

Annuaire hydrologique de la Suisse 2021

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 2021

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) du WSL

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

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2022 : Annuaire hydrologique de la Suisse 2021.

Débit, niveau et qualité des eaux suisses.

Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 2215 : 44 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Mise en page

Funke Lettershop AG

Photo de couverture

Crue du 15 juillet 2021 au lac de Thoune, à Neuhaus (BE).

© Philippe Gyarmati, OFEV

Crédits photographiques

Page 18 : Philippe Gyarmati, OFEV

Page 21 : Matthias Huss, Département des géosciences de l'Université de Fribourg

Source des données

Les analyses hydrologiques sont basées sur les données provisoires de 2021.

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uz-2215-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 2022

Table des matières

Abstracts	7
Avant-propos	9
Résumé	11
1 Les faits qui ont marqué 2021	13
2 Conditions météorologiques	19
3 Neige et glaciers	20
4 Eaux de surface	22
5 Eaux souterraines	37
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

Avant-propos

« La situation est très délicate », « Il n'est pas exclu que nous nous retrouvions dans le même scénario d'urgence qu'en 2005 » ou « La situation de crues dans les cours d'eau suisses est très tendue » : telles étaient les affirmations que l'on pouvait lire dans les médias à la mi-juillet 2021. Du fait de violents orages suivis de fortes précipitations, les cours d'eau suisses ont continué de gonfler et ont atteint en maints endroits le niveau de danger 5 (très fort danger de crues), provoquant également des inondations. De nouvelles valeurs maximales ont été relevées pour les lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat, dépassant les niveaux records des grandes crues de 2007. Vous trouverez de plus amples informations sur l'évolution de la situation de crues des cours d'eau, des lacs et des eaux souterraines suisses de l'été 2021, un classement statistique des données issues du réseau de stations de mesure de l'OFEV et des comparatifs avec les crues de 2005 aux chapitres 1, 4 et 5 du présent Annuaire hydrologique.

Suite aux crues survenues en 2005 et en 2007, de nombreuses mesures de protection ont été prises en Suisse. « La protection contre les crues a fait ses preuves », pouvait-on ainsi lire dans la presse en juillet 2021. Il est réjouissant de noter que les mesures d'aménagement du territoire et des cours d'eau de même que celles d'ordre organisationnel mises en œuvre ces dernières années – et notamment les prévisions hydrologiques et les alertes de crues de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) – ont permis aux forces d'intervention des communes et des cantons d'être prêtes à réagir en temps voulu et de disposer des informations et des prévisions nécessaires pour déclencher les mesures de protection adéquates et limiter ainsi les dommages. Grâce aux alertes émises par l'OFEV, la population a elle aussi pu prendre des dispositions en amont pour se protéger.

« Quand la météo s'affole » ou « Sous l'effet des changements climatiques, le ciel ouvre ses vannes » : ainsi titraient deux autres reportages relatifs aux intempéries. S'il était déjà connu que les changements climatiques entraînent une augmentation de la fréquence des précipitations de forte intensité, l'impact de celles-ci sur les débits et les niveaux des cours d'eau suisses a quant à lui été analysé dans le cadre du projet de l'OFEV « Cycle hydrologique (Hydro-CH2018) », dont les résultats ont été publiés au printemps 2021. Et ceux-ci révèlent clairement qu'il faudra à l'avenir s'attendre à plus de crues telles que celles survenues durant l'été 2021.

Les crues ne seront cependant pas le seul phénomène à se multiplier : les périodes de sécheresse et de canicule se feront également plus fréquentes, ce qui modifiera considérablement la disponibilité de l'eau tout au long de l'année. Des mesures de protection du climat et notamment des eaux ainsi qu'une planification et une gestion prudentes de ces dernières permettront de mieux répondre aux défis qui se présenteront.

Carlo Scapozza, division Hydrologie
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Résumé

Conditions météorologiques

Après un hiver 2020/2021 caractérisé par des températures douces, de nombreuses précipitations et d'abondantes chutes de neige localement, le printemps a été marqué par le froid et un mois de mai pluvieux. Dans le nord des Alpes, la saison estivale a été l'une des plus arrosées depuis le début des relevés. À l'inverse, l'automne s'est montré peu pluvieux et bien ensoleillé.

Neige et glaciers

L'hiver 2020/2021 s'est accompagné de plusieurs épisodes neigeux exceptionnels. Du début à la fin de l'hiver, l'enneigement s'est révélé supérieur à la moyenne dans les Grisons, moins prononcé que d'habitude dans l'ouest du Plateau et largement conforme aux valeurs saisonnières dans les autres régions. En dépit d'abondantes chutes de neige durant l'hiver et d'un été plutôt frais, le volume des glaciers suisses a encore reculé de près de 1 % en 2021.

Débits des cours d'eau, niveaux des lacs et températures de l'eau

Suite aux grandes crues de juillet dans le nord des Alpes, de nouvelles valeurs maximales ont été enregistrées dans de nombreux bassins versants, autant en ce qui concerne les débits de pointe de certaines stations de mesure que les moyennes mensuelles et annuelles comparées à la norme 1981–2010. En maints endroits, les niveaux des lacs étaient également plus élevés que les autres années. Les températures de l'eau ont quant à elles évolué dans la normale saisonnière tout au long de l'année 2021.

Isotopes stables

Les valeurs δ - des fortes précipitations qui se sont abattues de janvier à juillet 2021 se situaient dans la moyenne pluriannuelle saisonnière. En 2021, la tendance ascendante des valeurs δ a été à nouveau interrompue.

Eaux souterraines

En comparaison pluriannuelle, un tiers des stations de mesure ont enregistré en 2021 des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources élevés. Suite aux abondantes précipitations du début d'année et surtout aux fortes pluies de juillet, deux tiers des stations de mesure ont temporairement affiché des niveaux accrus.

1 Les faits qui ont marqué 2021

Intempéries, cours d'eau en crue, débordement des lacs : l'été 2021 a été très arrosé sur le versant nord des Alpes. De nombreux lacs et cours d'eau ont atteint en juillet le niveau de danger 3, franchissant même localement les seuils de danger 4 voire 5. Les lacs du pied du Jura, de Thoune et des Quatre-Cantons ont été particulièrement concernés. De nouveaux records ont en outre été enregistrés s'agissant des eaux souterraines.

L'hiver 2020/2021 s'était déjà distingué par d'importantes précipitations, et le printemps froid qui a suivi s'est achevé sur un épisode humide (chap. 2). Ainsi, la hauteur de neige était début juin souvent supérieure à la moyenne. Ce même mois de juin a été marqué, dans le nord des Alpes, par des cumuls de précipitations compris entre 130 et 190 %, atteignant localement jusqu'à 250 % de la norme 1981–2010. De violents orages, parfois accompagnés d'importantes chutes de grêle, ont éclaté à plusieurs reprises. Les températures très élevées ont en outre provoqué une forte fonte des neiges, alors que les sols étaient déjà saturés en maints endroits.

Dès le 6 juillet, des précipitations abondantes et parfois orageuses se sont à nouveau abattues sur la Suisse. Si les cours d'eau du nord des Alpes ont vu leurs niveaux quelque peu baisser après l'épisode de juin, ils ont une nouvelle fois rapidement gonflé début juillet et l'améliora-

tion intervenue entre le 9 et le 12 juillet n'a que brièvement permis de détendre la situation.

Le 12 juillet, la pluie s'est remise à tomber abondamment, en raison d'une goutte froide qui traversait la Suisse. Le 13 juillet, à l'avant de cette dépression, les précipitations les plus intenses se sont produites sur le sud des Alpes et en Suisse centrale. Après une brève accalmie, le centre des précipitations s'est déplacé à l'arrière de la zone dépressionnaire et a exercé son emprise sur le nord des Alpes le 15 juillet. Si, le 16 juillet, des cellules orageuses parfois violentes ont encore traversé la Suisse en provenance du nord-est, la situation s'est progressivement améliorée dans l'ensemble.

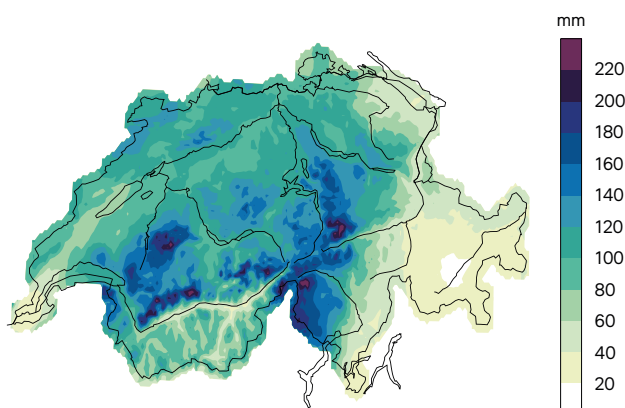
L'épisode principal, qui a duré du 12 au 16 juillet, s'est traduit par des cumuls de précipitations supérieurs à 100 mm dans quasiment toute la Suisse, le versant nord des Alpes et le Tessin ayant même enregistré plus de 140 mm en de nombreux endroits (cf. fig. 1.1). Le maximum, soit un cumul de 221 mm, a été mesuré au Tessin, près de Robièi.

Des crues d'ampleur décennale

Les précipitations de juillet sont tombées sur un système hydrographique déjà bien rempli, provoquant une nouvelle montée rapide des eaux et, isolément, des débordements.

Un peu plus de 100 stations de mesure de l'OFEV ont enregistré des pointes de débit qui, statistiquement, n'apparaissent que tous les deux ans au maximum (cf. fig. 1.2). Dans les bassins versants de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat, des crues survenant tout au plus tous les dix ans ont été observées (tab. 1.1).

Fig. 1.1 : Cumuls des précipitations en Suisse à la mi-juillet 2021
Répartition géographique des précipitations du 12 juillet, 7h00, au 17 juillet, 7h00.



Nouveaux records pour plusieurs lacs

De nombreux lacs ont atteint des niveaux exceptionnels du fait des débits accrus de leurs affluents (cf. tab. 1.2). Les lacs de Thoune et de Brienz ont ainsi atteint de nouveaux maxima pour le mois de juillet. Compte tenu des prévisions météorologiques, le service cantonal bernois de régulation des lacs a commencé, début juillet, à abaisser préventivement le niveau du lac de Thoune. Les précipitations ayant repris le 6 juillet et fait monter brusquement le niveau du lac, le débit à la sortie de ce dernier a dû être freiné de façon répétée afin de protéger les riverains de l'Aar en aval. Le 15 juillet, le lac a franchi le seuil de danger 5 et ainsi atteint le niveau d'alerte le plus élevé. Le débit de l'Aar à Berne a lui aussi atteint le niveau 5, mais les mesures de protection contre les crues ont permis d'éviter d'importants dommages dans la capitale.

Du fait du débit accru de ses affluents, la cote du lac de Bière est elle aussi vigoureusement montée. Les précipitations abondantes ayant arrosé le bassin versant de l'Emme et le pied sud du Jura ont engendré plusieurs hausses successives du niveau de l'Aar en aval du lac de Bière. Afin de respecter les prescriptions de régulation relatives aux débits maximaux de l'Aar à Murgenthal

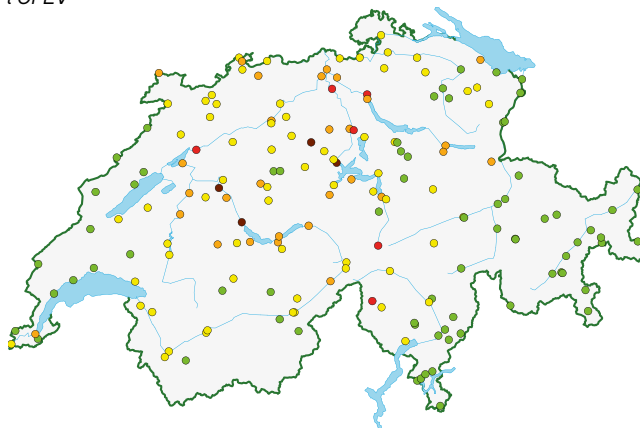
(condition de Murgenthal), le débit du cours d'eau a dû être freiné à plusieurs reprises au barrage de régulation de Port (canton de Berne). Le 16 juillet au soir, le lac de Bière a atteint un record absolu (depuis la 2^e correction des eaux du Jura), cotant à 430,94 m et dépassant ainsi de 6 cm le plus haut niveau accusé en août 2007. Par la suite, les lacs de Neuchâtel et de Morat ont eux aussi signé un nouveau record depuis la 2^e correction des eaux du Jura.

Les trois lacs du pied du Jura sont liés par le canal de la Thielle et le canal de la Broye. Selon le règlement de régulation, le débit à la sortie du lac de Bière ne peut excéder 650 m³/s. En situation de crise, et en accord avec la Confédération et les cantons concernés (Berne, Vaud, Fribourg, Neuchâtel, Soleure et Argovie), il peut être dérogé à ce règlement. Le 16 juillet 2021, les différentes parties ont donc conjointement décidé de relever temporairement le débit maximal de l'Aar au barrage de Port à 750 m³/s, en vue de délester les lacs du pied du Jura. Cette mesure a ainsi permis de réduire plus rapidement les cotes des lacs de Bière, de Neuchâtel et de Morat.

Un nouveau maximum pour le mois de juillet a également été atteint du côté du lac des Quatre-Cantons. Il était néanmoins inférieur de 28 cm au record absolu enregistré en août 2005 (voir les détails plus bas, ainsi que le tab. 1.2 et la fig. 1.3).

Fig. 1.2 : Situations de crues dans les cours d'eau du 8 au 22 juillet 2021

Comparaison des débits de pointe avec les statistiques des crues de l'OFEV



- Débit inférieur à la crue survenant tous les 2 ans
- Crue survenant tous les 2 à 10 ans
- Crue survenant tous les 10 à 30 ans
- Crue survenant tous les 30 à 100 ans
- Débit supérieur à la crue survenant tous les 100 ans

Un niveau de crue très rare a également été observé pour la Suhre à la sortie du lac de Sempach, à Oberkirch : un record absolu a été enregistré à cet endroit tout comme à la station de mesure de Sempach, sur le lac même. De nouveaux maxima pour le mois de juillet ont en outre été atteints au lac de Zoug et à la station de mesure du débit de la Lorze à Frauenthal. Le lac de Zurich est demeuré pendant six jours au niveau de danger 4. S'il n'a pas accusé de niveau plus haut pour juillet, c'est son effluent, la Limmat, qui a signé un nouveau record.

Les débits élevés dans les bassins versants de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat ont également contribué à considérablement gonfler le haut Rhin. Du 13 au 17 juillet, les débits de celui-ci sont restés presque sans exception supérieurs à 3000 m³/s. Le 13 juillet, la navigation rhénane a été suspendue entre Bâle et l'écluse de Kembs, en France, pour une durée de six jours.

