

# > Annuaire hydrologique de la Suisse 2015

*Débit, niveau et qualité des eaux suisses*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

# > Sommaire

<b>Préface</b>	<b>3</b>
<b>Abstracts</b>	<b>4</b>
<b>Résumé</b>	<b>5</b>

## 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: WSL Institut 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)

### Référence bibliographique

OFEV (éditeur) 2016: Annuaire hydrologique de la Suisse 2015.  
Office fédéral de l'environnement, Berne.  
État de l'environnement n° UZ-1617-F, 36 p.

### Lectorat

Jacqueline Dougoud, Zurich

### Traduction

Virginie Linder, Anet

### Graphisme, mise en page

Magma – die Markengestalter, Berne

### Photo de couverture

Un torrent impétueux s'écoule du lac glaciaire des Faverges (glacier de la Plaine Morte) début août 2015.  
Photo: Matthias Huss, Département des géosciences de l'Université de Fribourg

### Source iconographique

Page 15: Matthias Huss, Département des géosciences de l'Université de Fribourg

### Source des données

Les analyses hydrologiques sont basées sur les données définitives de 2015.

### Téléchargement au format PDF

[www.bafu.admin.ch/uz-1617-f](http://www.bafu.admin.ch/uz-1617-f)  
(il n'existe pas de version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand, italien et anglais.

Impression neutre en carbone et faible en COV sur papier recyclé.

### Accès aux données et à de plus amples informations:

[www.bafu.admin.ch/eaux](http://www.bafu.admin.ch/eaux)

<b>1 Les faits qui ont marqué 2015</b>	<b>6</b>
<b>2 Conditions météorologiques</b>	<b>13</b>
<b>3 Neige et glaciers</b>	<b>14</b>
<b>4 Eaux de surface</b>	<b>16</b>
<b>5 Eaux souterraines</b>	<b>32</b>
<b>Annexe</b>	<b>34</b>

---

## > Préface

L'année hydrologique 2015 a été marquée par deux événements très différents: une semaine de fortes crues de fin avril à début mai, suivie d'une longue période de chaleur et de grande sécheresse, qui a duré du printemps à l'hiver 2015/2016. Même s'il est naturel que de tels contrastes se produisent de temps en temps, la population a de plus en plus l'impression, face à la répétition d'extrêmes météorologiques, que les effets des changements climatiques commencent à se faire sentir, lentement mais sûrement. Les médias se sont également emparés du sujet, comme l'ont montré les nombreuses demandes de renseignements adressées à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) au cours de l'été 2015.

En collaboration avec MétéoSuisse et d'autres offices fédéraux, l'OFEV a mis en place un nouveau réseau de services climatologiques, le «National Centre for Climate Services» (NCCS). Ce réseau doit fournir aux décideurs, mais aussi au public, des informations sur les changements climatiques et leurs répercussions. La division Hydrologie a pris la conduite des projets portant sur les «bases hydrologiques pour l'adaptation aux changements climatiques», afin de répondre aux questions des milieux économiques (agriculture, gestion des eaux) ou de la collectivité publique, notamment dans le domaine de la protection contre les crues.

Les textes et les tableaux de l'Annuaire hydrologique s'appuient sur une multitude de données, qui sont recueillies, enregistrées, analysées et mises en valeur. Énumérer toutes les tâches nécessaires à la communication de données de haute qualité irait trop loin ici. Notons cependant que la collecte et le transfert des données ont été l'objet d'une attention particulière pendant l'année 2015: la division Hydrologie de l'OFEV et l'Institut fédéral de métrologie (METAS) ont élaboré conjointement un schéma de renouvellement du matériel électronique des stations hydrométriques, en vue de standardiser l'équipement de toutes les stations et de moderniser la transmission des données. Des tests menés dans quinze stations durant six mois ont confirmé que la technologie choisie est fiable, robuste et polyvalente.

Avec cette édition 2015, l'Annuaire hydrologique retrouve un rythme de parution régulier. Nous remercions ici vivement toutes les personnes qui ont contribué à sa conception. L'Annuaire a maintenant un format dont l'OFEV est persuadé qu'il fera ses preuves même à l'avenir.

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

## > 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.

**Keywords:**

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

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.

**Stichwörter:**

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

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.

**Mots-clés:**

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

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.

**Parole chiave:**

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

## > Résumé

### Conditions météorologiques

Dans la plupart des régions du pays, la température annuelle en 2015 s'est située 1,0 à 1,4 degré au-dessus de la normale 1981–2010. Au nord des Alpes, les précipitations annuelles ont dans l'ensemble juste atteint 60 à 85 % de la normale. Les valeurs ont été un peu plus élevées dans les Alpes (80 à 100 %) et au sud de celles-ci (70 à 95 %).

### Neige et glaciers

En moyenne sur tout l'hiver 2014/2015, les hauteurs de neige ont été supérieures à la normale sur le versant sud des Alpes (à l'exception des vallées méridionales des Grisons) et dans les régions avoisinantes au nord et à l'ouest; dans le reste du pays, elles ont en général juste correspondu à la moyenne. Les glaciers des Alpes suisses ont subi en 2015 des pertes de masse supérieures à la normale. Si la canicule de juillet s'est traduite par une fonte extrême, le rafraîchissement d'août et de septembre a empêché que les records soient dépassés.

### Débits

En 2015, les moyennes annuelles des débits sont demeurées majoritairement au-dessous de la normale dans les eaux de surface. Dans les bassins versants englacés, les valeurs ont été égales ou supérieures à la moyenne. Début mai, une crue a entraîné des débits de pointe très élevés dans l'ouest de la Suisse entre le Léman et Bâle. Le second semestre a été très sec. De juillet à décembre, de nombreuses stations de mesure ont enregistré chaque mois des débits plus faibles que la normale. Dans certaines régions, les valeurs mensuelles n'ont jamais dépassé 80 % des moyennes interannuelles à partir de juillet. De nouveaux étiages record mensuels ont été observés au nord des Alpes.

### Niveaux des lacs

Mai a enregistré de nouveaux maxima mensuels. Les niveaux moyens du lac de Neuchâtel et du Léman se sont situés environ 30 cm au-dessus des moyennes mensuelles interannuelles. Le lac de Neuchâtel n'avait jamais coté si haut depuis la seconde correction des eaux du Jura. La longue période plutôt sèche du second semestre ne s'est pas traduite par des niveaux bas dans tous les lacs. Certains ont pu profiter du niveau relativement élevé atteint après les crues du mois de mai. Les lacs qui n'ont pas bénéficié de cet effet ont affiché en automne de nouveaux minima saisonniers.

### Températures de l'eau

Les moyennes annuelles de 2015 confirment globalement la tendance au réchauffement des eaux, constatée depuis 1960 et jusque-là ininterrompue. Au printemps, les températures des cours d'eau ont suivi une évolution normale. À partir de la forte vague de chaleur de juillet, elles ont par contre connu une hausse parfois considérable, qui s'est poursuivie jusqu'à l'automne tout en étant régulièrement interrompue par des phases de refroidissement.

### Isotopes stables

En 2015, les isotopes stables des précipitations se sont une fois de plus distingués par des valeurs  $\delta$  basses pour l'hiver. Du fait de la canicule, les valeurs estivales ont en revanche été supérieures à la normale. L'été caniculaire a en outre eu pour effet que, pendant cette période, les cours d'eau ont été alimentés par de plus grandes quantités d'eau de fonte des glaciers, présentant des valeurs  $\delta$  plus négatives.

### Eaux souterraines

L'année 2015 a commencé avec des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources conformes à la normale et s'est terminée avec des valeurs basses, en raison de la sécheresse persistante à partir de juin.

