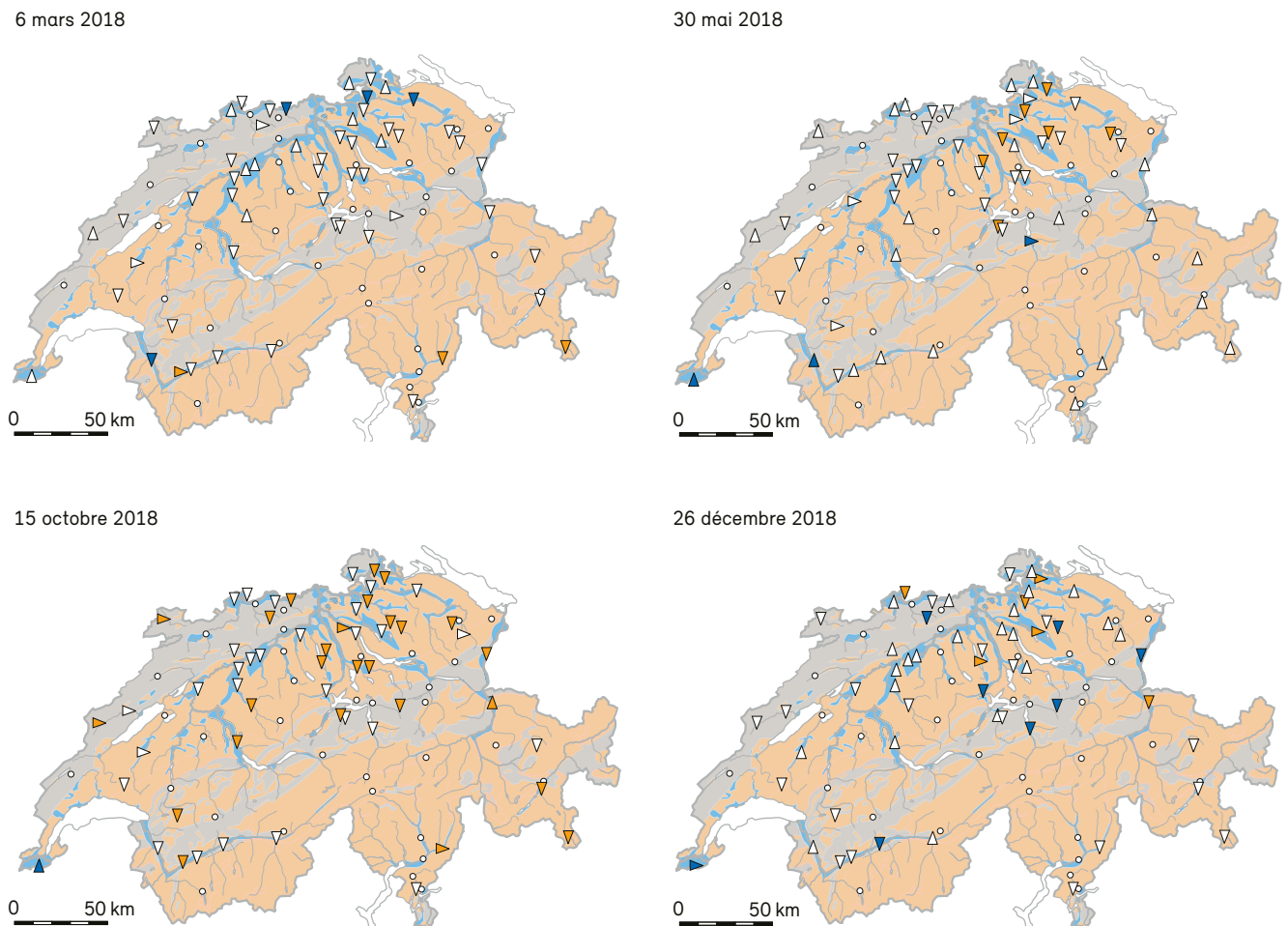


En avril et en mai 2018, les niveaux des eaux souterraines dans les aquifères en roches meubles en dehors des vallées ont continuellement baissé du fait des précipitations dans l'ensemble inférieures à la moyenne, si bien que, fin mai, les premiers niveaux bas ont été observés en Suisse centrale et orientale (fig. 5.2 et fig. 5.3, état des eaux souterraines au 30 mai 2018). Dans les vallées des grandes rivières alpines, les niveaux des eaux souterraines sont en revanche restés normaux grâce à l'abondante fonte des neiges.

Avec la sécheresse persistante, le nombre de stations qui ont enregistré des niveaux bas et des débits faibles a augmenté dans tout le pays entre juillet et octobre. Ainsi, en octobre, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources de Suisse étaient bas à 60% des stations de mesure (fig. 5.2 et fig. 5.3, état des eaux souterraines au 15 octobre 2018). De nouveaux minima mensuels sont également apparus, par exemple à Buechberg (TG), Gossau (SG), Oberdorf (NW) et Trub (BE).