Tab. 1.1 : Crues du 8 au 22 juillet 2021 – Cours d'eau

Nom de la station	Durée de la période (ans)	Maximum atteint jusque-là (m ³ /s)	Date (mois/année)	Ancien maximum pour juillet (m ³ /s)	Date (année)	Maxi ₂₀₂₁ (m ³ /s)	Date	Heure	Période de retour	Niveau de danger maximum atteint
Aabach – Hitzkirch	44	5,99	12/1981	3,57	1993	6,59*	18.07.21	12:15	10–30	4
Aach – Salmsach	60	48,5	09/1968	30,6	1977	37	09.07.21	06:00	10–30	3
Aare – Bern	104	613	05/1999	434	2014	562	16.07.21	14:15	>100	5
Aare – Brienzwiler	106	444	08/2005	373	1977	323	13.07.21	12:25	10–30	3
Aare – Brugg	48	1387	08/2007	913	1982	1164	15.07.21	13:10	10–30	3
Aare – Brügg	48	783	05/2015	655	1987	761	22.07.21	08:35	30–50	5
Aare – Hagneck	36	1514	08/2005	818	2014	1044	16.07.21	19:30	10–30	3
Aare – Murgenthal	48	1262	08/2007	906	1997	1021	15.07.21	07:55	10–30	3
Aare – Ringgenberg	40	344	08/2005	244	1987	243	16.07.21	17:20	10–30	3
Aare – Thun	116	564	05/1999	401	2014	505	17.07.21	03:20	>100	5
Aare – Untersiggenthal	48	2656	08/2007	1664	2001	2201	14.07.21	07:45	10–30	3
Allaine – Boncourt	38	72,4	08/2007	28,1	1996	59,9	13.07.21	17:35	10–30	2
Emme – Emmenmatt	103	495	06/1997	470	1977	335	09.07.21	02:50	10–30	3
Engelberger Aa – Buochs	99	230	08/2005	122	2014	133	11.07.21	00:25	10–30	3
Ergolz – Liestal	101	152	05/1994	95	1948	117	13.07.21	12:55	10–30	3
Gürbe – Belp, Mülimatt	99	60,8	08/2014	59	1938	52,1	13.07.21	11:40	10–30	3
Kander – Hondrich	41	273	08/2005	225	2014	232	08.07.21	20:30	10–30	5
Limmat – Baden	71	657	05/1999	430	1953	552	15.07.21	05:10	10–30	4
Limmat – Zürich	116	657	06/1910	378	1976	535	14.07.21	00:15	30–50	4
Linth – Mollis	99	402	08/2005	272	1987	307	08.07.21	22:15	10–30	3
Linth – Weesen	56	286	05/1999	209	1987	207	17.07.21	03:00	10–30	2
Lorze – Frauenthal	98	38,3	08/2007	31,2	1993	36,1	13.07.21	15:00	50–100	5
Lütschine – Gsteig	98	254	08/2005	209	2014	170	08.07.21	20:25	10–30	3
Reuss – Andermatt	77	291	08/1987	199	2013	225	13.07.21	11:10	30–50	4
Reuss – Luzern	99	473	08/2005	390	1953	480*	16.07.21	10:15	>100	5
Reuss – Mellingen	112	854	08/2005	616	2001	761	14.07.21	04:40	30–50	4
Reuss – Mühlau	98	839	08/2005	655	2002	689	13.07.21	16:45	10–30	3
Reuss – Seedorf	99	733	08/1987	477	1977	526	13.07.21	12:35	10–30	3
Rhein – Basel	131	5085	05/1999	3396	1910	3729	15.07.21	12:35	10–30	4
Rhône – Genève	96	740	11/2002	660	1975	656	18.07.21	21:15	10–30	–
Rhone – Reckingen	72	180	08/1987	160	2012	147	13.07.21	13:00	10–30	3
Riale di Calneggia – Caverigno	55	104	08/1987	87,5	2011	122*	13.07.21	10:50	50–100	5
Saane – Laupen	57	925	08/2005	505	1973	667	13.07.21	18:05	10–30	3
Sarine – Fribourg	73	750	08/2005	420	1951	510	13.07.21	18:15	10–30	3
Sarner Aa – Sarnen	98	148	08/2005	37,9	1981	56,7	16.07.21	18:25	10–30	3
Seez – Mels	56	75,4	07/1987	75,4	1987	65,9	08.07.21	21:22	10–30	4
Sihl – Zürich	84	280	08/2005	175	1955	248	13.07.21	23:45	10–30	3
Simme – Oberwil	100	200	11/1944	124	2007	124	13.07.21	11:20	10–30	3
Suhre – Oberkirch	43	4,41	05/1999	3,27	1987	4,93*	16.07.21	14:00	>100	4

* nouvelles valeurs maximales absolues

en gras : nouveau record pour juillet

Ne figurent pas dans le tableau les stations de mesure auxquelles des débits présentant une période de retour inférieure à dix ans ont été enregistrés.

Tab. 1.2 : Crues du 8 au 22 juillet 2021 – Lacs

Nom de la station	Durée de la période (ans)	Maximum atteint jusque-là (m)	Date (mois/année)	Ancien maximum pour juillet (m)	Date (année)	Maxi ₂₀₂₁ (m.)	Date	Heure	Niveau de danger maximum atteint
Bielersee – Ligerz	38	430,88	08/2007	429,83	1987	430,94*	16.07.21	22:00	5
Bodensee (Obersee) – Romanshorn	91	397,89	06/1999	397,6	1987	397,03	19.07.21	04:00	3
Bodensee (Untersee) – Berlingen	91	397,66	06/1999	397,38	1965	396,61	20.07.21	06:40	3
Brienzersee – Ringgenberg	80	566,05	08/2005	564,94	2012	565,2	16.07.21	16:20	3
Lac de Neuchâtel – Neuchâtel	38	430,44	05/2015	429,98	1987	430,72*	19.07.21	13:50	4
Lac Léman – St-Prex	78	372,88	12/1965	372,8	1951	372,69	17.07.21	10:10	3
Murtensee – Murten	38	430,47	04/2006	430	1987	430,72*	20.07.21	07:50	3
Sempachersee – Sempach	86	504,34	08/2007	504,24	1946	504,64*	18.07.21	07:40	–
Thunersee – Spiez	80	559,25	08/2005	558,48	1970	558,75	17.07.21	02:25	5
Vierwaldstättersee – Luzern	85	435,23	08/2005	434,83	1970	434,95	16.07.21	23:50	5
Walensee – Murg	91	422,15	05/1999	421,5	1953	421,27	17.07.21	01:40	2
Zugersee – Zug	91	414,46	05/1999	414,22	1932	414,3	19.07.21	06:45	2
Zürichsee – Zürich	70	406,99	05/1999	406,78	1953	406,73	18.07.21	01:25	4

* nouvelles valeurs maximales absolues

en gras : nouveau record pour juillet

Tab. 1.3 : Épisode de crue de juillet 2021 – Eaux souterraines

Nom de la station	Unité	Durée de la période (ans)	Maximum atteint jusque-là	Date	Ancien maximum pour juillet	Date	Maximum atteint en juillet 2021	Date
Niveau des eaux souterraines								
Dietikon	m	23	383,10	07.05.2015	383,04	14.07.2016	383,29	18.07.2021
Luterbach	m	23	423,01	23.01.2018	422,08	01.07.2016	423,72	16.07.2021
Märstetten	m	30	412,76	24.01.2018	412,24	15.07.2016	413,39	18.07.2021
Massongex	m	28	394,35	09.08.2007	394,32	14.07.1999	394,41	16.07.2021
Oberwichtrach	m	45	530,95	11.08.2014	530,63	11.07.1997	531,36	16.07.2021
Soral	m	46	372,65	13.07.2020	372,65	13.07.2020	372,86	29.07.2021
Trub	m	17	785,73	23.08.2005	784,83	12.07.2014	785,76	17.07.2021
Zürich	m	50	401,78	24.05.1999	401,74	20.07.1980	402,07	18.07.2021
Débit des sources								
Delémont	l/s	19	75,7	14.05.2007	46,6	03.07.2013	95,5	26.07.2021
Enney	l/s	16	64,4	22.01.2018	43,3	13.07.2014	68,8	13.07.2021

Fig. 1.3 : Crue de la Reuss à Seedorf et au lac des Quatre-Cantons

Hydrogrammes comparatifs des débits et des niveaux d'eau avant et pendant les crues de 2005 (bleu) et de 2021 (orange) aux stations de mesure de l'OFEV Reuss-Seedorf et Vierwaldstättersee-Luzern. La période représentée débute chaque fois 21 jours avant le pic de crue et s'achève 10 jours après.

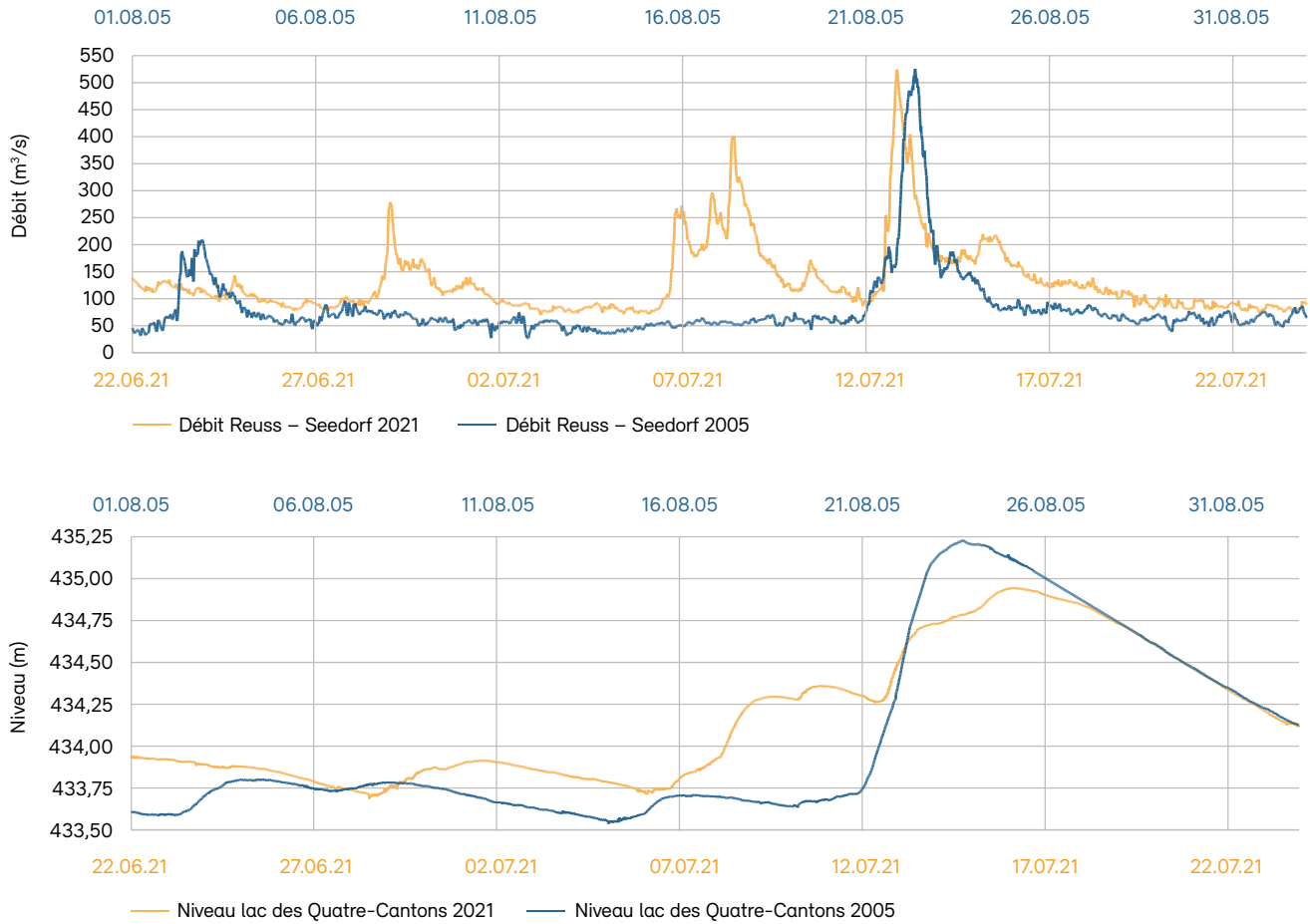
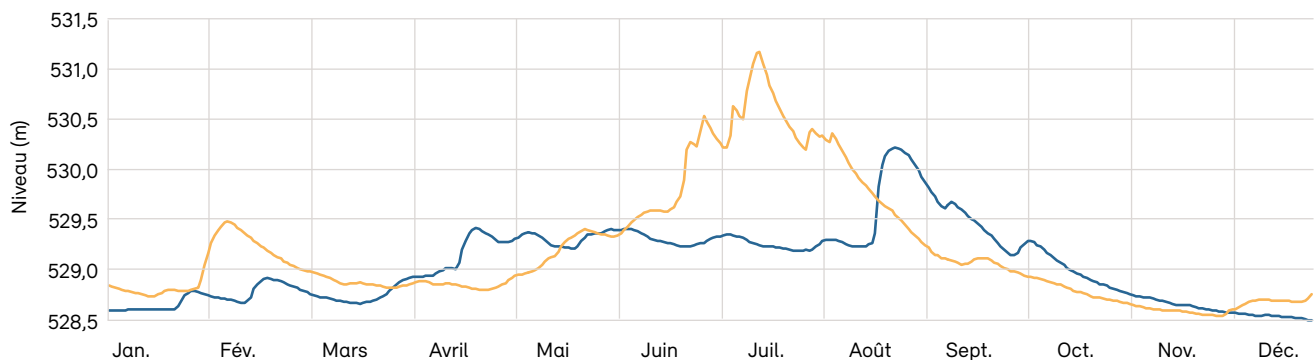


Fig. 1.4 : Niveau élevé des eaux souterraines à Oberwichtach

Comparaison des niveaux des eaux souterraines de 2005 (bleu) et de 2021 (orange) à la station de mesure de l'OFEV Oberwichtach.



Nouveaux records pour les eaux souterraines

Suite aux pluies de juin, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient déjà partiellement élevés avant l'épisode de crue du mois de juillet. Du fait des fortes précipitations de juillet, les niveaux sont encore montés, générant de nouveaux records absolus, en particulier le long des cours d'eau (cf. tab. 1.3).

Comparaison avec l'épisode de crue d'août 2005

Le volume des précipitations enregistrées en 2021, ainsi que la vaste zone touchée par les crues cette même année, invite à une comparaison avec l'épisode survenu en août 2005. En 2021, on notait au total un nombre sensiblement plus faible de stations de mesure de l'OFEV présentant des périodes de retour élevées. Certaines stations affichaient toutefois des valeurs maximales supérieures à celles de 2005, notamment celles situées sur l'Aar en aval du lac de Bienne, sur la Limmat, sur le Rhin en aval du lac de Constance, ainsi que dans le Jura à l'est du Chasseral.