# 1 > Les faits qui ont marqué 2015

*Début mai 2015, des précipitations intenses ont provoqué plusieurs crues. Certains cours d'eau et lacs ont atteint le niveau de danger 4. Les mois estivaux de juillet et d'août ont en revanche été particulièrement secs et chauds. En automne aussi, les précipitations sont demeurées bien en deçà des normales saisonnières, tout spécialement mi-novembre sur le Plateau et dans le Jura.*

## 1.1 Crues de début mai 2015

Début mai, des précipitations particulièrement intenses ont provoqué une hausse considérable des niveaux d'eau au nord des Alpes, notamment en Suisse romande. Selon l'évaluation météorologique et climatologique de MétéoSuisse, de forts courants d'altitude de secteur ouest à sud-ouest ont amené de l'air subtropical très humide et de plus en plus doux sur la région alpine. Ce front est resté longtemps quasiment stationnaire au-dessus de la Suisse, ce qui a entraîné des précipitations persistantes et parfois abondantes. Des quantités élevées ont été mesurées durant les six jours de l'épisode pluvieux.

### Plus de pluie que d'habitude pendant tout le mois de mai

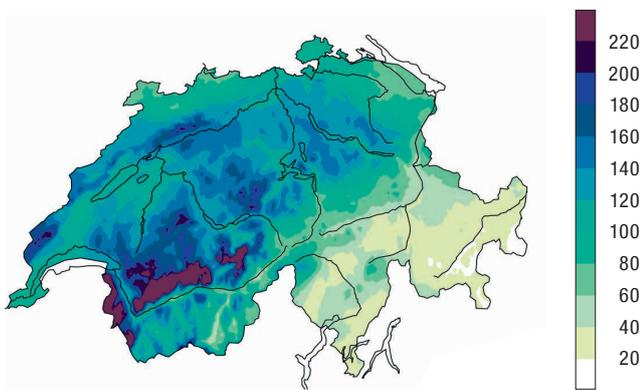
Du 30 avril au 6 mai, la Suisse a essuyé en moyenne quelque 100 mm de pluie. Les plus grandes quantités se sont abattues sur le Bas-Valais, les Alpes vaudoises et l'Oberland bernois voisin. Autour des Dents-du-Midi et à partir des Diablerets jusqu'à la région du Wildstrubel, il est tombé 200 mm de pluie en altitude, voire plus (fig. 1.1). Cela correspond par endroits à 140 % de la lame d'eau précipitée habituelle de tout le mois de mai.

### Forte montée des eaux

Les pluies intenses ont rapidement et fortement gonflé les cours d'eau et les lacs dans les régions concernées. Le vendredi 1<sup>er</sup> mai au soir, on observait déjà les premiers débits de pointe. Le samedi 2 mai, de nombreux petits cours d'eau et lacs ont atteint pendant la matinée des niveaux qui n'avaient plus été mesurés depuis longtemps, voire jamais au cours des dernières décennies. Les précipitations persistantes des jours suivants ont ensuite gonflé plusieurs grands cours d'eau et lacs, tels que l'Aar, le Rhin, le lac de Thoue et les lacs du pied du Jura, dont certains ont même atteint le niveau de danger 4 (danger fort). Par endroits, les eaux souterraines sont à leur tour montées de manière subite et sensible.

Le Rhin a charrié une telle quantité d'eau qu'il a parfois fallu suspendre la navigation. La régulation préventive des lacs a permis d'éviter que l'Aar n'atteigne des débits de pointe excessifs et ne cause des dégâts majeurs. La situation a néanmoins été critique à plusieurs endroits, et des glissements de terrain se sont produits en raison de sols détremés.

Lame d'eau précipitée du 30 avril au 6 mai 2015 (mm)



**Fig. 1.1** Répartition géographique de la lame d'eau précipitée du 30 avril au 6 mai 2015. La carte représente les valeurs absolues en millimètres. Source: MétéoSuisse.

## Crues de début mai 2015 – cours d'eau

Station	Durée de la période (ans)	Maximum atteint jusque-là (m³/s)	Mois/année	Maximum de mai atteint jusque-là (m³/s)	Année	HQ <sub>2015</sub> (m³/s)	Date	Heure	Temps de retour	Niveau de danger max. atteint
Aare – Bern, Schönau	80	613	5/1999	613	1999	510	04.05.15	17:42	30–50	4
Aare – Brügg, Aegerten	80	761	5/1999	761	1999	737	07.05.15	23:40	50–100	4
Aare – Murgenthal	80	1262	8/2007	926	1985	<b>974</b>	04.05.15	08:55	10–30	3
Aare – Thun	80	564	5/1999	564	1999	480	05.05.15	10:22	50–100	4
Arve – Genève, Bout du Monde	80	840	9/1968	548	1999	<b>905*</b>	02.05.15	08:02	>100	5
Broye – Payerne, Caserne d'aviation	95	415	12/1944	161	1977	<b>253</b>	02.05.15	00:15	10–30	3
Grande Eau – Aigle	80	123	11/1944	52,3	1999	<b>60,2</b>	04.05.15	08:17	10–30	3
Gürbe – Belp, Mülimatt	92	60,8	8/2014	44,6	1999	<b>51,4</b>	04.05.15	07:07	10–30	3
Murg – Murgenthal, Walliswil	34	57,3	8/2007	27,7	2013	<b>53,4</b>	01.05.15	21:35	10–30	3
Rhône – Chancy, Aux Ripes	80	1700	11/1944	1305	1999	1238	02.05.15	07:45	10–30	2
Rhône – Genève, Halle de l'île	80	740	11/2002	650	1978	<b>689</b>	07.05.15	06:05	30–50	–
Sarine – Broc, Château d'en bas	92	460	9/1940	269	1999	<b>325</b>	02.05.15	02:35	10–30	3
Simme – Latterbach	29	316	8/2005	225	1999	213	04.05.15	07:41	10–30	2
Simme – Oberwil	94	200	11/1944	136	1999	128	04.05.15	07:25	10–30	3
Veveyse – Vevey, Copet	31	155	7/2007	76,4	1999	<b>159*</b>	02.05.15	02:25	30–50	4

## Crues de début mai 2015 – lacs

Station	Durée de la période (ans)	Maximum atteint jusque-là (m)	Mois/année	Maximum de mai atteint jusque-là (m)	Année	HW <sub>2015</sub> (m)	Date	Heure	Niveau de danger max. atteint
Bielsersee – Ligerz, Klein Twann	32	430,88	8/2007	430,19	1999	<b>430,51</b>	06.05.15	15:15	4
Brienzersee – Ringgenberg	74	566,05	8/2005	565,36	1999	564,76	06.05.15	08:35	2
Lac de Neuchâtel – Neuchâtel, Port	32	430,27	8/2007	430,05	1999	<b>430,44*</b>	08.05.15	14:55	3
Lac Léman – St-Prex	72	372,88	12/1965	372,43	1986	<b>372,43</b>	07.05.15	04:35	2
Murtensee – Murten	32	430,47	4/2006	430,09	1983	<b>430,44</b>	08.05.15	18:05	3
Thunersee – Spiez, Kraftwerk BKW	74	559,25	8/2005	559,17	1999	558,39	05.05.15	03:32	4
Vierwaldstättersee – Luzern	79	435,23	8/2005	434,94	1999	434,15	06.05.15	21:55	2
Zugersee – Zug	85	414,49	5/1999	414,49	1999	414,06	07.05.15	03:45	2

\* nouveaux maxima absolus

En gras: nouveaux maxima pour mai

**Nouveaux records pour l'Arve et le lac de Neuchâtel**

À Genève, l'Arve a charrié des quantités d'eau qui n'avaient jamais été observées depuis le début des mesures en 1935. Le 2 mai, elle a même subi une crue plus que centennale. Le 8 mai, le lac de Neuchâtel atteignait à son tour un nouveau maximum à Neuchâtel: cotant à 430,44 m, il a dépassé de 17 cm son ancien record de 430,27 m, relevé en août 2007.