Fig. 5.3 : État des eaux souterraines en 2018

Niveaux des eaux souterraines et débits des sources ainsi que leur tendance pendant quatre jours de référence en 2018, par rapport à la période de mesure 2001-2017.



En comparaison interannuelle

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

Tendance

- ▴ à la hausse
- ▴ stable
- ▾ à la baisse

Type d'aquifère

- en roche meuble
- fissuré
- karstique

Les violentes précipitations qui se sont abattues sur le Tessin et les Grisons fin octobre et début novembre ont fait monter les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources. Sur le versant nord des Alpes, ce n'est qu'en décembre que sont tombées des précipitations supérieures à la moyenne qui ont eu un impact surtout sur les aquifères en roches meubles peu profonds et karstiques. En décembre, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient cependant bas à encore un tiers des stations de mesure (fig. 5.2 et fig. 5.3, état des eaux souterraines au 26 décembre 2018).

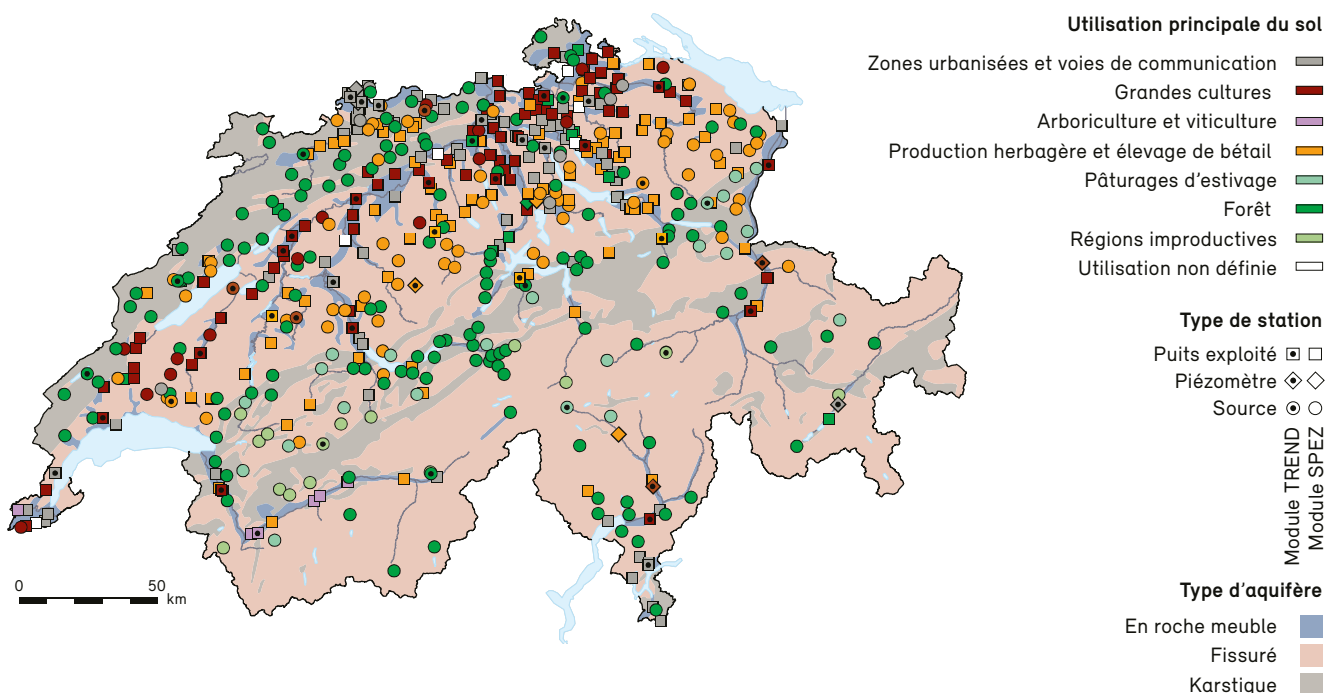
5.2 Eaux souterraines – qualité

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 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, mais dans le rapport sur l'état et l'évolution des eaux souterraines en Suisse, qui paraîtra dans le courant de 2019. Des informations et des données supplémentaires sont disponibles sur Internet (voir annexe).

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 relevant la qualité des eaux souterraines avec utilisation principale du sol dans le bassin d'alimentation et le type d'aquifère.