Ainsi que l'illustre de manière exemplaire la comparaison des hydrogrammes des débits à la station de mesure de la Reuss à Seedorf (canton d'Uri), l'épisode de crue de 2021 s'est davantage distingué par sa durée et ses importants

volumes de débit que par des débits de pointe notables (cf. fig. 1.3). Dès le début du mois de juin, le débit de la Reuss atteignait déjà pratiquement 100 m³/s en continu. Des débits de pointe sont apparus ensuite, avec un maximum de 526 m³/s observé le 13 juillet 2021. Une valeur de pointe similaire avait été enregistrée en 2005 à Seedorf (débit de 532 m³/s atteint le 23 août). Toutefois, cette année-là, l'épisode de crue n'avait duré que quelques jours. Les autres affluents majeurs du lac des Quatre-Cantons (la Muota, l'Aa d'Engelberg et l'Aa de Sarnen) ont en partie connu des débits de pointe sensiblement plus élevés en août 2005 qu'en juillet 2021, ce qui avait provoqué une montée des eaux du lac plus importante en un laps de temps plus court. En 2021, le niveau des eaux est néanmoins demeuré quatre jours de plus au-dessus du seuil de danger 3 (434,25 m), sans jamais atteindre pour autant le record de 2005. Suite aux travaux d'assainissement du barrage de la Reuss effectués entre 2009 et 2011, la capacité de débit à la sortie du lac des Quatre-Cantons a augmenté. Ainsi a-t-on mesuré à cet endroit en 2021 un débit de pointe légèrement supérieur au record de 2005, alors même que le niveau du lac était plus bas qu'en 2005.

Les niveaux des eaux souterraines dans la vallée de l'Aar, en aval de Thoune, viennent souligner la durée exceptionnellement longue de l'épisode de crue de l'été 2021 par rapport à celui d'août 2005 (cf. fig. 1.4).

Fig. 1.5 : Promenade au bord du lac des Quatre-Cantons à Alpnachstad (canton d'Obwald) pendant l'épisode de crue, le 13 juillet 2021



2 Conditions météorologiques

L'hiver 2020/2021 a été marqué par la douceur des températures et par de nombreuses précipitations ainsi que d'abondantes chutes de neige localement. Un printemps froid, caractérisé par un mois de mai très pluvieux, lui a succédé. La saison estivale a été l'une des plus arrosées depuis le début des mesures. À l'inverse, l'automne n'a connu que de faibles précipitations et s'est distingué par un ensoleillement généralisé.

Les mois de décembre et janvier ayant été marqués par de nombreuses pluies et – selon les régions – par des chutes de neige abondantes, les précipitations hivernales se sont en général avérées supérieures à la moyenne. Localement, l'hiver 2020/2021 a été l'un des plus arrosés depuis le début des mesures météorologiques. Le mois de février a été doux, et les cumuls des précipitations sont généralement demeurés en deçà de la moyenne, hormis dans le sud du pays, qui a enregistré plus de précipitations que de coutume. Compte tenu des températures clémentes, les précipitations sont souvent tombées sous forme de pluie, y compris en altitude.

La Suisse a ensuite connu le printemps le plus froid depuis plus de 30 ans. Si mars et avril ont été plutôt secs, le mois de mai a vu d'abondantes précipitations s'abattre sur la plupart des régions, à l'exception du sud des Alpes. Localement, le cumul des précipitations a même atteint 250 % de la norme en mai, donnant le coup d'envoi d'un inhabituel épisode pluvieux de trois mois.

Dans le nord des Alpes, l'été 2021 a été l'un des plus arrosés de toutes les années de relevés, avec des valeurs atteignant localement plus de 160 % de la norme 1981–2010. Dans le sud, le cumul des précipitations estivales était élevé essentiellement dans le nord-ouest du Tessin. Dans les autres régions sud-alpines, les valeurs sont restées comprises entre 100 et 140 % de la norme. Dans le nord des Alpes, après les pluies généralisées du mois de mai, certaines zones ont reçu les plus abondantes précipitations en juin et juillet depuis le début des relevés. Pour certaines stations de mesure, le mois de juillet s'est même révélé être le mois le plus arrosé parmi tous les mois consignés depuis le début des relevés. Le nord des Alpes a connu plusieurs chutes de grêle dévastatrices, surtout en juin. Fait extrêmement rare, la taille des grêlons affichait jusqu'à 6–7 cm, ou plus encore, dans certaines

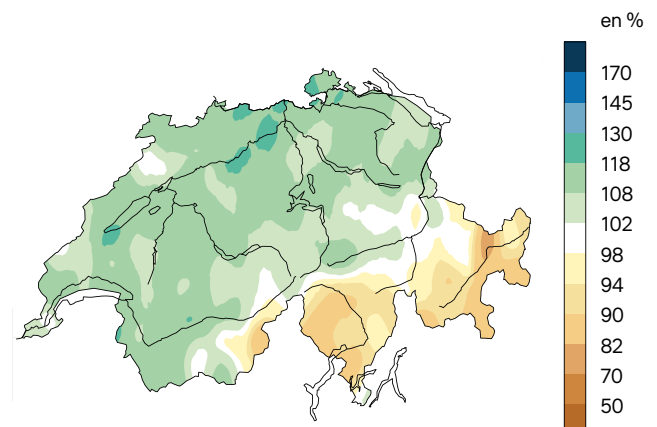
régions. Dans le sud des Alpes, c'est en juillet que la grêle a généré les plus importants dégâts pour l'agriculture.

De septembre à novembre, les précipitations sont demeurées à un faible niveau dans toute la Suisse. Depuis le début des mesures en 1864, rares furent les automnes aussi peu pluvieux dans le nord des Alpes. Début novembre, on a assisté à d'abondantes chutes de neige dans certaines zones des Alpes orientales, où les cumuls de neige fraîche enregistrés sur quatre jours affichaient 50 à 60 cm. Fin novembre, il a neigé de part et d'autre des Alpes, y compris en plaine, et les chutes de neige se sont poursuivies jusqu'aux premiers jours de décembre. Au bout d'une dizaine de jours, le manteau neigeux atteignait une épaisseur supérieure ou égale à la moyenne dans de nombreuses régions de montagne. Dans le Jura, la hauteur de neige a largement dépassé les valeurs usuelles.

À l'approche de la fin de l'année, de fortes pluies se sont abattues sur l'ensemble du pays et jusqu'en altitude. Du fait des températures clémentes, la limite des chutes de neige se situait à près de 2500 m. En toute fin d'année, la température diurne maximale s'élevait à 16 °C dans le nord de la Suisse et à 19 °C dans le sud.

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

En 2021, le cumul des précipitations a atteint 90 à 115 % de la norme 1991–2020. Dans le sud des Alpes, les valeurs se sont situées le plus souvent dans une fourchette comprise entre 80 et 90 % de la norme.



Source texte et graphique : Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)

3 Neige et glaciers

L'hiver 2020/2021 a été marqué par plusieurs épisodes neigeux exceptionnels. Sur l'ensemble de la saison hivernale, l'enneigement s'est révélé supérieur à la moyenne dans les Grisons, inférieur à la moyenne dans l'ouest du Plateau et conforme à celle-ci dans les autres régions. En 2021, les glaciers suisses ont continué à perdre de leur volume, rétrécissant de près de 1%, en dépit de neiges abondantes en hiver et d'un été relativement frais.

3.1 Neige

Les fortes chutes de neige enregistrées jusqu'à moyenne altitude à la fin du mois d'octobre 2020 sont apparues comme une première annonce de l'hiver. En haute montagne, la neige est restée au sol. Les cumuls de neige fraîche étaient par endroits très élevés pour la saison, sans toutefois présenter de nouveaux records. Des chutes de neige aussi abondantes au mois d'octobre en haute altitude ne surviennent que tous les 10 à 40 ans dans les Alpes orientales. Le mois de novembre fut chaud, mais, entre décembre et février, l'on vit à nouveau à plusieurs reprises tomber la neige, de part et d'autre de la crête principale des Alpes, jusqu'en plaine. Dans le sud comme dans le nord des Alpes, le cumul des précipitations a atteint des valeurs supérieures à la moyenne durant les mois d'hiver, mais est resté inférieur à la normale en mars et en avril.

Au mois de janvier 2021, la neige fraîche était surtout présente en abondance dans le secteur oriental du versant nord des Alpes, dans certaines parties des Grisons et dans l'est de la vallée de Conches. Dans certaines régions de la partie orientale de la Suisse, le mois de janvier a connu les plus importantes chutes de neige des cinquante dernières années.

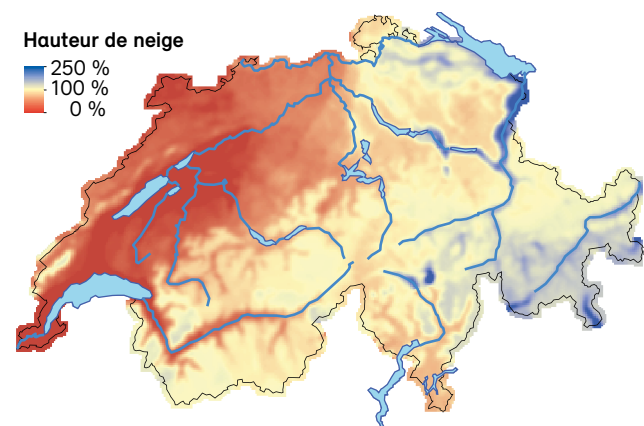
Au mois de février, seule la Haute-Engadine a vu tomber des quantités de neige fraîche supérieures à la moyenne. À l'exception des zones de très basse altitude et du versant sud des Alpes, les cumuls de neige étaient partout supérieurs à la moyenne au mois de mars. À l'inverse, les apports de neige ont été rares en avril. Un seul épisode neigeux a recouvert le secteur est du Plateau de 10 cm de neige fraîche, générant ainsi pour les stations de cette zone des valeurs supérieures à la moyenne.

Les cumuls de neige mesurés en dessous de 2000 m d'altitude sur l'ensemble des six mois hivernaux de novembre 2020 à avril 2021 étaient fortement supérieurs à la moyenne, à l'exception de la zone ouest du Plateau. Suite à différents épisodes de foehn, de poussées de vent chaud en provenance de l'ouest et, par conséquent, de pluie jusqu'en altitude, les hauteurs de neige moyennes sont restées inférieures à la normale entre novembre et avril dans la moitié occidentale du pays en deçà de 1000 m. À l'inverse, les hauteurs de neige relevées dans les Grisons étaient supérieures à la moyenne à toutes les stations et se situaient dans la normale sur l'ensemble de la région alpine au-dessus de 2000 m. À partir de cette altitude, les hauteurs de neige moyennes mesurées de novembre à avril dans toute la Suisse étaient majoritairement conformes à la normale. Le printemps le plus froid depuis 30 ans a permis à la neige de perdurer pendant de longs mois à 2000 m et au-delà.

Début juin, les hauteurs de neige mesurées à de nombreuses stations étaient encore largement supérieures à la moyenne. La seconde partie du mois, marquée par de fortes chaleurs, a accéléré la fonte de la couverture neigeuse, avec un décalage d'une à deux semaines seulement par rapport à la normale au niveau de la plupart des stations situées au-dessus de 2000 m.

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

Hauteur de neige pendant l'hiver 2020/2021 (novembre à avril) par rapport à la période 1971–2000



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

3.2 Glaciers

La fonte des glaciers suisses a été massive au cours des trois dernières décennies, atteignant régulièrement des valeurs extrêmes. Les conditions météorologiques se sont révélées propices en 2021, offrant aux glaciers un certain répit. Malheureusement, à l'ère des changements climatiques, une « bonne » année ne saurait suffire : même si elle s'est ralentie, la fonte des glaces s'est poursuivie, en dépit des abondantes chutes de neige de l'hiver et de l'été comparativement frais et capricieux. Fin avril, la couverture neigeuse des glaciers était à peine supérieure à la moyenne. Le mois de mai a toutefois apporté de la neige fraîche en quantité dans les zones de haute montagne. À 2890 m d'altitude, le Claridenfirn (GL) a même enregistré une hauteur de neige de presque 7 m – la plus haute valeur recensée depuis le début des observations en 1914. Ainsi, les glaciers ont été relativement protégés par leur manteau neigeux, qui s'est maintenu jusqu'au mois de juillet (pluvieux). Cependant, la fonte a été considérable jusqu'à fin septembre, si bien que l'ensemble du territoire suisse a ainsi perdu près de 400 millions de tonnes de glace pendant l'année hydrologique 2020/2021, ce qui correspond à près de 1 % du volume restant des glaciers du pays.

Le réseau des relevés glaciologiques suisse (GLAMOS) a documenté la fonte des 22 glaciers ayant fait l'objet de mesures en 2021. Bien que les pertes de glace aient été plus faibles que les années précédentes, il n'a été constaté d'évolution favorable sur aucun des glaciers. Dans le nord du Valais en particulier (glaciers du Rhône et d'Aletsch), la diminution de l'épaisseur de glace moyenne est demeurée modérée avec à peine 0,2 m. À l'inverse, dans le sud du Valais, le Tessin et le nord-est de la Suisse (glaciers du Findel et de la Silvretta, p. ex.), les pertes de glace ont été presque aussi élevées que les valeurs moyennes des dix dernières années. Alors qu'à l'automne 2021, de belles réserves de neige (« nourriture » pour le glacier) ont été mesurées sur les grands glaciers au-delà de 3200 m, ceux qui étaient situés plus bas ont vu leur couverture neigeuse fondre complètement sur certaines zones. Ces glaciers sont ainsi appelés à disparaître. Même si la perte de glace de 2021 a été la plus faible depuis 2013, la fonte des glaciers semble inéluctable.

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

Fig. 3.2 : L'impressionnante Konkordiaplatz du glacier d'Aletsch (canton du Valais), dépourvue de sa couche neigeuse durant l'été 2021



4 Eaux de surface

Suite aux grandes crues de juillet dans le nord des Alpes, de nouvelles valeurs maximales ont été enregistrées dans de nombreux bassins versants, non seulement pour les débits de pointe de plusieurs stations de mesure, mais aussi au niveau des moyennes mensuelles et annuelles comparées à la norme 1981–2010. À maints endroits, les niveaux des lacs étaient également plus élevés que les autres années. Les températures de l'eau ont quant à elles évolué dans la normale saisonnière tout au long de l'année 2021.

4.1 Débits

En 2021, les débits annuels moyens de tous les grands bassins versants étaient supérieurs à la moyenne pluriannuelle de la norme 1981–2010. Les écarts constatés s'élevaient à 11 % pour la Reuss, 17 % pour la Thur et 18 % pour la Birse. Ils n'étaient pas beaucoup moins élevés pour le Doubs, l'Aar et la Limmat ; dans ces bassins versants, les valeurs étaient comprises dans une fourchette de 7 à 9 % au-dessus de la norme. Pour le Rhône, le Rhin et l'Inn, le dépassement était de l'ordre de 2 à 5 %. Ces valeurs supérieures à la moyenne indiquent qu'en 2021, les débits de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat n'ont pas suivi la tendance à la baisse observée ces dernières années (cf. fig. 4.1).