Plusieurs rivières et lacs ont affiché de nouveaux maxima pour le mois de mai. La Broye, l'Aar à Murgenthal, la Birse à Moutier, la Gürbe à Belp, la Venoge à Écublens, la Veveyse à Vevey (crue trentennale), le Léman et les lacs de Biemme et de Morat n'en sont que quelques exemples.

Les tableaux de la page 7 et la figure 1.2 fournissent des données détaillées sur les valeurs maximales mesurées et les niveaux de danger maximaux atteints.

**Normalisation des niveaux d'eau**

Les niveaux des lacs et les débits des cours d'eau sont pour la plupart repartis à la baisse dès que les précipitations ont commencé à faiblir. Les lacs de l'Oberland bernois, ceux du pied du Jura ainsi que l'Aar en aval des lacs de Thoune et de Biemme se sont maintenus à un niveau élevé. Grâce à une météo plus clémente, leur situation s'est ensuite normalisée au cours de la seconde quinzaine de mai.

Situation de crue dans les cours d'eau suisses début mai 2015

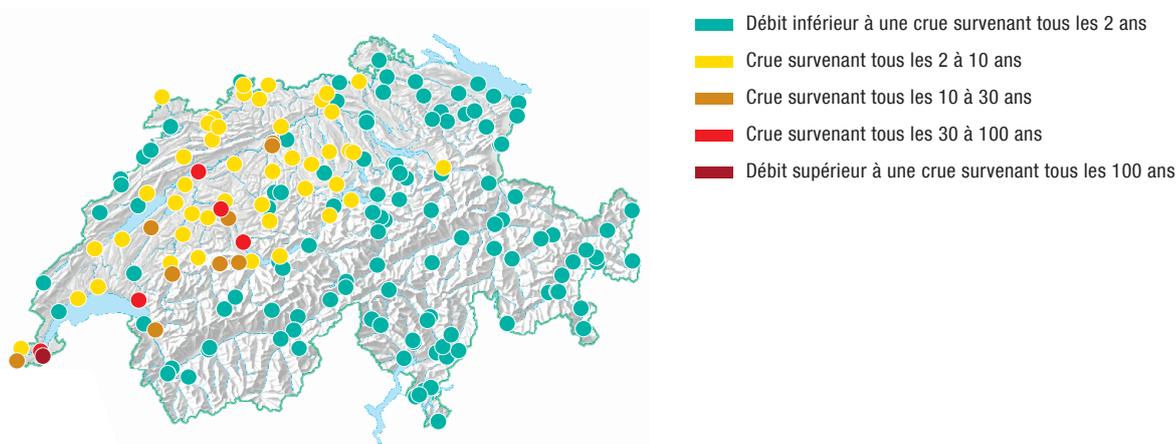


Fig. 1.2 Comparaison des débits maximaux avec la statistique des crues.

## 1.2 Sécheresse de l'été et de l'automne 2015

Après un premier semestre caractérisé par des conditions juste conformes à la normale voire légèrement humides, une grande partie de la Suisse a enregistré des précipitations particulièrement faibles à partir de fin juin 2015 (fig. 1.3). La sécheresse qui en a résulté a eu des conséquences visibles sur les niveaux d'eau.

À la mi-juillet, plusieurs stations situées dans la partie occidentale du Plateau mesuraient déjà des débits que l'on n'observe en moyenne que tous les deux à dix ans. La situation d'étiage s'est accentuée au cours des mois d'août et de septembre, s'étendant progressivement aux petits et moyens cours d'eau du Jura ainsi que du centre et de l'est du Plateau. Ceux-ci ont alors affiché des débits exceptionnellement bas, qui ne reviennent que tous les deux à dix ans, voire encore moins souvent. À partir de juillet, les autorités de certaines régions ont imposé des restrictions et des interdictions de prélèvement dans les cours d'eau.

Les lacs ont aussi été de plus en plus nombreux à coter bien en deçà de la normale saisonnière. Cela a notamment été le cas des lacs de Constance et de Walenstadt, mais aussi, en Suisse centrale, des lacs de Sarnen, des Quatre-Cantons et de Zoug. En août et en septembre, les lacs de Zurich et de Pfäffikon ont enregistré de nouveaux minima mensuels. Les niveaux des lacs de Thoune, de Brienz et du pied du Jura sont néanmoins restés dans la moyenne saisonnière. De même, les cours d'eau alpins alimentés par les glaciers ont dans l'en-

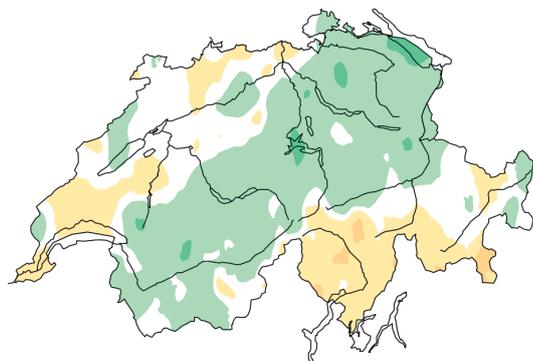
semble conservé des débits conformes à la normale saisonnière, voire accrus, du fait de la fonte extrême.

La situation d'étiage s'est légèrement améliorée entre fin septembre et mi-octobre suite à quelques précipitations. Si les débits des cours d'eau sont généralement restés inférieurs à la normale, les niveaux des lacs – lac de Zoug excepté – se sont progressivement rapprochés de la moyenne saisonnière interannuelle.

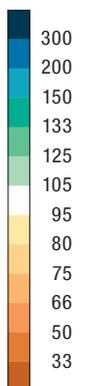
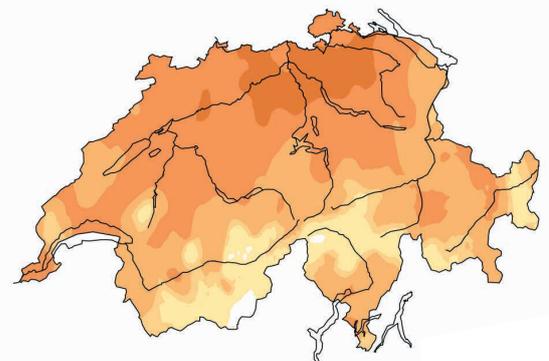
La forte sécheresse qui a régné à partir de fin octobre a de nouveau aggravé la situation d'étiage. Même si d'habitude les niveaux d'eau sont plutôt bas à cette époque de l'année, la situation a été bien plus critique en 2015. Le long des grandes rivières, notamment de l'Aar en aval du lac de Biemme, de la Limmat, de la Thur et du Rhin en aval du lac de Constance, on a ainsi mesuré des débits qui correspondaient à peine à la moitié des valeurs saisonnières et qui, statistiquement, ne surviennent que tous les deux à dix ans (fig. 1.4). À la mi-novembre, de nombreux ruisseaux et petites rivières du nord des Alpes affichaient des débits d'étiage encore plus rares. Les cours d'eau jurassiens et préalpins ont été les plus touchés. Certains ruisseaux et tronçons de cours d'eau, comme le cours supérieur de la Töss, se sont même complètement asséchés, si bien qu'en certains endroits, il a fallu capturer les poissons pour les déplacer.

Lames d'eau précipitée aux premier et second semestres 2015, en % de la normale (période de référence 1981–2010)

Janvier–juin 2015



Juillet–décembre 2015



**Fig. 1.3** En 2015, les lames d'eau précipitée ont fortement varié d'un semestre à l'autre. Alors que de janvier à juin les précipitations ont été plus abondantes que la moyenne dans une grande partie de la Suisse, elles sont demeurées nettement inférieures à la normale 1981–2010 dans tout le pays de juillet à décembre. Source: MétéoSuisse.

La plupart des lacs ont aussi retrouvé des valeurs nettement inférieures à la moyenne. Les lacs de Brienz et de Lugano ainsi que ceux du pied du Jura ont également été touchés. Les lacs de Sarnen et de Zurich ont atteint de nouveaux minima pour le mois de novembre. Les niveaux des lacs d'Ägeri et de Pfäffikon n'avaient par ailleurs jamais été aussi bas depuis le début des mesures, respectivement en 1974 et 1987.