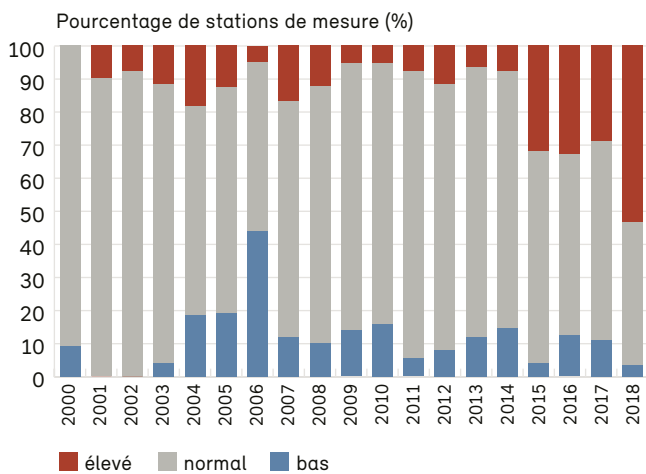
5.3 Eaux souterraines – température

La mesure en continu de la température des eaux souterraines à une centaine de stations de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA permet de déterminer l'état et l'évolution à l'échelle nationale. De plus, la température des eaux souterraines permet de démontrer les risques d'impact des changements climatiques, c'est-à-dire les conséquences de la multiplication des périodes de canicule, sur les ressources d'eaux souterraines.

En comparaison pluriannuelle, les années 2015 à 2018 représentent une période marquée par des températures plutôt élevées des eaux souterraines. En 2018, des températures élevées dans les eaux souterraines ont été relevées à plus de la moitié des stations de mesure (fig. 5.5).

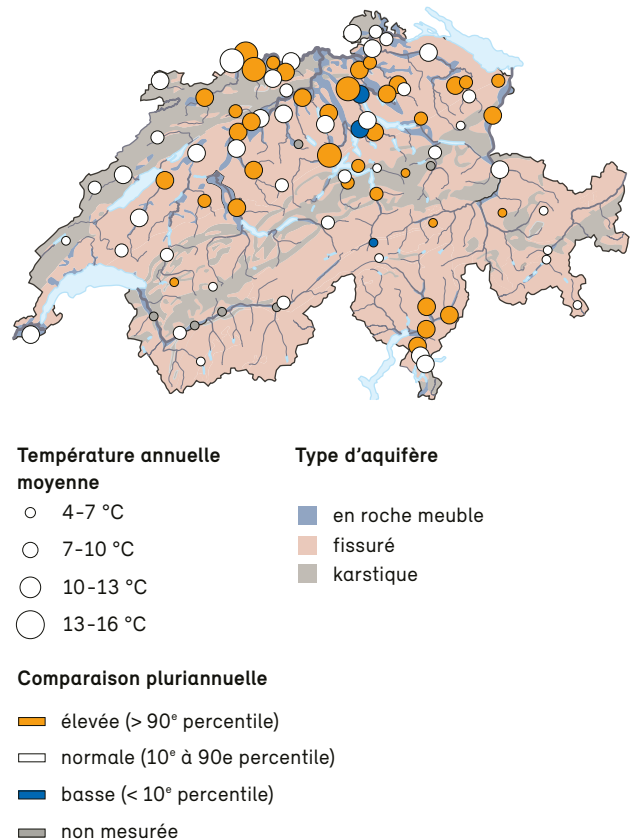
Fig. 5.5 : Température des eaux souterraines 2000-2018

Pourcentage de stations de mesure ayant enregistré des valeurs annuelles basses, normales et élevées pour la température des eaux souterraines de 2000 à 2018. Gris : valeur annuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs mesurées entre 2000 et 2017. Rouge : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevées des valeurs mesurées entre 2000 et 2017. Bleu : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs mesurées entre 2000 et 2017.



En 2018, les minima de température des eaux souterraines sont apparus dès mars, soit un bon mois plus tôt que les années précédentes. Comme les températures de l'air ont été constamment supérieures à la moyenne au cours de l'année, les températures des eaux souterraines ont rapidement monté et atteint un maximum en octobre-novembre. De nouveaux maxima mensuels sont par endroits même apparus pour le mois d'octobre (p. ex. à Glattfelden [ZH]). Dans les régions urbanisées, les températures des eaux souterraines sont souvent plus élevées (fig. 5.6). Elles y sont influencées par les infrastructures telles que les sondes géothermiques, par l'utilisation des eaux souterraines pour refroidir ou réchauffer ou encore par des installations souterraines comme les tunnels, les sous-sols, les conduites.

Fig. 5.6 : Température moyenne des eaux souterraines en 2018 par rapport à la période 2000-2017



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 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 mesurés 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, ¹⁸O

Le deutérium (²H) est un isotope naturel stable de l'hydrogène. L'oxygène-18 (¹⁸O) 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 δ(²H/¹H), abrégé en δ²H, et δ(¹⁸O/¹⁶O), abrégé en δ¹⁸O.

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/de/hydro_bulletin.html

Bulletin des eaux souterraines de l'OFEV :

[www.hydrodaten.admin.ch/fr/
bulletin-des-eaux-souterraines.html](http://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 suisse (NADUF) – téléchargement des données :

[www.eawag.ch/de/abteilung/wut/schwerpunkte/
chemie-wasserressourcen/naduf](http://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