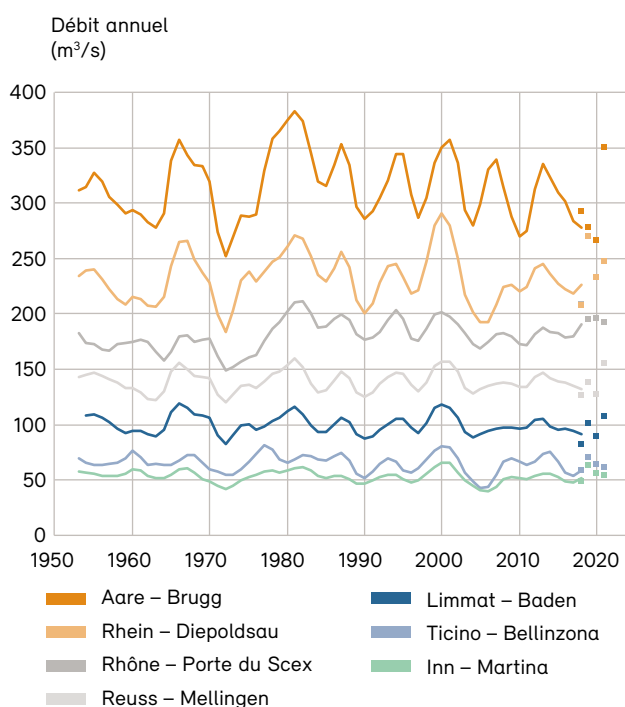
Les bassins versants du sud des Alpes ont au contraire affiché des débits inférieurs à la moyenne : le Tessin a atteint 96 % du débit moyen de la norme et la Maggia, seulement 80 %.

Dans les grands bassins versants, qui compensent généralement par leur taille les particularités locales et régionales, le profil des débits reflète assez fidèlement la courbe des précipitations (cf. fig. 2.1). Dans les bassins versants de taille moyenne, le résultat est logiquement plus nuancé, étant donné que d'autres facteurs que les précipitations entrent ici en ligne de compte : p. ex. les caractéristiques du sol, l'exposition ou l'altitude.

Sur la carte des conditions d'écoulement des bassins versants de taille moyenne (cf. fig. 4.2), deux présentent des débits inférieurs à la norme (90 %) : celui de la Saltine à

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 et les points, les quatre derniers débits annuels.

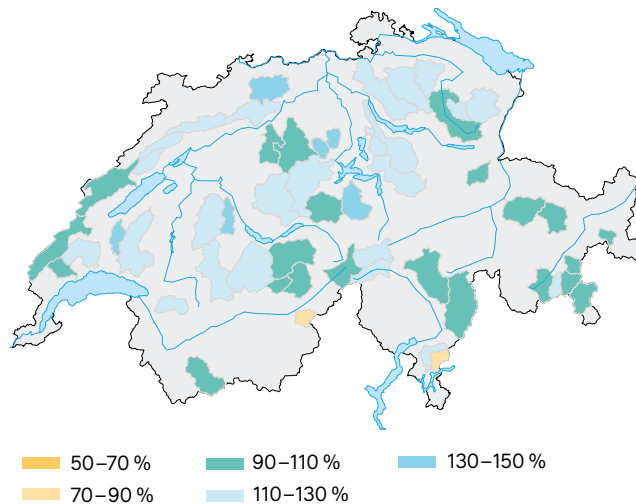


Brigue et celui de la Cassarate à Pregassona. Des valeurs largement supérieures à la normale ont en revanche été observées dans six bassins versants, situés dans la partie centrale et occidentale des Préalpes et dans la région bâloise, qui affichaient des débits dépassant de 30 % ou plus les moyennes pluriannuelles. Parmi les 46 bassins versants de taille moyenne restants, 22 se classent dans la catégorie dite « normale », avec des débits atteignant 90 à 110 % de la norme, et 24 dans la catégorie des bassins versants dont le débit s'échelonne entre 110 et 130 % de la norme. Sur le plan géographique, il est difficile d'établir une délimitation claire entre ces deux groupes.

Si l'on compare avec les valeurs pluriannuelles de la norme 1981–2010, de nombreux bassins versants de grande et moyenne taille du nord des Alpes présentaient des débits fortement supérieurs à la moyenne en février et en juillet (cf. fig. 4.3 à 4.8). En maints endroits, les débits sont demeurés nettement inférieurs à la norme en mars et en

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

Moyennes annuelles 2021 de différents bassins versants de taille moyenne par rapport au débit moyen de la norme 1981–2010 (%)



avril et pendant l'automne. Des précipitations hivernales plus abondantes que d'ordinaire et un mois de février très doux ont généré des débits accrus au début de l'année. Les mois de mars et d'avril ont quant à eux été froids et peu pluvieux. Les niveaux d'eau ont assez rapidement retrouvé des valeurs égales ou inférieures à la moyenne. Juin et juillet ont été très arrosés, ce qui a engendré de fortes hausses de niveau durant l'été (cf. chap. 1). Globalement, les mois de septembre à novembre ont été peu marqués par les pluies. Dans le nord des Alpes, les précipitations de l'automne 2021 ont même atteint localement le niveau le plus faible jamais recensé à cette saison depuis le début des mesures en 1864.

Parmi les bassins de grande taille, ceux de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat fournissent des hydrogrammes très parlants pour l'observation des débits mensuels (cf. fig. 4.3). Le débit moyen de la Reuss à Mellingen au mois de février y apparaît deux fois supérieur à la norme, tandis que l'Aar à Brugg dépasse de 85 % la moyenne pluriannuelle pour ce même mois. En juillet, les débits de l'Aar et la Limmat ont atteint plus du double de la moyenne pluriannuelle pour ce mois et la Reuss affichait des valeurs 90 % supérieures à celle-ci. Dans les bassins versants de taille moyenne, où certaines caractéristiques locales ou régionales sont – comme évoqué plus haut – plus difficiles à compenser, les conditions décrites pour février et juillet ont exercé des effets plus

accentués (cf. fig. 4.4). Voici quelques exemples de débits mensuels en comparaison pluriannuelle de la norme :

- Emme – Emmenmatt : février 243 %, juillet 311 %
- Thur – Andelfingen : février 210 %, juillet 280 %
- Muota – Ingenbohl : février 243 %, juillet 192 %

Les débits mensuels relevés pour le Doubs à Ocourt présentent des valeurs plus extrêmes encore, que les écarts soient positifs ou négatifs : février 204 %, juillet 433 %, septembre 35 %, octobre 23 % et novembre 26 %.

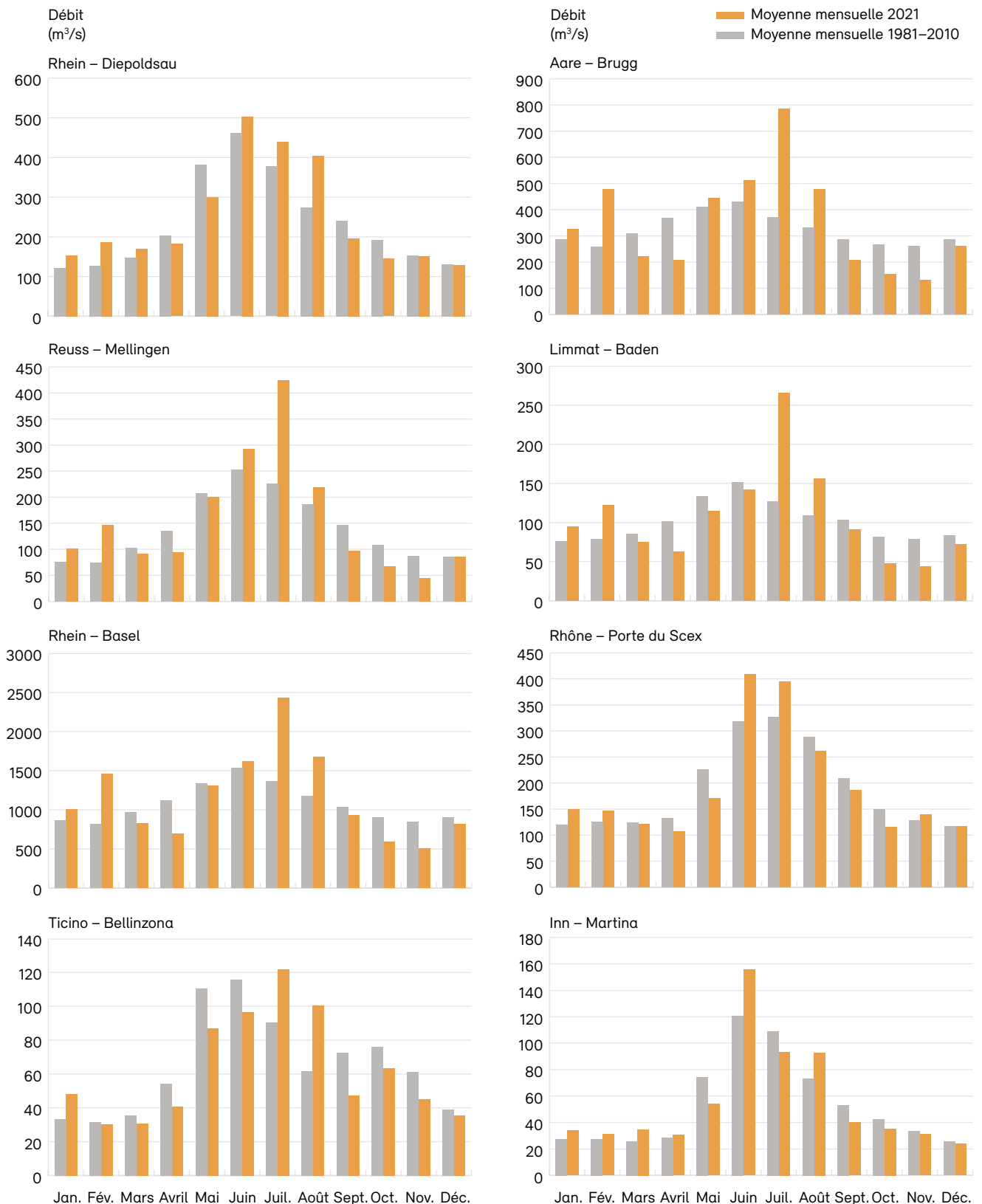
Des écarts ou variations par rapport à ces données générales ont pu apparaître dans certains bassins versants de grande taille ou dans des zones caractérisées par un régime d'écoulement fortement nival ou glaciaire. Ainsi, pour la station de Rhein – Diepoldsau, située dans le nord-est de la Suisse dans un bassin versant d'une superficie de 6300 km², la majeure partie du débit se constitue bien plus au sud. Les valeurs relevées à Diepoldsau ne correspondent donc pas à la courbe de débit caractéristique du nord de la Suisse, mais représentent une forme mixte. La douceur de février s'est également fait sentir au sein des bassins versants situés à haute altitude, comme celui de la Lütschine dans l'Oberland bernois, et l'écart relatif par rapport à la norme y est assez important. En comparaison des mois d'été, le niveau absolu est cependant bas, et la variation est donc moins frappante.

S'agissant du Tessin, à la station de Ticino – Bellinzona, les importants cumuls de précipitations estivales ont fait monter les valeurs mensuelles de juin et de juillet nettement au-dessus des moyennes pluriannuelles ; ces deux mois d'été et janvier ont été les seuls mois affichant des débits supérieurs à la moyenne. En septembre, la station de Bellinzona a enregistré des valeurs inférieures aux deux tiers des débits habituels. De son côté, la station de Maggia – Locarno a affiché des débits mensuels tantôt supérieurs, tantôt inférieurs à la moyenne, atteignant près de 300 % en juillet et tout juste 25 % de la norme en septembre.

En 2021, quelques nouveaux minima mensuels isolés ont pu être observés, sans que se dessine une tendance générale. De nouveaux maxima ont été mesurés à une demi-douzaine de stations en janvier et en juin sur le Plateau central et dans le nord-ouest du pays. Le plus grand nombre de records a été relevé en juillet dans près de 30 stations du nord des Alpes et réparties sur le Plateau (cf. chap. 1).

Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de grande taille

Fig. 4.3 : Moyennes mensuelles 2021 des débits (orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010 (gris)



Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de taille moyenne

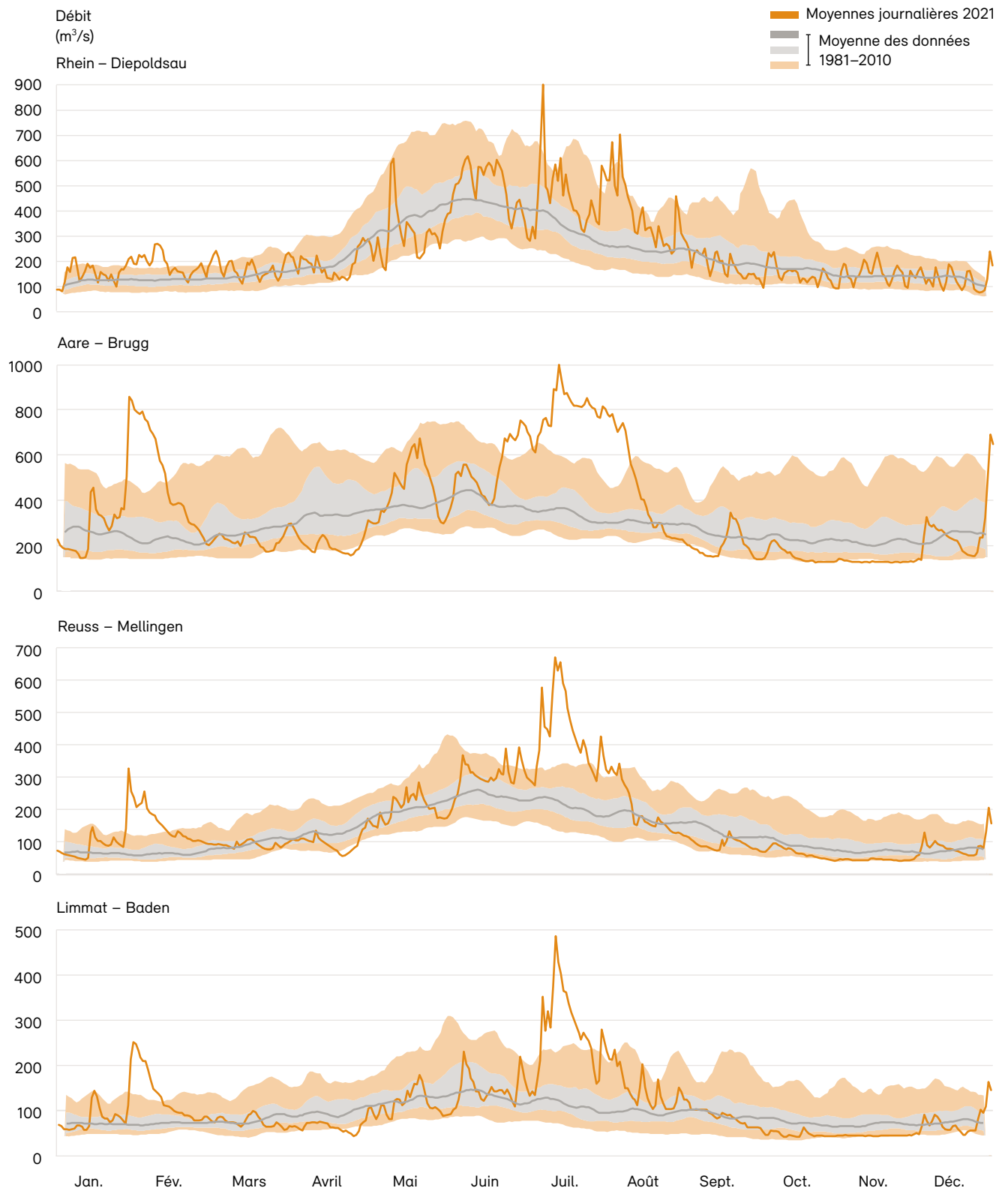
Fig. 4.4 : Moyennes mensuelles 2021 des débits (orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010 (gris)