Au nord des Alpes, des précipitations ont permis de détendre la situation dès le 20 novembre, surtout en ce qui concerne les petits et moyens cours d'eau. Les débits sont cependant repartis à la baisse au cours de décembre, un nouveau mois plutôt sec. Les stations de mesure situées dans les Alpes ont alors relevé des débits particulièrement faibles, par exemple sur le Rhône ou dans le bassin versant du Rhin alpin.

Au sud des Alpes, le déficit pluviométrique extrême a occasionné au Tessin des débits d'étiage qui ne surviennent que tous les deux à dix ans (fig. 1.4). Les niveaux du lac Majeur et du lac de Lugano sont en outre descendus très bas.

Situation d'étiage dans les cours d'eau suisses en 2015

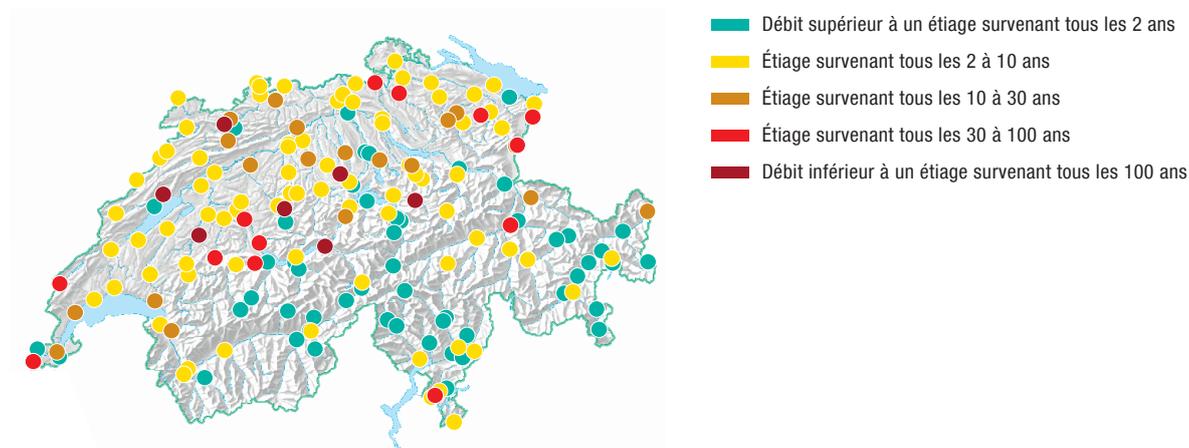


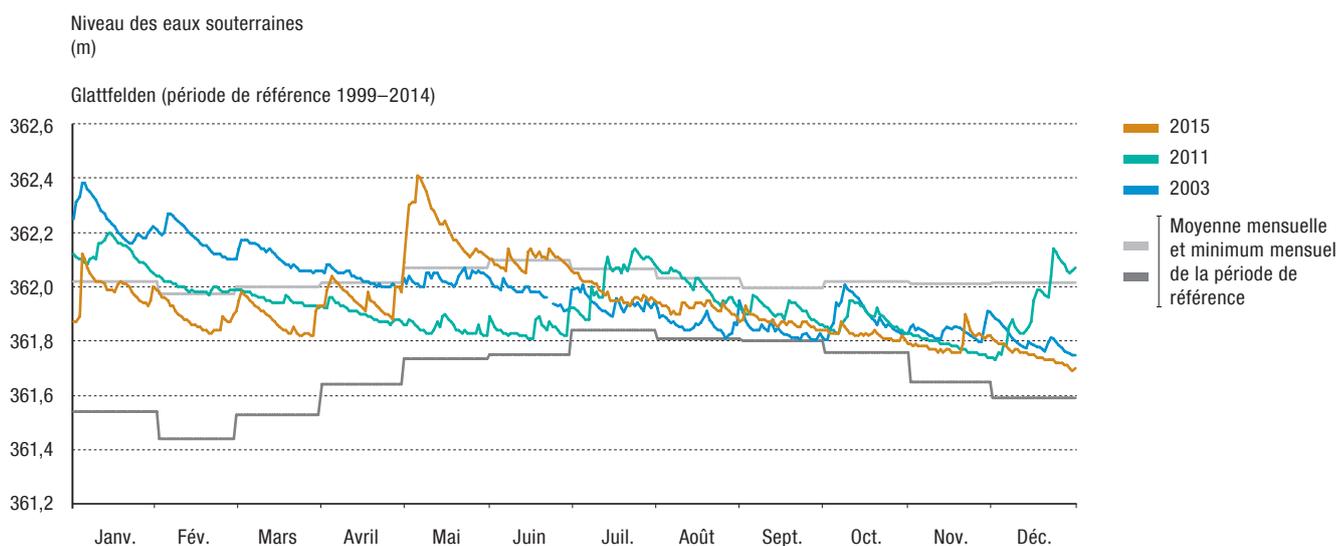
Fig. 1.4 Comparaison des débits minimaux (moyenne sur sept jours) avec la statistique des étiages.

### Baisse progressive des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources

La sécheresse qui a régné à partir de juin a d'abord eu peu d'effet sur les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources, car ceux-ci avaient été maintenus à un niveau normal à élevé par les précipitations particulièrement abondantes du mois de mai. Ainsi, en été, la plupart des valeurs correspondaient encore à la normale (point 5.1). Mais la sécheresse s'installant, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources n'ont ensuite cessé de baisser. Les eaux souterraines des petites vallées fluviales du Jura, du Plateau et des Préalpes ont été les premières touchées. Les sources karstiques du Jura et les sources en roche meuble du Plateau, alimentées par des eaux souterraines proches de la surface, ont en outre vu leur débit baisser. Les valeurs relevées pendant l'été 2015 sont toutefois demeurées généralement plus élevées que lors de la canicule de 2003.

En automne, la baisse des températures a ralenti la fonte des glaciers dans les Alpes et, par conséquent, l'infiltration des eaux des grands cours d'eau alpins dans les nappes phréatiques. Ainsi, les niveaux des eaux souterraines n'ont cessé de s'abaisser au fil des jours, même le long des grandes rivières. Suite à la sécheresse persistante, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources sont même descendus au-dessous des mesures de 2003. Dans le Jura, c'est à la mi-novembre que sont apparues les valeurs les plus basses de 2015, avant que les précipitations abondantes des 20 et 21 novembre n'apportent une reconstitution remarquable des nappes phréa-

tiques de la région. Dans le reste du pays, les niveaux des eaux souterraines et les débits de sources les plus bas de l'année ont été enregistrés fin décembre. De nouveaux minima pour le mois de décembre ont en outre été mesurés localement, notamment à la station de Glattfelden (fig. 1.5).



**Fig. 1.5** Niveau des eaux souterraines à Glattfelden en 2015, par rapport aux années sèches 2003 et 2011, ainsi qu'aux valeurs statistiques interannuelles de la période de référence 1999-2014.