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

Fig. 4.5 : Moyennes journalières 2021 des débits (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

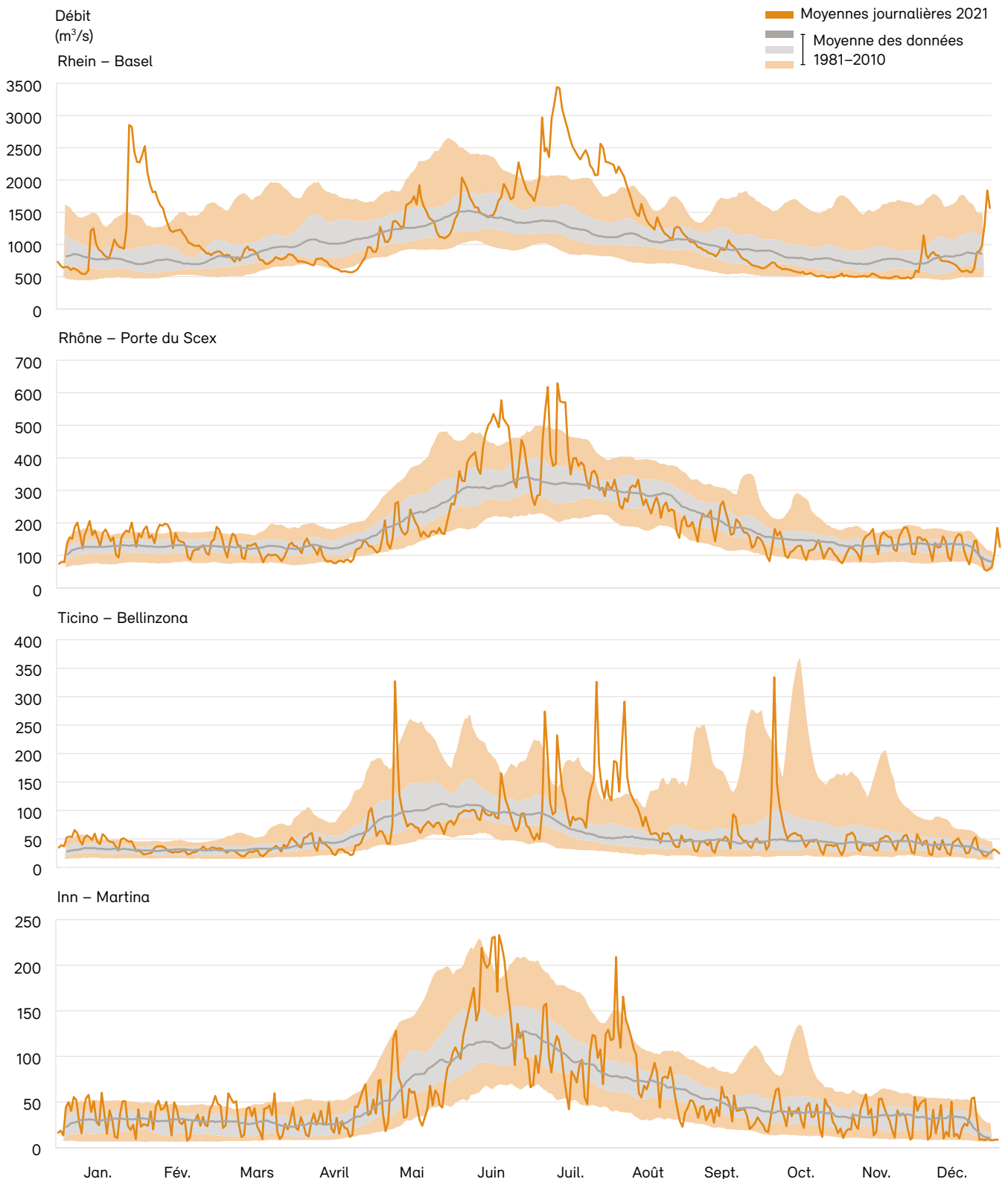
90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 %, de la zone grise.



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

Fig. 4.6 : Moyennes journalières 2021 des débits (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

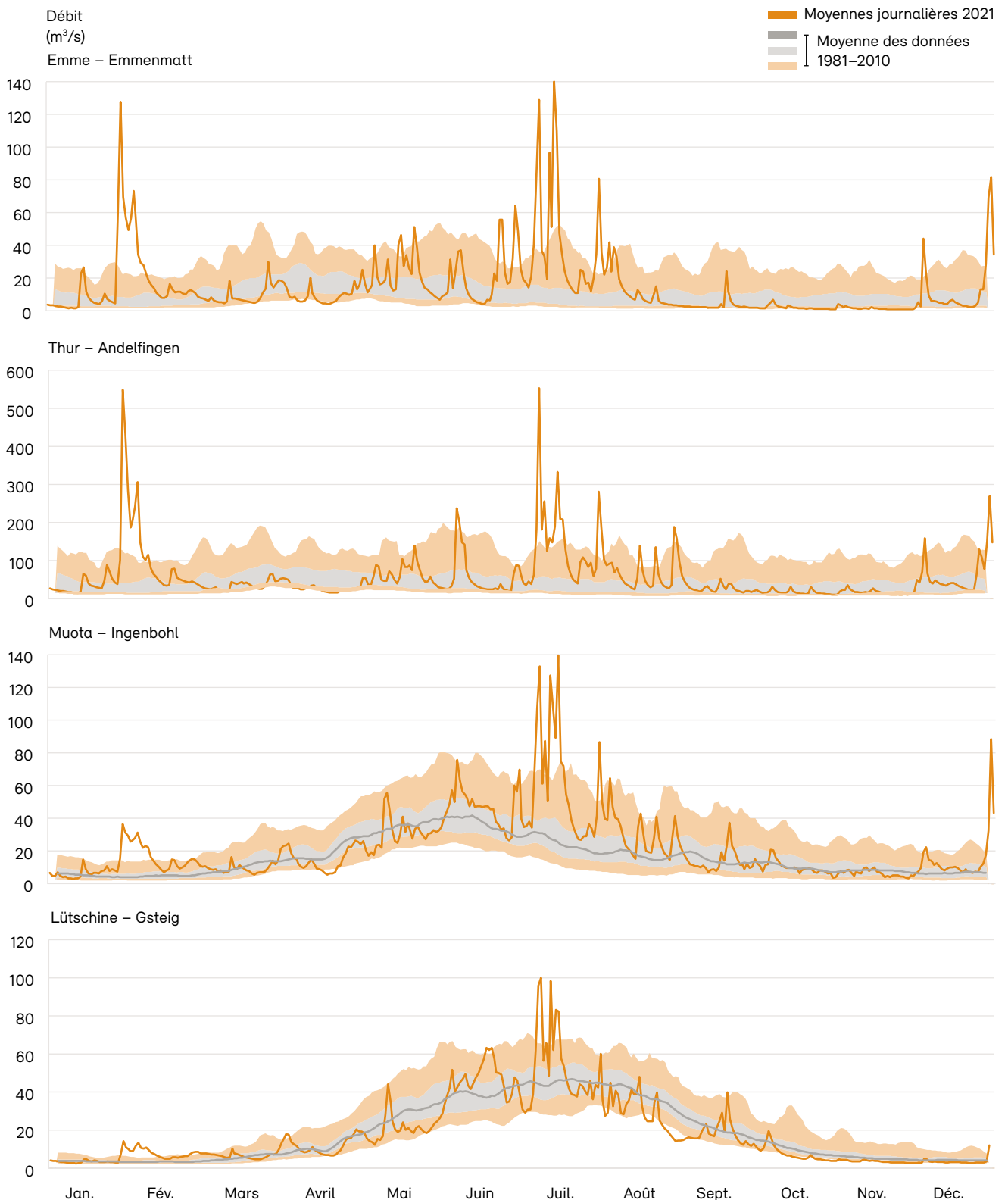
90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 %, de la zone grise.



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

Fig. 4.7 : Moyennes journalières 2021 des débits (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

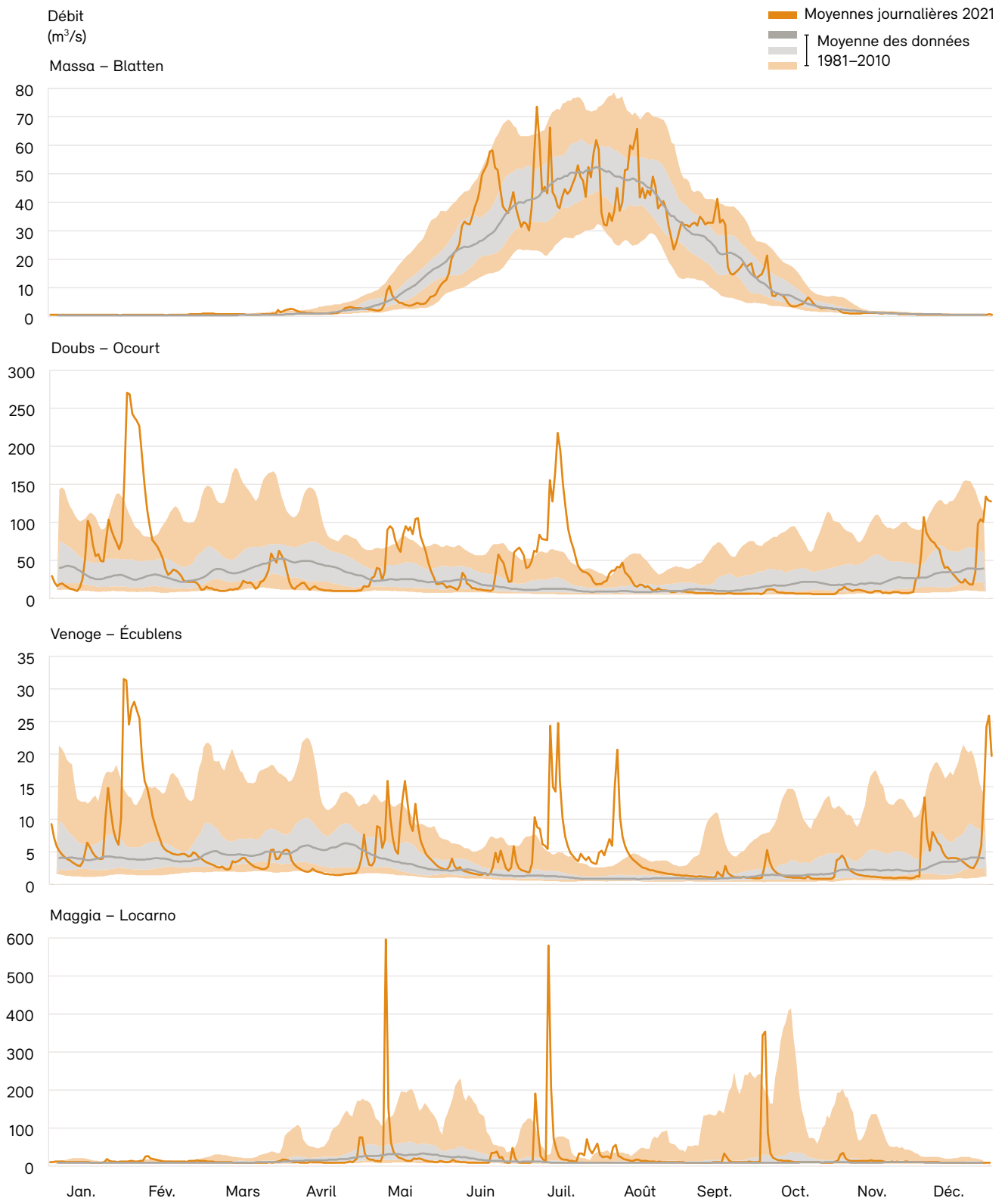
90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 %, de la zone grise.



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

Fig. 4.8 : Moyennes journalières 2021 des débits (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 %, de la zone grise.



4.2 Niveaux des lacs

En 2021, les niveaux moyens d'une demi-douzaine de grands lacs suisses ont dépassé de 5 cm ou plus la moyenne pluriannuelle. Le lac de Constance est celui qui s'éloigne le plus de la norme avec un écart positif de 26 cm pour l'Obersee et de 10 cm pour l'Untersee. Les trois lacs du pied du Jura et le lac de Zoug comptent au nombre des lacs qui ont affiché des niveaux supérieurs à la moyenne en 2021. Le lac Majeur ainsi que les lacs de Lugano et de Walenstadt se sont distingués par des niveaux moyens cotant plus de 4 cm en dessous de la normale pluriannuelle. Le Léman de même que les lacs de Thoune, de Brienz, des Quatre-Cantons et de Zurich ont quant à eux affiché des moyennes annuelles proches de la fourchette habituelle.

Les courbes mensuelles et journalières établies pour les lacs du nord des Alpes répondent au profil suivant : un niveau élevé pour la saison en février et en juillet et une rapide montée des eaux fin 2021. Pendant les autres mois de l'année, les lacs ont affiché des niveaux correspondant à leurs régimes, comme l'illustrent à la perfection les hydrogrammes du lac de Constance et du lac de Neuchâtel (cf. fig. 4.9 et 4.10). Cette dynamique présente toutefois quelques variations : l'hydrogramme du lac de Neuchâtel (régulé) permet d'observer, durant les épisodes de crues, une brusque montée du niveau, qui s'abaisse ensuite tout aussi rapidement. Comparativement, ces épisodes de crues ont été de courte durée. L'abaissement du niveau des eaux du lac de Constance (non régulé) étant plus lent, les épisodes de crue ont duré plus longtemps dans cette zone, ce qui a eu pour effet de générer des moyennes largement supérieures à la norme, non seulement en février et en juillet, mais aussi en mars, en août et en septembre. Le Léman a également présenté des moyennes mensuelles élevées en février et en juillet, ainsi que des valeurs supérieures à la norme en mai et en juin.

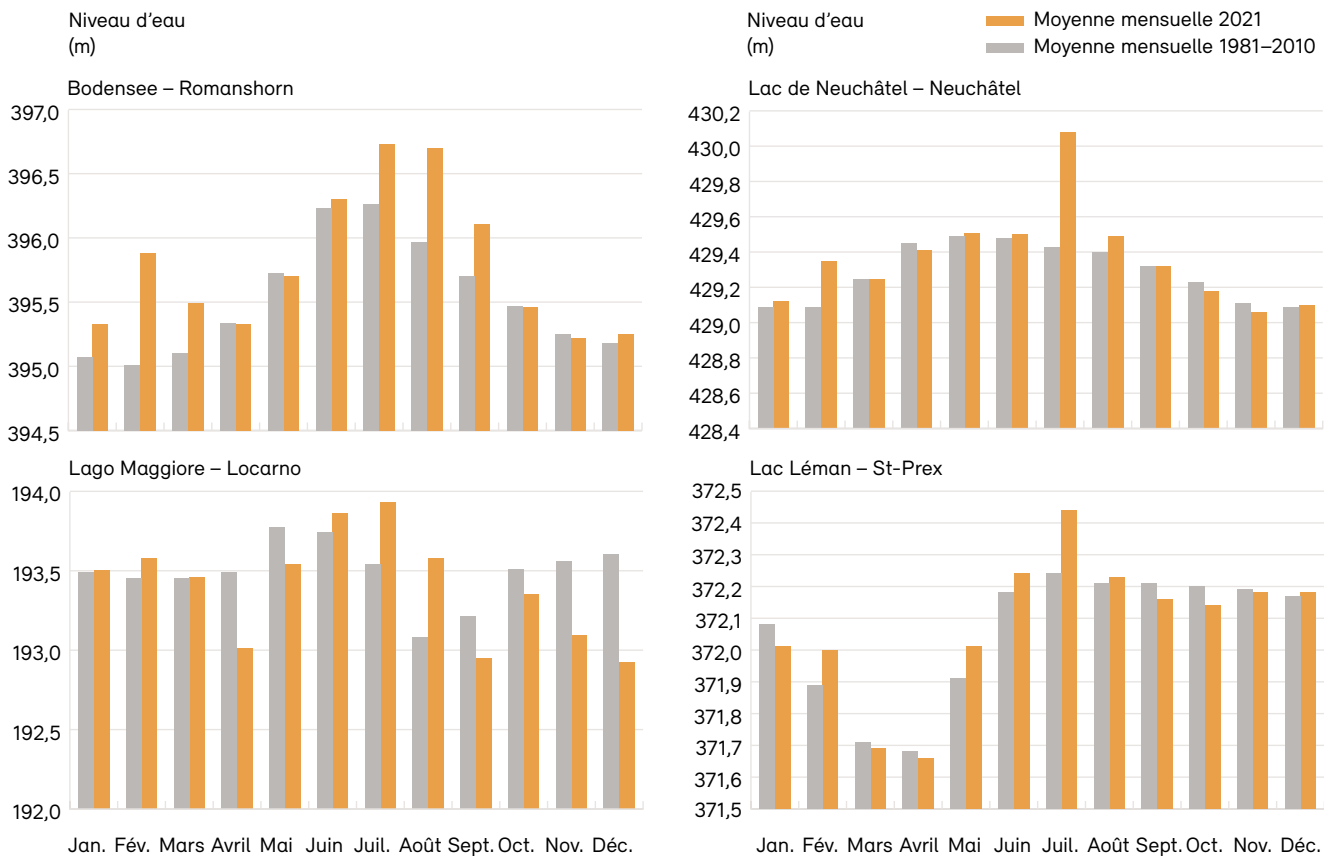
En février, suite aux précipitations hivernales supérieures à la moyenne et à la douceur des températures, les niveaux des lacs étaient élevés de manière généralisée. Toutefois, les mois de mars et d'avril, froids et pauvres en précipitations, leur ont permis de retrouver rapidement leur niveau normal. Très arrosés, les mois de juin et de juillet ont ensuite déclenché une forte remontée des eaux durant l'été (cf. chap. 1).

Les courbes illustrant l'évolution du niveau des lacs du sud des Alpes révèlent une forte dynamique, avec des valeurs très en deçà de la fourchette habituelle à la fin du mois d'avril et en fin d'année, mais aussi de brèves crues en été. La différence entre la moyenne journalière la plus élevée (mi-juillet) et la plus basse (fin avril) est de 1,81 m au lac Majeur, sans que les valeurs maximales n'atteignent toutefois le niveau de danger 2. Le lac de Lugano a connu une dynamique similaire, les fluctuations de niveau s'inscrivent cependant dans une plage plus étroite. L'écart entre le plus haut niveau du lac (début août) et son niveau le plus bas (mi-avril) était seulement de 1,06 m. Le niveau de danger 3 a été atteint début août pour une période de deux jours.

Il n'est pas toujours judicieux de s'arrêter à la seule comparaison avec la norme. En effet, la plage dans laquelle le régime d'un lac fluctue ainsi que les effets induits par le niveau élevé des eaux peuvent prendre une dimension très variable. Observé sur la durée, le régime du lac de Neuchâtel fluctue par exemple dans une fourchette plus restreinte que le lac de Constance. Cela signifie que le lac de Neuchâtel est plus sensible aux écarts constatés par rapport à la norme, ce qui se répercute à son tour sur le nombre de jours de dépassement des seuils de danger. Ainsi, les valeurs maximales relevées dans les deux lacs durant l'épisode de crue de juillet étaient supérieures de 1,4 m au niveau moyen. Le lac de Neuchâtel a atteint le niveau de danger 4 (deuxième niveau de danger le plus élevé, « danger fort ») pendant huit jours, tandis que le lac de Constance n'a jamais été au-delà du niveau 3. Comparons également à titre d'exemple les deux grands lacs de l'Oberland bernois : en 2021, la différence entre la valeur journalière la plus haute et la valeur la plus basse enregistrées au lac de Brienz était supérieure de près d'un demi-mètre à l'écart relevé au lac de Thoune. Le lac de Thoune est cependant demeuré durant trois jours au niveau de danger 5 (le plus élevé) alors que le lac de Brienz n'a atteint que le niveau 3 (sur une durée de quatre jours). Hormis le lac de Thoune, les lacs de Bienne et des Quatre-Cantons sont les seuls grands lacs à avoir atteint le plus haut niveau de danger. À l'instar du lac de Neuchâtel, le lac de Zurich est également resté plusieurs jours au niveau de danger 4.

Moyennes mensuelles des niveaux de différents lacs

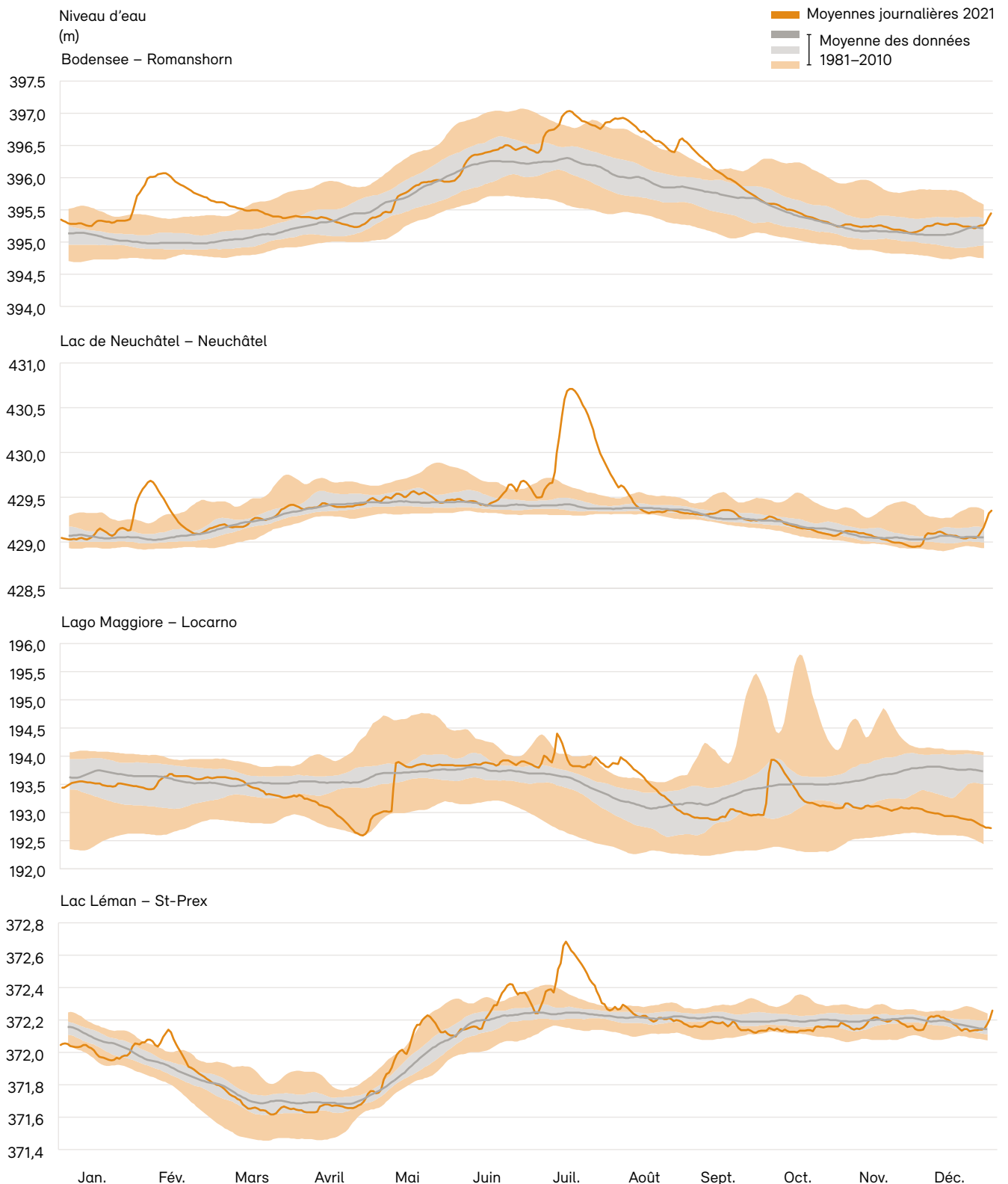
Fig. 4.9 : Moyennes mensuelles 2021 des niveaux d'eau (orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010 (gris)



Niveaux journaliers de différents lacs

Fig. 4.10 : Moyennes journalières 2021 des niveaux d'eau (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 %, de la zone grise.



4.3 Températures de l'eau

L'année 2021 s'est caractérisée par des précipitations abondantes. Elle n'a connu ni températures atmosphériques notablement élevées ni longues périodes de sécheresse, ce qui s'est traduit par un effet positif sur les moyennes annuelles de la température des cours d'eau. Aucun dépassement des maxima ni aucune chute notable des minima pluriannuels n'ont été observés aux stations de mesure de la Confédération.

L'hiver plutôt doux et surtout la montée importante des températures fin février/début mars ont provoqué localement quelques dépassements des maxima mensuels, lesquels ont essentiellement été observés aux stations installées sur les cours d'eau du sud de la Suisse.

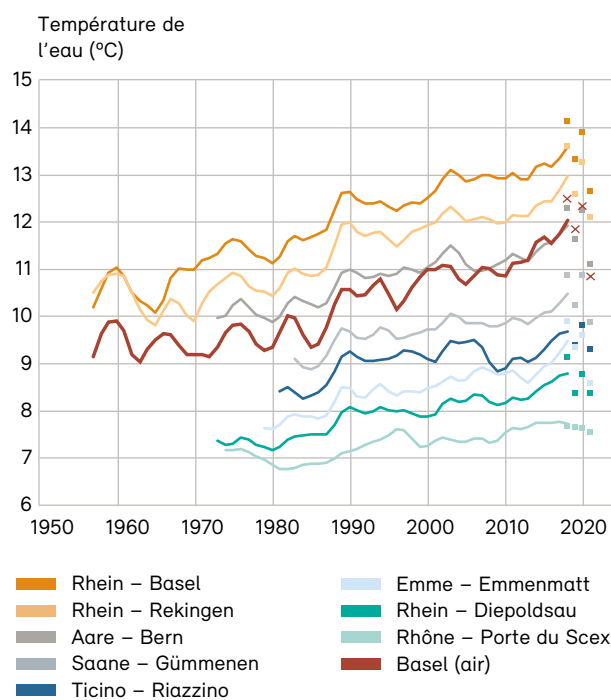
Le printemps ayant été relativement frais, les températures de l'eau les plus basses relevées à certaines stations alpines se situaient en deçà des minima mensuels de la norme.

L'été bien arrosé n'a connu que localement quelques jours de très forte chaleur. Il n'y a donc pas eu d'écarts notables par rapport aux maxima mensuels observés jusque-là. Cependant, il convient de noter également que seuls quelques relevés isolés ont fait état de températures inférieures aux valeurs minimales estivales usuelles.

Bien que l'automne ait bénéficié d'un fort ensoleillement (surtout en septembre et en octobre), les moyennes mensuelles sont demeurées dans la fourchette des années précédentes. Seules quelques rares occurrences de valeurs supérieures aux maxima mensuels et de valeurs inférieures aux minima mensuels ont été relevées respectivement en septembre et en novembre. Malgré une fin d'année empreinte de douceur, les températures de l'eau se sont maintenues en décembre dans la plage des valeurs habituelles à cette saison.

Fig. 4.11 : Évolution de la température de différents cours d'eau suisses de 1954 à 2021

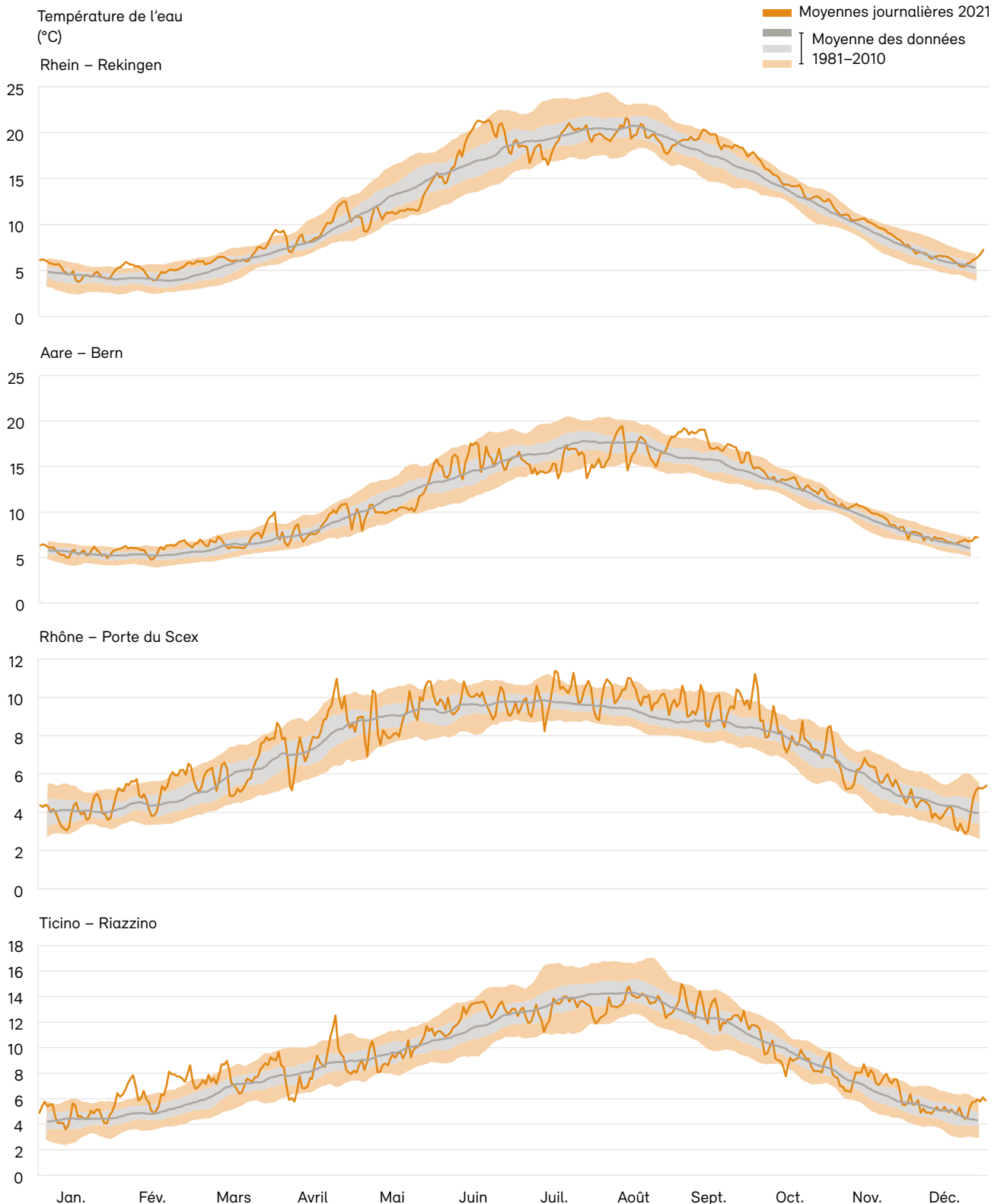
Les lignes représentent les moyennes lissées sur sept ans, les points ou les croix (température de l'air), les quatre dernières moyennes annuelles.