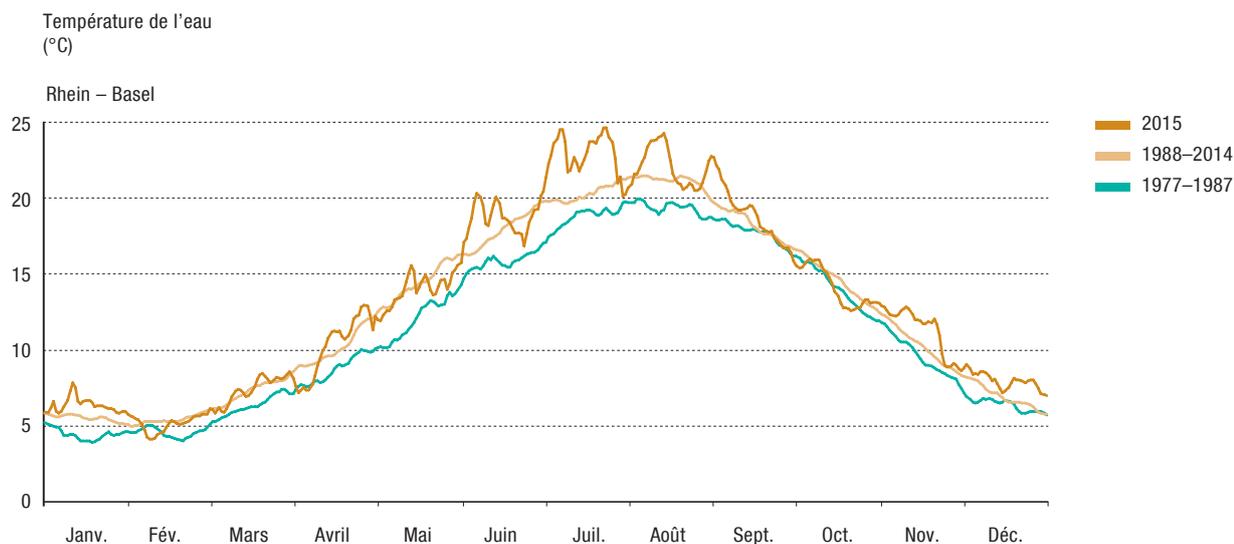
**Températures de l'eau élevées pendant la canicule de juillet 2015**

Au printemps, les températures de l'eau se situaient encore dans la tendance interannuelle de la période 1988–2014 (fig. 1.6). C'est pourquoi, en 2015, les moyennes annuelles maximales ont été dépassées uniquement à quelques stations, malgré les vagues de chaleur. À partir de juin et au cours des mois suivants, les températures de l'eau ont été soumises à des variations extraordinairement rapides, les pics de chaleur étant suivis de refroidissements brusques (voir point 4.3). Les valeurs mesurées le long de l'Aar, de l'Emme, de la petite Emme, du Rhin et à d'autres stations ont ainsi nettement dépassé les moyennes journalières des séries de mesures pluriannuelles, surtout en juillet (fig. 1.6).

Les températures excessives de l'eau et le fait qu'il n'y ait pas eu de période de mauvais temps suffisamment longue pour les tempérer ont entraîné la mort de nombreux poissons en plusieurs endroits. La canicule a eu des effets d'autant plus graves qu'elle a coïncidé avec la période d'étiage. Dans l'Emmental et le Fricktal, par exemple, il a fallu tout mettre en œuvre pour capturer des truites et les relâcher dans des eaux plus fraîches. De plus, lorsque la température de l'eau dépasse le seuil de tolérance de ces salmonidés qui préfèrent le froid, les juvéniles se développent plus rapidement, la compétitivité et la résistance aux maladies de ces poissons diminuent, au profit d'espèces moins sensibles comme les cyprinidés thermophiles.

Des habitats disparaissent – du moins à court terme – et d'autres espèces risquent de venir s'établir et se propager à plus long terme.

Pendant le dernier trimestre de 2015 et plus spécialement en novembre et en décembre, les températures de l'eau ont souvent été plus élevées que les valeurs des séries de mesures pluriannuelles (fig. 1.6). Les maxima journaliers ont régulièrement été dépassés à de nombreuses stations (fig. 4.12). Même si les températures élevées se situent encore dans la plage de tolérance des poissons, il faut s'attendre même en cette saison à des conséquences indirectes sur la dynamique des populations dans les cours d'eau: le développement embryonnaire peut s'accélérer et l'éclosion être encore plus précoce au printemps.



**Fig. 1.6** Températures de l'eau du Rhin à Bâle. Le graphique représente les moyennes journalières de 2015, les moyennes journalières interannuelles de la période 1977–1987 et celles de la période 1988–2014.

## 2 > Conditions météorologiques

*Dans la plupart des régions du pays, la température annuelle s'est située en 2015 1,0 à 1,4 degré au-dessus de la normale 1981–2010. Au nord des Alpes, les précipitations annuelles ont dans l'ensemble à peine atteint 60 à 85 % de la normale. Les valeurs ont été un peu plus élevées dans les Alpes (80 à 100 %) et au sud de celles-ci (70 à 95 %).*

Pendant la première quinzaine de janvier, un courant d'ouest à sud-ouest très doux a déterminé le temps en Suisse. L'hiver a cependant fait son retour lors de la seconde moitié du mois, sous l'influence d'un courant de secteur nord à nord-ouest. Le mois de février a été hivernal, avec des températures souvent inférieures à la moyenne et des chutes de neige jusqu'en plaine de part et d'autre des Alpes. Malgré la froideur de février, l'hiver a été globalement trop doux en Suisse, avec un excédent thermique de 0,7 degré par rapport à la normale 1981–2010.

Mars a commencé par quelques jours gris et humides, qui ont laissé la place à de magnifiques conditions anticycloniques persistant jusqu'au milieu du mois. Il s'est terminé de manière plus hivernale, avec de la neige jusqu'à 600 m et des vents tempétueux au nord comme au sud des Alpes. Le mois d'avril a offert à la Suisse un temps printanier, le plus souvent clément, ensoleillé et doux.

La transition d'avril à mai a correspondu au début d'une période très pluvieuse. En l'espace de six jours, il est tombé en moyenne près de 100 mm de pluie sur toute la Suisse. Les plus grandes quantités ont été relevées en Bas-Valais, dans les Alpes vaudoises et dans l'Oberland bernois voisin. Dans ces régions, les cumuls ont atteint 200 mm en altitude, voire plus. Suite à de nouvelles précipitations abondantes vers le milieu du mois, plusieurs stations ont finalement connu leur mois de mai le plus humide depuis le début des mesures, en particulier dans les Alpes occidentales et l'Oberland bernois.

Après 2003, 2015 a fourni le deuxième été le plus chaud de l'histoire suisse des mesures. Au sud des Alpes, en Engadine, en Valais et en Suisse romande, juillet a été le mois le plus caniculaire depuis le début des mesures il y a 152 ans. Du 1<sup>er</sup> au 7 juillet, la Suisse a vécu une semaine véritablement torride. Celle-ci s'est terminée avec une température de 39,7 degrés à Genève, un record pour le nord des Alpes. Au sud des Alpes, la canicule a commencé mi-juillet.

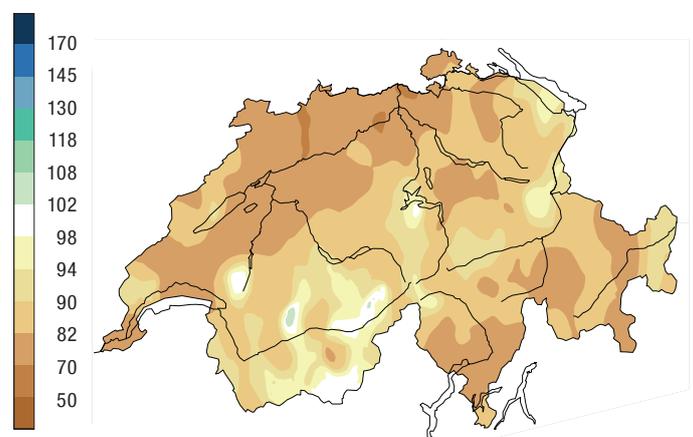
Les quantités de précipitations étaient partout inférieures à la moyenne dès l'été. Le déficit pluviométrique de l'été a persisté jusqu'en automne. Il a fallu attendre septembre pour relever des quantités de pluie supérieures à la moyenne à

grande échelle, notamment dans l'ouest de la Suisse, au Tessin et dans les Grisons. En octobre, les quantités sont généralement demeurées au-dessous de la moyenne, alors que les trois premières semaines de novembre ont été plutôt sèches dans tout le pays. Le sud des Alpes a connu un déficit pluviométrique record pour novembre et décembre. Les stations de Lugano et Locarno – Monti ont enregistré à peine 0,8 mm de pluie, au lieu des 200 à 250 mm habituels.