Températures journalières moyennes de différentes stations

Fig. 4.12 : Moyennes journalières 2021 des températures de l'eau (ligne orange) par rapport à celles de la norme 1981–2010

90 % des moyennes journalières se trouvent à l'intérieur des zones orange et 50 % de la zone grise.



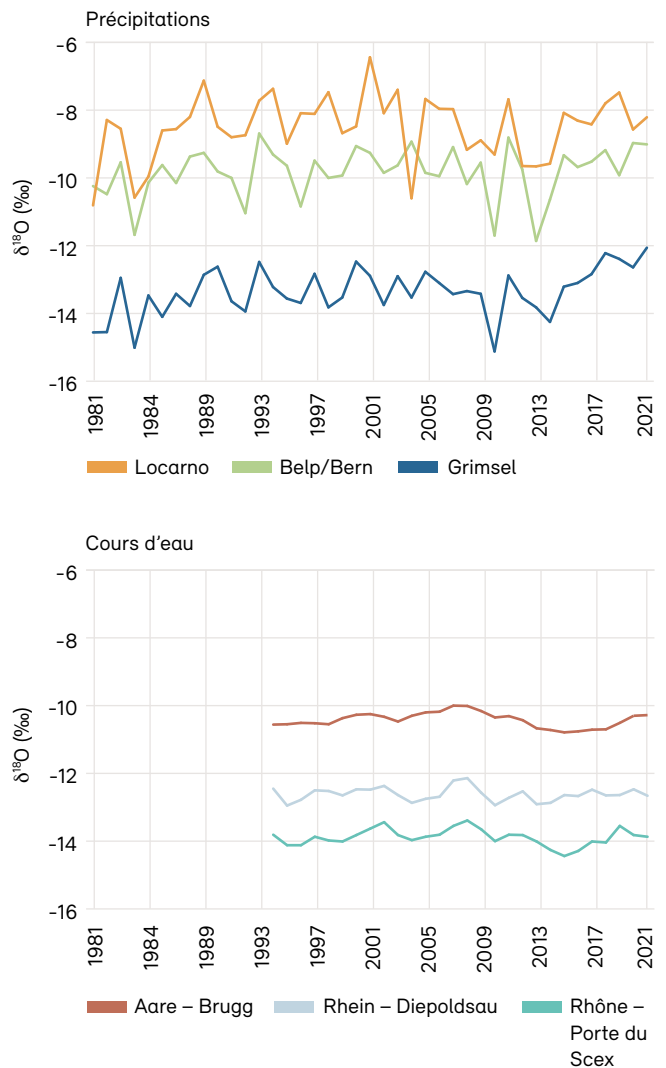
4.4 Isotopes stables

Les isotopes stables présents dans les précipitations, les eaux de surface et les eaux souterraines constituent des indicateurs naturels fournissant des informations supplémentaires fort utiles pour les études régionales climatologiques, environnementales et hydrologiques. Ils permettent ainsi de déterminer, dans les eaux souterraines, l'origine, la durée de séjour et le ratio de mélange des différentes composantes de l'eau, ou encore d'estimer l'altitude moyenne d'un bassin versant. Ils assurent par conséquent une meilleure compréhension des processus impliqués, aussi bien pour répondre à des questions pratiques dans le domaine de l'hydrogéologie que dans le cadre de projets de recherche. Les informations isotopiques sont précieuses, en particulier pour les investigations relatives aux ressources en eau dans les bassins versants alpins ; elles permettent en effet souvent de connaître la durée de séjour de composantes « jeunes » de l'eau ou d'obtenir des indications sur les cheminements de l'eau à l'échelle suprarégionale. La corrélation fondée sur la physique entre la composition des isotopes stables de l'eau et les températures de l'air et l'humidité relative de l'air dans les régions d'où proviennent les précipitations est utilisée dans les études météorologiques et dans l'analyse des modifications du cycle de l'eau liées aux facteurs climatiques. Dans le cadre du module ISOT (isotopes de l'eau) de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, l'évolution régionale à long terme du deutérium (^2H) et de l'oxygène-18 (^{18}O) est suivie à l'échelle nationale, grâce à treize stations pluviométriques et à neuf stations hydrométriques. De cette façon, de longues séries de données de référence sont disponibles pour des études hydro(géo)logiques et météorologiques.

Les valeurs isotopiques des précipitations sont soumises à des fluctuations saisonnières régulières, auxquelles se superposent les évolutions à long terme. Parallèlement à la tendance générale observée pour les températures, les valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ dans les précipitations ont crû depuis le début des années 1980 et jusqu'au début du XXI^e siècle à toutes les stations pluviométriques. Entre 2005 et 2015 en revanche, on a constaté une stagnation, voire une baisse, de ces valeurs ; mais depuis lors, elles sont à nouveau en augmentation. Les valeurs δ des fortes précipitations de jan-

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 1981 à 2021.



vier à juillet 2021 se situaient dans la moyenne pluriannuelle saisonnière.

On observe également l'évolution saisonnière des valeurs $\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$ dans les cours d'eau, mais de manière très atténuée en raison des effets de mélange dans le débit, qui varient selon les régions (p. ex. dans l'Aar, le Rhin et le Rhône). Là aussi, une interruption passagère dans la tendance à la hausse des valeurs enregistrées pour les isotopes a été observée entre 2008 et 2015. En 2021, la tendance générale à la hausse des valeurs δ a été à nouveau interrompue (cf. fig. 4.13).

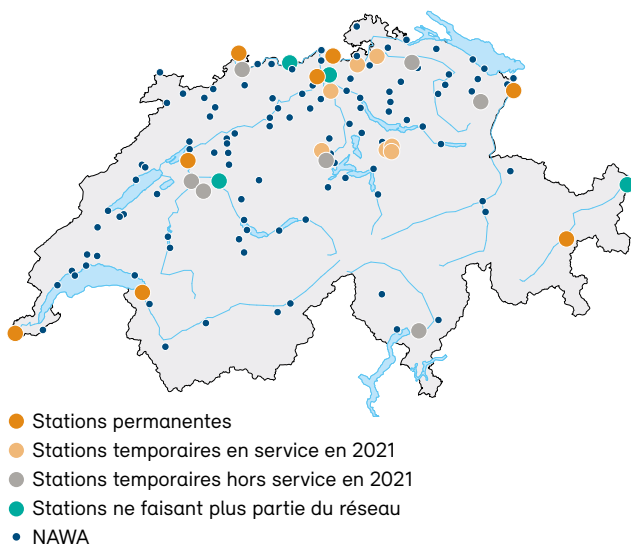
4.5 Qualité de l'eau, propriétés physiques et chimiques

À travers l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), l'OFEV, en collaboration avec d'autres institutions de la Confédération et les cantons, établit les bases permettant de consigner et d'évaluer l'état ainsi que l'évolution des eaux suisses au niveau national. La Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF), qui suit l'évolution des concentrations et des flux de substances dans les eaux, a été intégrée à NAWA en 2014 en tant que programme partiel (cf. fig. 4.14).

Une protection efficace des eaux présuppose une connaissance suffisante de leur état afin d'en identifier les changements et, au besoin, de proposer des mesures. La pollution et les problèmes de protection ne s'arrêtant pas aux frontières politiques, la surveillance des eaux doit être gérée à l'échelle des bassins versants.

Les relevés dans le cadre du programme NAWA sont effectués en étroite collaboration avec les cantons. En plus de NADUF, celui-ci comprend un réseau de base pour l'observation de longue durée (TREND) ainsi qu'une observation spécifique (SPE).

Fig. 4.14 : Stations de mesure actives des réseaux NAWA et NADUF
Stations de mesure de la Surveillance nationale continue des cours d'eau (NADUF) relevant la qualité des eaux en Suisse. État 2021.



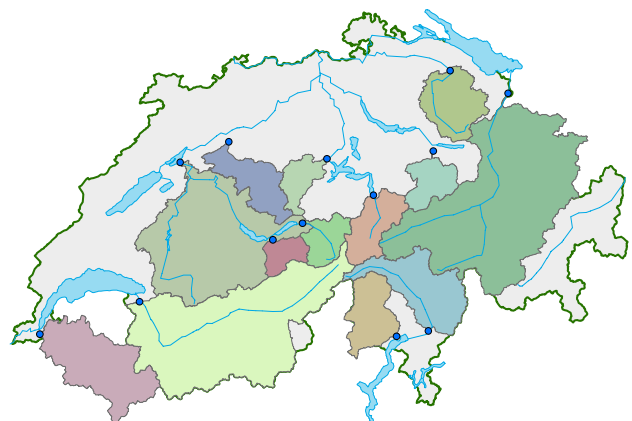
Les analyses de la qualité de l'eau se déroulent sur plusieurs années afin d'en suivre l'évolution. Les résultats des mesures effectuées ne sont donc pas publiés chaque année dans l'annuaire hydrologique. Des informations et données complémentaires sont disponibles sur Internet (cf. annexe).

4.6 Charges en suspension

L'OFEV mesure deux fois par semaine, à 13 stations hydro-métriques, la concentration des sédiments en suspension qui sont transportés par les cours d'eau (cf. fig. 4.15). Les échantillons sont corrélés avec les données sur la turbidité mesurées en continu ; les charges mensuelles et annuelles en sont ensuite extrapolées. Combinées avec les observations hydrologiques et écologiques, ces données permettent d'optimiser la gestion et la protection des eaux.

Les concentrations de solides en suspension dans les eaux dépendent fortement, entre autres, des turbulences et de la quantité d'eau. Cette corrélation est aisément reconnaissable au fait que les charges durant les mois de basses eaux en hiver ne présentent qu'une petite partie des charges annuelles dans la majeure partie des cours d'eau. Cependant, un gros orage peut provoquer une charge journalière représentant une grande partie de la charge annuelle. De plus amples informations sont disponibles sur Internet (cf. annexe).

Fig. 4.15 : Stations de mesure du réseau de mesure des matières solides en suspension de l'OFEV



5 Eaux souterraines

En 2021, un tiers des stations de mesure ont enregistré des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources élevés en comparaison pluriannuelle. Après les importants cumuls de précipitations du début d'année, et surtout les fortes pluies de juillet, deux tiers des stations de mesure ont relevé des niveaux temporairement accrus. En outre, près d'une station sur trois a fait état de températures élevées dans les eaux souterraines.

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 connaître les quantités actuelles d'eaux souterraines en Suisse et d'en comparer l'évolution à de longues séries de données. Les résultats des mesures renseignent en outre sur l'impact potentiel à long terme des changements climatiques sur les ressources en eaux

souterraines (p. ex. multiplication escomptée d'événements extrêmes tels que les crues ou les sécheresses).

Selon les tendances météorologiques pluriannuelles (température et précipitations), la Suisse connaît fréquemment de longues périodes caractérisées par des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources tantôt assez bas, tantôt assez élevés. Considérée sous cet angle, l'année 2021 s'inscrit dans une période présentant, en comparaison pluriannuelle, des niveaux des eaux souterraines élevés et des débits des sources importants (cf. fig. 5.1).

Début 2021, les niveaux des eaux souterraines et des débits des sources s'inscrivaient pour la plupart dans la norme. Du fait des précipitations supérieures à la moyenne du mois de janvier, deux tiers des stations relevaient début février des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources élevés (cf. fig. 5.2 et 5.3, état des eaux souterraines le 8 février 2021).

Fig. 5.1 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources de 2001 à 2021

Pourcentage des stations de mesure 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 2001 à 2021. Gris : valeur annuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs. Bleu : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs. Orange : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs.

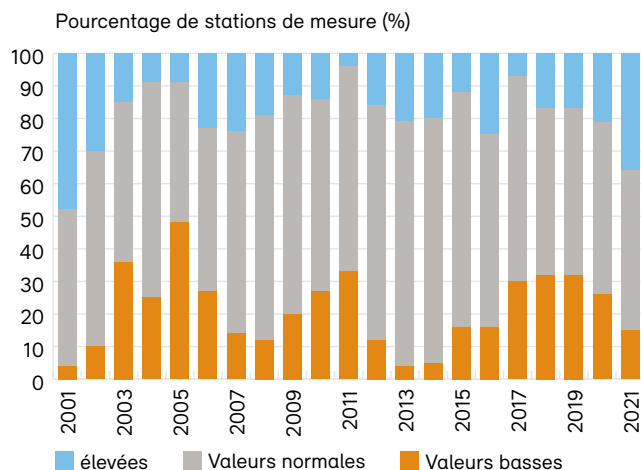
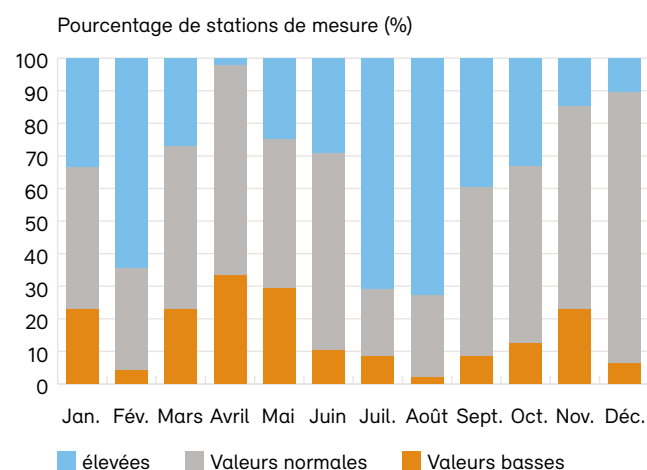


Fig. 5.2 : Niveaux des eaux souterraines et débits des sources en 2021

Pourcentage des stations de mesure 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 2021. Gris : valeur mensuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs mesurées entre 2001 et 2020. Bleu : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs mesurées entre 2001 et 2020. Orange : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs mesurées entre 2001 et 2020.



Les faibles précipitations enregistrées de mars à mai se sont traduites début juin par des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources normaux ou partiellement bas (cf. fig. 5.3, état des eaux souterraines le 7 juin 2021).

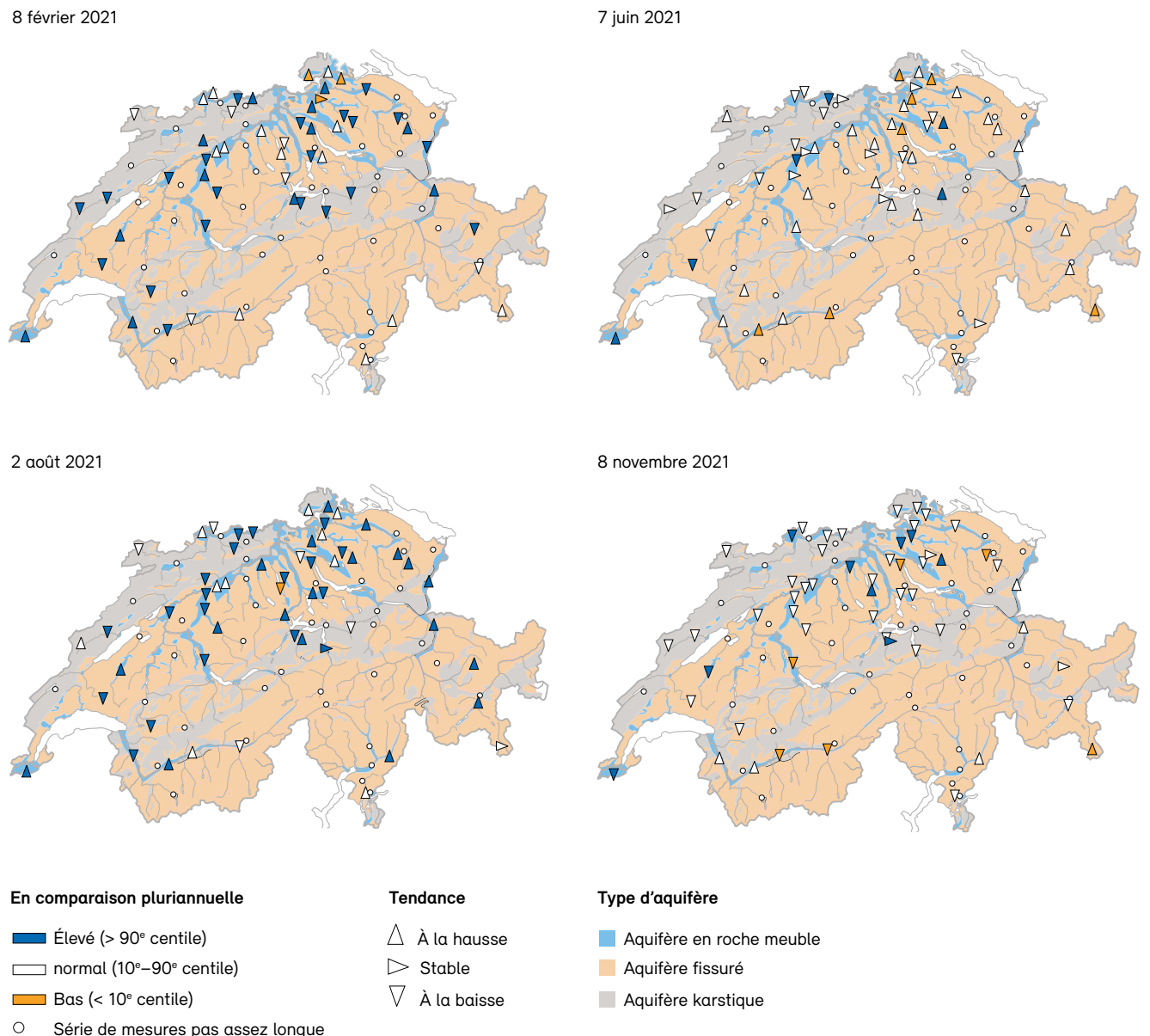
Les pluies de juin et surtout les fortes précipitations persistantes de juillet ont fait remonter le niveau des eaux souterraines le long des cours d'eau et accru le débit des sources. Début août, près de deux tiers des stations de mesure recensaient par la suite des niveaux des eaux

souterraines et des débits des sources élevés (cf. fig. 5.3, état des eaux souterraines le 2 août 2021).

Les faibles précipitations de la fin de l'été et de l'automne ont provoqué une baisse progressive des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources, qui étaient encore hauts au début du mois d'août. Début novembre, les premiers niveaux bas ont ainsi pu être observés dans les aquifères en roche meuble des Préalpes (cf. fig. 5.2 et 5.3, état des eaux souterraines le 8 novembre 2021).

Fig. 5.3 : État des eaux souterraines en 2021

Niveaux des eaux souterraines et débits des sources ainsi que leur tendance pendant quatre jours de référence en 2021, par rapport à la période de mesure 2001–2020.



Le mois de décembre fut à nouveau riche en précipitations, si bien que les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources affichaient en fin d'année globalement des valeurs normales et même partiellement élevées avec une tendance hétérogène.

5.2 Eaux souterraines – qualité

Les eaux souterraines sont la principale source d'eau potable en Suisse. Si disposer d'eaux souterraines en quantité suffisante et de qualité irréprochable a semblé aller de soi jusqu'à présent, les réservoirs aquifères sont de plus en plus sous pression. Des traces de substances de synthèse, très tenaces pour la plupart, portent atteinte à la qualité des eaux souterraines

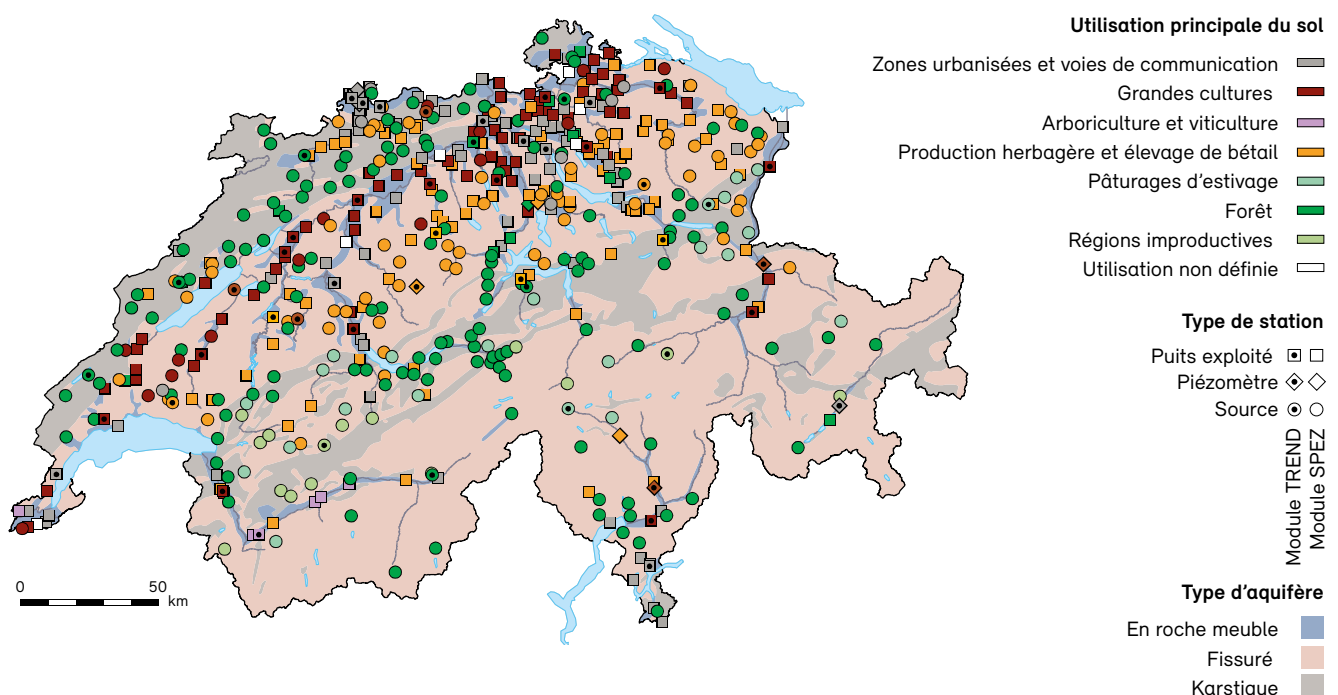
L'état et l'évolution de la qualité des eaux souterraines sont relevés dans le cadre de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA. Les mesures réalisées à 550 stations réparties sur l'ensemble du pays (cf. fig. 5.4) permettent non seulement de détecter rapidement la

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 ou d'une année à l'autre. Elles ne sont donc pas publiées dans l'annuaire hydrologique, mais dans le rapport de 2019 « État et évolution des eaux souterraines en Suisse ». Des informations plus détaillées sont disponibles sur Internet (cf. annexe).

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

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



5.3 Eaux souterraines – température

Le suivi de la température des eaux souterraines réalisé à une centaine de stations de l’Observation nationale des eaux souterraines NAQUA permet de connaître l’état des eaux souterraines en Suisse et d’en comparer l’évolution à de longues séries de données. Il est ainsi possible de constater les éventuelles répercussions des changements climatiques – en particulier de l’augmentation des températures de l’air et de la multiplication prévue des canicules – sur les températures des eaux souterraines

En comparaison pluriannuelle, les eaux souterraines ont présenté des températures plutôt élevées durant la période de 2015 à 2021 (cf. fig. 5.5). De janvier à avril 2021, les eaux souterraines affichaient des températures élevées sur un tiers des stations de mesure en comparaison pluriannuelle. Les autres mois de l’année, les températures observées étaient généralement dans la normale (cf. fig. 5.6 et 5.7).

Fig. 5.5 : Température des eaux souterraines 2001–2021

Pourcentage de stations de mesure ayant enregistré des valeurs annuelles basses, normales et élevées pour la température des eaux souterraines de 2001 à 2021. Gris : valeur annuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs. Orange : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs. Bleu : valeur annuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs.

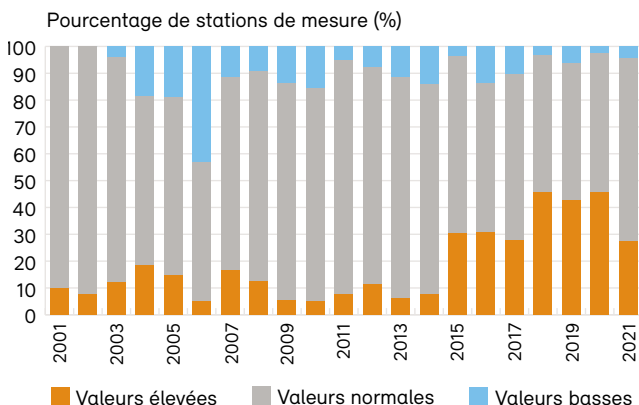


Fig. 5.6 : Température des eaux souterraines en 2021

Pourcentage de stations de mesure ayant enregistré des valeurs mensuelles basses, normales et élevées pour la température des eaux souterraines en 2021. Gris : valeur mensuelle dans la fourchette des 80 % moyens des valeurs mesurées entre 2001 et 2020. Orange : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus élevés des valeurs mesurées entre 2001 et 2020. Bleu : valeur mensuelle dans la fourchette des 10 % les plus bas des valeurs mesurées entre 2001 et 2020.

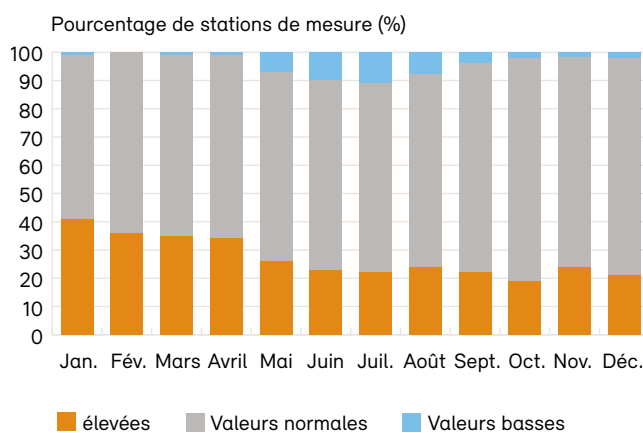
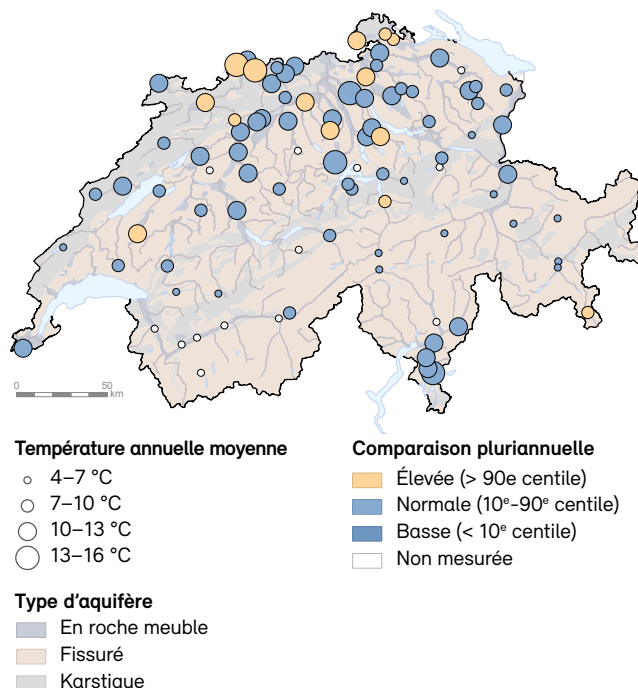


Fig. 5.7 : Stations de mesure de l’Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (module QUANT)

Température moyenne des eaux souterraines en 2021 par rapport à la période 2001–2020.



Annexe

Glossaire

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 du niveau 3 (« danger marqué ») au niveau 4 (« danger fort »). Lorsque ce niveau est atteint, le risque d'inondation augmente. Les bâtiments et les infrastructures peuvent subir des dommages.

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, la nouvelle période de norme 1991–2020 est utilisée pour les comparaisons climatologiques (cf. chap. 2). Pour des raisons techniques, les comparaisons hydrologiques se réfèrent toujours à 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. Il a été intégré à NAWA en 2014 en tant que sous-programme.

^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

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/fr

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 :

<https://opendata.eawag.ch/dataset/naduf-national-long-term-surveillance-of-swiss-rivers-2021-2>

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

Réseau d'observation des transports de sédiments par les cours d'eau :

www.bafu.admin.ch > *Thème Eaux > Données, indicateurs, cartes > Eaux Réseaux d'observation > Transports de sédiments*

Indicateurs Eaux et informations complémentaires sur l'eau :

www.bafu.admin.ch/eaux

Eaux suisses et changements climatiques – Scénarios hydrologiques Hydro-CH2018 :

www.nccs.admin.ch/hydro