En début d'hiver, la neige a fait largement défaut dans tout le pays en raison de l'extrême douceur et des précipitations négligeables liées à la haute pression.

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

Lame d'eau précipitée annuelle (en % de la normale)



**Fig. 2.1** En 2015, les précipitations annuelles ont été nettement inférieures à la moyenne dans la plupart des régions de Suisse. Au nord des Alpes, les valeurs ont à peine atteint 60 à 85 % de la normale 1981–2010.

## 3 > Neige et glaciers

*En moyenne sur tout l'hiver 2014/2015, les hauteurs de neige ont été supérieures à la normale sur le versant sud des Alpes (à l'exception des vallées méridionales des Grisons) et dans les régions avoisinantes au nord et à l'ouest; dans le reste du pays, elles ont en général correspondu à la moyenne. Durant l'année hydrologique 2014/2015, les glaciers des Alpes suisses ont subi des pertes de masse extrêmes, notamment en raison de la canicule de juillet.*

### 3.1 Neige

Pendant la première quinzaine d'octobre 2014, les conditions météorologiques ont été dominées par des situations de barrage côté sud, et les précipitations sont tombées sous forme de neige uniquement en haute montagne. Le 21 octobre, un front froid marqué a fait chuter les températures.

En novembre, la limite des chutes de neige se situant généralement au-dessus de 2000 m, un épais manteau neigeux s'est constitué en altitude en Haut-Valais et sur le centre du versant sud des Alpes, mais aussi dans les régions avoisinantes au nord, depuis l'est de l'Oberland bernois jusque dans la Surselva. Il a contribué à des hauteurs de neige supérieures à la normale durant tout l'hiver.

Décembre a été exceptionnellement doux et peu enneigé. Il a fallu attendre la fin du mois pour qu'un front froid amène les premiers flocons, et même en quantités particulièrement importantes sur le Plateau.

En janvier, le sud des Alpes et l'Engadine ont essuyé des précipitations abondantes, alors que les quantités sont demeurées normales dans les autres régions. La première quinzaine du mois s'est déroulée dans une douceur toute printanière, avec une limite des chutes de neige parfois bien au-dessus de 2000 m. L'hiver a toutefois fait son retour mi-janvier et les chutes de neige se sont succédé à la faveur de plusieurs fronts froids. À la fin du mois, on relevait par conséquent des quantités de neige importantes, même dans l'ouest et le nord du pays.

En février, il est tombé nettement plus de neige que la normale au sud des Alpes, et un petit peu moins au nord. Le Haut-Valais, le centre de la crête principale des Alpes et le nord du Tessin en ont enregistré de grandes quantités de neige, surtout en raison des chutes abondantes de neige du milieu du mois.

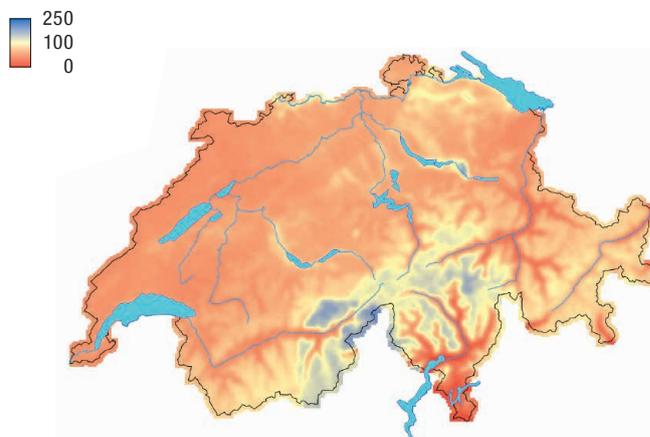
Bien que le mois de mars ait été bien ensoleillé dans le nord du pays, les hauteurs de neige ont atteint des valeurs conformes ou légèrement supérieures à la normale, grâce à la neige tombée au début de mois mais surtout aux grosses

chutes de neige qui ont touché l'ouest et le nord à la fin du mois.

En avril, seules les Préalpes ont enregistré des chutes de neige normales. Ailleurs, les précipitations ont été très faibles, surtout dans le sud, avec parfois un risque d'incendie de forêt.

Au début du mois de mai, les Alpes occidentales et septentrionales ont essuyé des précipitations intenses. Vu que la limite pluie-neige était plutôt haute, les précipitations sont tombées sous forme de pluie et ont fait fondre la neige qui recouvrait encore le sol. Au milieu du mois, il est de nouveau tombé beaucoup de neige sur le versant sud des Alpes et, du 18 au 22 mai, sur les Alpes centrales et orientales, mais elle n'a pas tenu longtemps.

Hauteur de neige (en % de la normale)



**Fig. 3.1** Hauteurs de neige pendant l'hiver 2014/2015 (de novembre à avril), par rapport à la période 1971–2000.

Entre juin et août, malgré quelques périodes relativement fraîches par rapport à l'été du siècle 2003, il n'y a pratiquement pas eu de neige estivale en dessous de 3000 m. Autour du 20 juin, juste avant la canicule de juillet, de nombreuses régions du pays se sont couvertes une dernière fois de blanc jusque vers 2000 m.

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

### 3.2 Glaciers

Au cours de l'année hydrologique 2014/2015, des mesures du bilan de masse ont été effectuées sur 21 glaciers suisses. À la mi-avril, ces glaciers présentaient encore des hauteurs de neige normales. Ils ont commencé à fondre seulement au début de la canicule de juillet. Le temps estival chaud et stable qui a régné pratiquement sans interruption jusqu'à la mi-août a accéléré la fonte des glaciers, la portant à un niveau extrême. Un refroidissement marqué et de nouvelles chutes de neige pendant la seconde quinzaine d'août et en septembre ont ensuite mis fin à cette phase de fortes pertes de masse.

Les bilans de masse relevés en 2015 ont grandement varié d'un glacier à l'autre. C'est dans le sud du Valais que la fonte s'est révélée la moins dramatique, avec une perte moyenne de glace d'environ 70 cm d'épaisseur (Findelen, Allalin). Les glaciers situés entre l'Oberland bernois et le Valais ont par contre souffert beaucoup plus. On y a relevé des pertes extrêmes, dépassant parfois les 250 cm d'épaisseur

(Tsanfleuron, Plaine Morte). Pour la plupart des glaciers suisses, au nord comme au sud des Alpes, les pertes ont atteint entre 100 et 200 cm d'épaisseur. Les petits glaciers se trouvant à basse altitude, dont la couche de neige avait déjà complètement fondu au cours du mois de juillet, sont ceux qui ont été le plus touchés par la vague de chaleur.

Rapportée à l'ensemble des glaciers du pays, la perte de volume estimée pour l'année hydrologique 2014/2015 s'élève à 1300 millions de mètres cubes, ce qui correspond à une réduction d'environ 2,5 % du volume actuel total des glaciers. Bien que la fonte ait été bien plus forte que la normale, les valeurs record de l'été caniculaire 2003 n'ont pas été atteintes. Le bilan de masse des glaciers suisses relevé pour l'année hydrologique 2014/2015 se situe dans le même ordre de grandeur que ceux de 2006 et 2011, eux aussi très négatifs.

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



**Fig. 3.2** Début août 2015, les glaciers avaient déjà perdu leur couche de neige jusqu'à haute altitude. Le glacier de Brunegg, au pied du Bishorn (VS).

## 4 > Eaux de surface

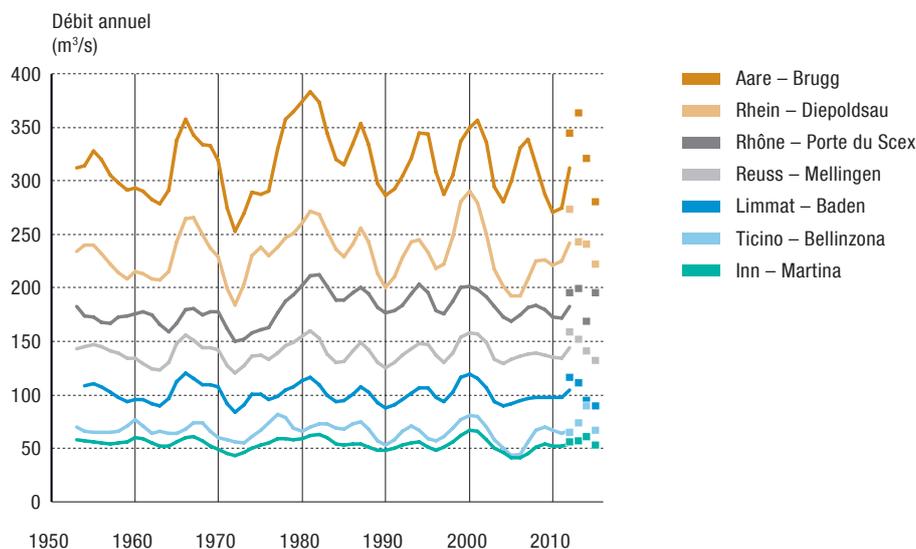
En 2015, les moyennes annuelles des débits sont demeurées majoritairement au-dessous de la normale. Dans les régions englacées, les valeurs ont été égales ou supérieures à la moyenne. Début mai, une crue a entraîné des débits de pointe très élevés dans l'ouest de la Suisse. Le second semestre a été très sec. Au nord des Alpes, on a relevé de nouveaux débits mensuels minimaux dans plusieurs régions. Avec la canicule de juillet, la température des cours d'eau a atteint des records.

### 4.1 Débits

En 2015, dans les bassins versants de grande taille, les débits annuels moyens ont été conformes ou inférieurs à la normale 1981–2010: le Rhône en amont du Léman, le Ticino, l'Inn et le Rhin alpin se sont ainsi situés dans une fourchette normale, alors que l'Aar, la Reuss, la Limmat, la Thur et le Doubs ont affiché des valeurs de 10 à 15 % en dessous de la moyenne interannuelle. La Birse et la Maggia ont pour leur part à peine charrié trois quarts des quantités attendues. Comme le montre la figure 4.2, les bassins versants de taille moyenne ont quant à eux subi l'influence de la fonte des neiges et des glaciers. Malgré des précipitations modérées, les régions fortement englacées ont enregistré des débits conformes, voire supé-

rieurs, à la normale. La Saltina, la Massa et la Reuss à Andermatt l'ont dépassée d'environ 15 %, le Rosegbach de 20 %.

Dans de nombreuses régions de Suisse romande et du Plateau, les débits ont varié entre 70 et 90 % des quantités normales. La Mentue est le cours d'eau qui a charrié le débit le plus faible (à peine 65 % de la normale). Les bassins versants ayant affiché des débits normaux (entre 90 et 110 %) se trouvent dans l'Oberland bernois, dans les Préalpes centrales et orientales, au Tessin et en Engadine. Les moyennes annuelles ne renseignent cependant guère sur les conditions qui ont régné pendant l'année. Dans certaines régions, les débits annuels moyens ont consisté en un premier semestre humide et un second plutôt sec. Cette bipartition de l'année ressort particulièrement bien dans le cas de l'Aar, de la Reuss



**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.

et de la Limmat (fig. 4.3), mais aussi de l'Emme, de la Thur et de la Muota (fig. 4.4). À Andelfingen, la Thur a charrié de janvier à juin 20 % de plus d'eau qu'en moyenne interannuelle. Par contre, moins de la moitié de la quantité habituelle s'y est écoulée de juillet à décembre.

Les mois les plus marquants du premier semestre ont été janvier et mai, avec des débits parfois beaucoup plus élevés que la moyenne interannuelle. Les premiers jours de l'année, une dépression qui s'étendait du nord de l'Europe vers la région alpine a apporté de l'air très doux et humide en Suisse. Combinées à la fonte des neiges, les précipitations ont provoqué une forte hausse des niveaux d'eau dans le nord et le nord-est du pays. L'évènement majeur du premier semestre a cependant été la crue de début mai (chap. 1). Les débits enregistrés ce mois-là sur l'Aar, la Reuss, la Limmat et le Rhin ont constitué les moyennes mensuelles les plus élevées de l'année. La Lütschine à Gsteig a, elle aussi, charrié en mai nettement plus d'eau que d'habitude. Les débits mensuels de juin, juillet et août ont toutefois dépassé ceux de mai (fig. 4.4) pour la raison suivante: comme le bassin versant de cette rivière est fortement influencé par les glaciers, c'est en plein été, au moment de la fonte des neiges et des glaciers, que les débits y sont les plus élevés.

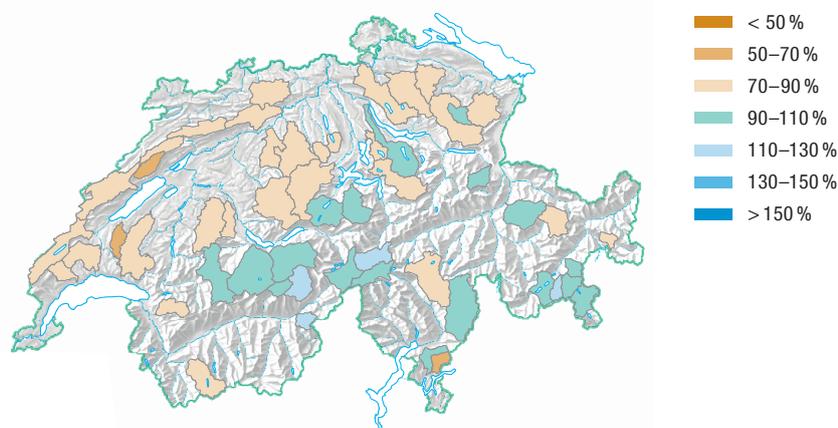
Du fait de la sécheresse exceptionnelle du second semestre (fig. 1.3), de nombreuses stations de mesure ont enregistré de juillet à décembre des débits mensuels à chaque fois plus faibles que la normale. Dans certaines régions, les valeurs n'ont jamais dépassé 80 % des moyennes interan-

nuelles à partir de juillet. Sur la Dünner à Olten et la Töss à Neftenbach, elles sont même demeurées 40 % au-dessous de la normale à partir du mois de juin et jusqu'à la fin de l'année.

Lorsque les périodes d'étiage durent si longtemps, il faut s'attendre à ce que les valeurs descendent au-dessous des minima mensuels et que de nouveaux records apparaissent en maints endroits. De juillet à décembre, de nouveaux étiages record ont été observés chaque mois, avant tout au nord des Alpes. À noter qu'au mois de novembre, un grand nombre de stations ont mesuré de nouveaux minima mensuels sur le Plateau à l'est de l'Aar. La Glatt à Herisau a enregistré six nouveaux minima mensuels entre juillet et décembre. Mais comme cette rivière a connu des débits relativement élevés au premier semestre, cela n'a pas suffi pour obtenir une nouvelle moyenne annuelle minimale.

2015 fut une année plutôt calme sur le front des crues. À part celle de début mai (chap. 1), il y a eu peu de crues notables. Celle qui est apparue au nord des Alpes en début d'année a fourni de nouveaux maxima mensuels, entre autres pour la Sorne, la Töss et la Glatt à Herisau. La crue de mai a été de loin la plus importante de l'année; plus d'une douzaine de stations de mesure situées entre le Léman et Bâle ont enregistré un nouveau maximum pour ce mois-là.

Conditions d'écoulement dans différents bassins versants de taille moyenne



**Fig. 4.2** Moyennes annuelles 2015 de différents bassins versants de taille moyenne par rapport au débit moyen de la période de référence 1981–2010 [%].

### Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de grande taille

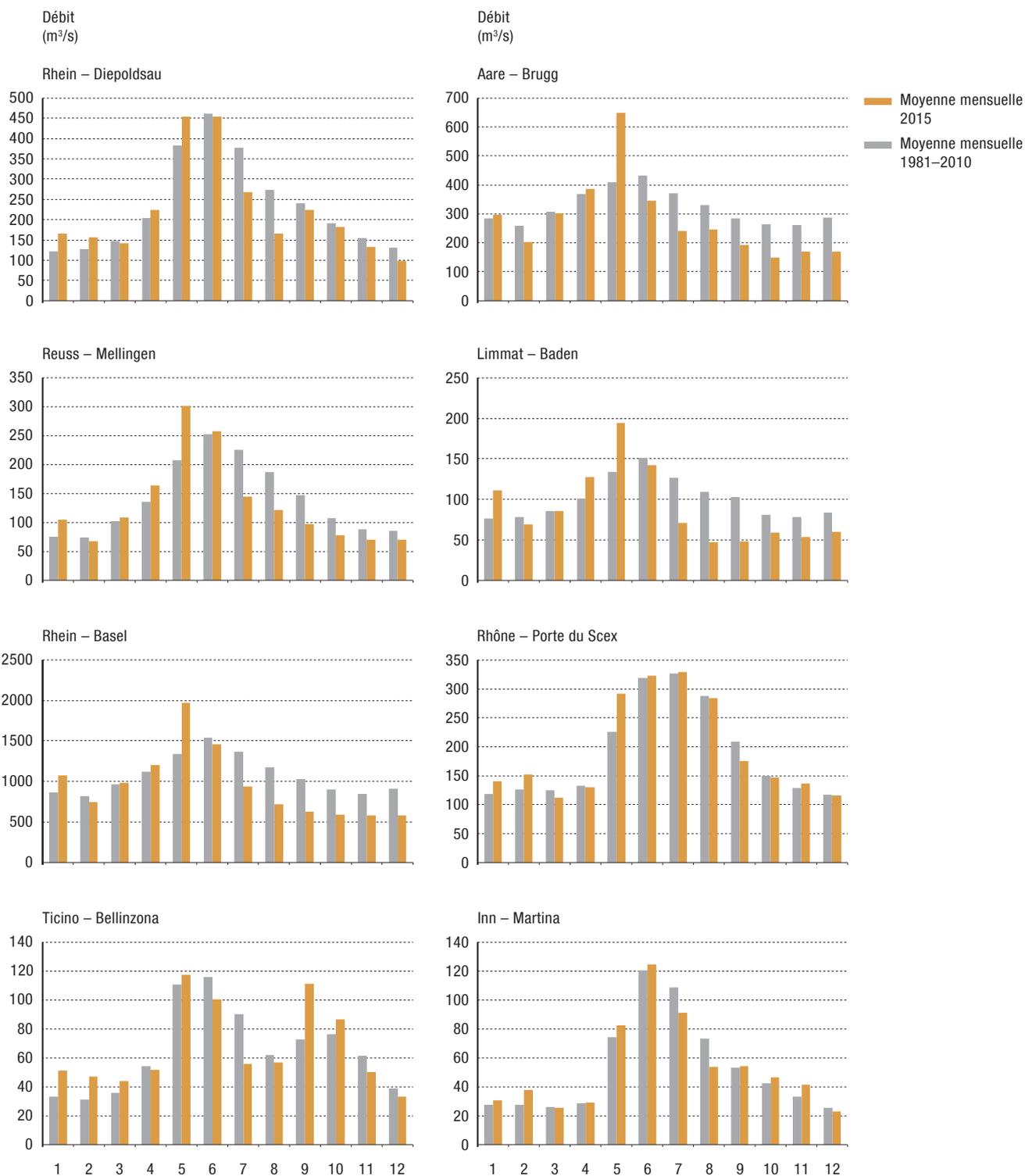
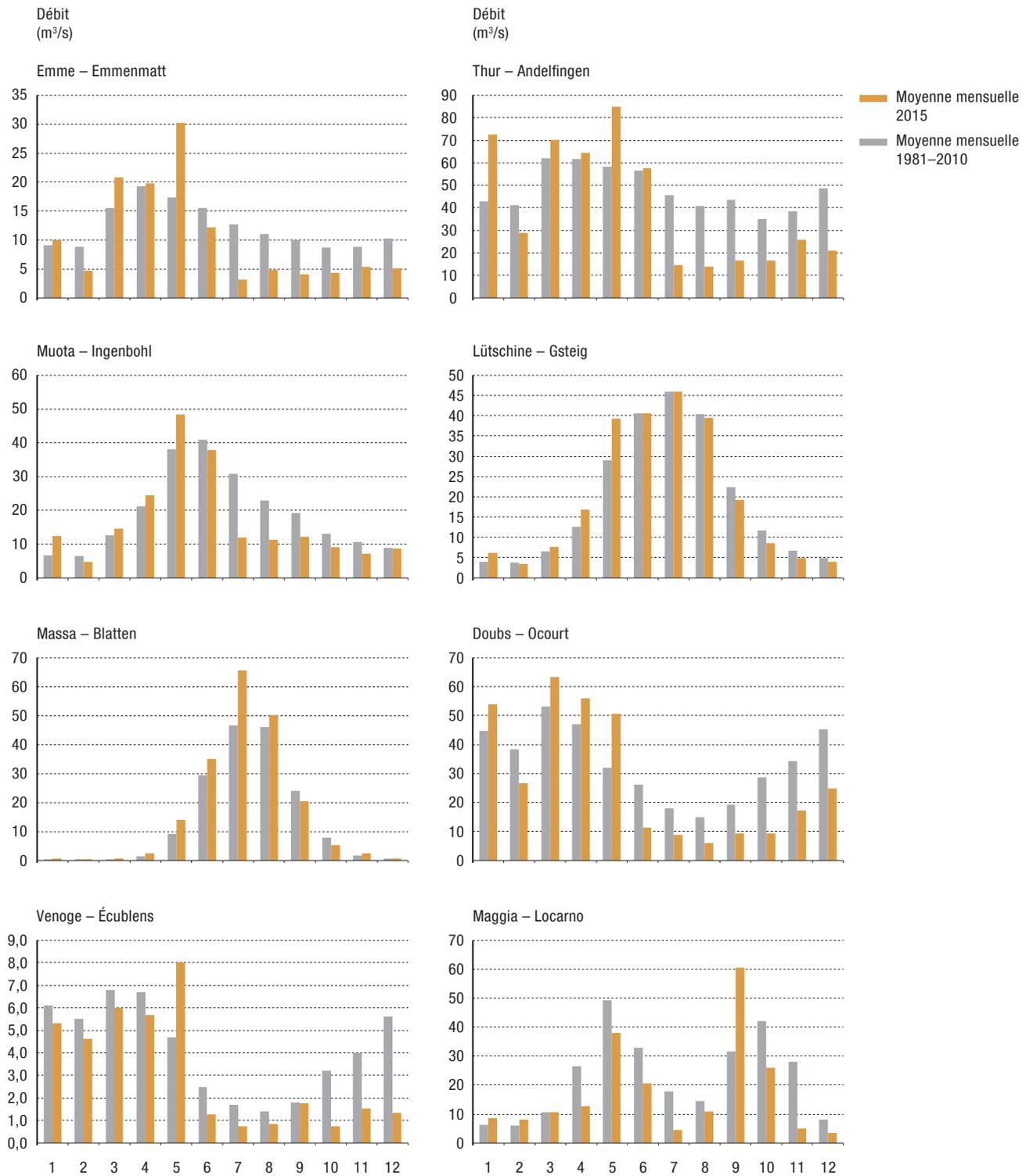


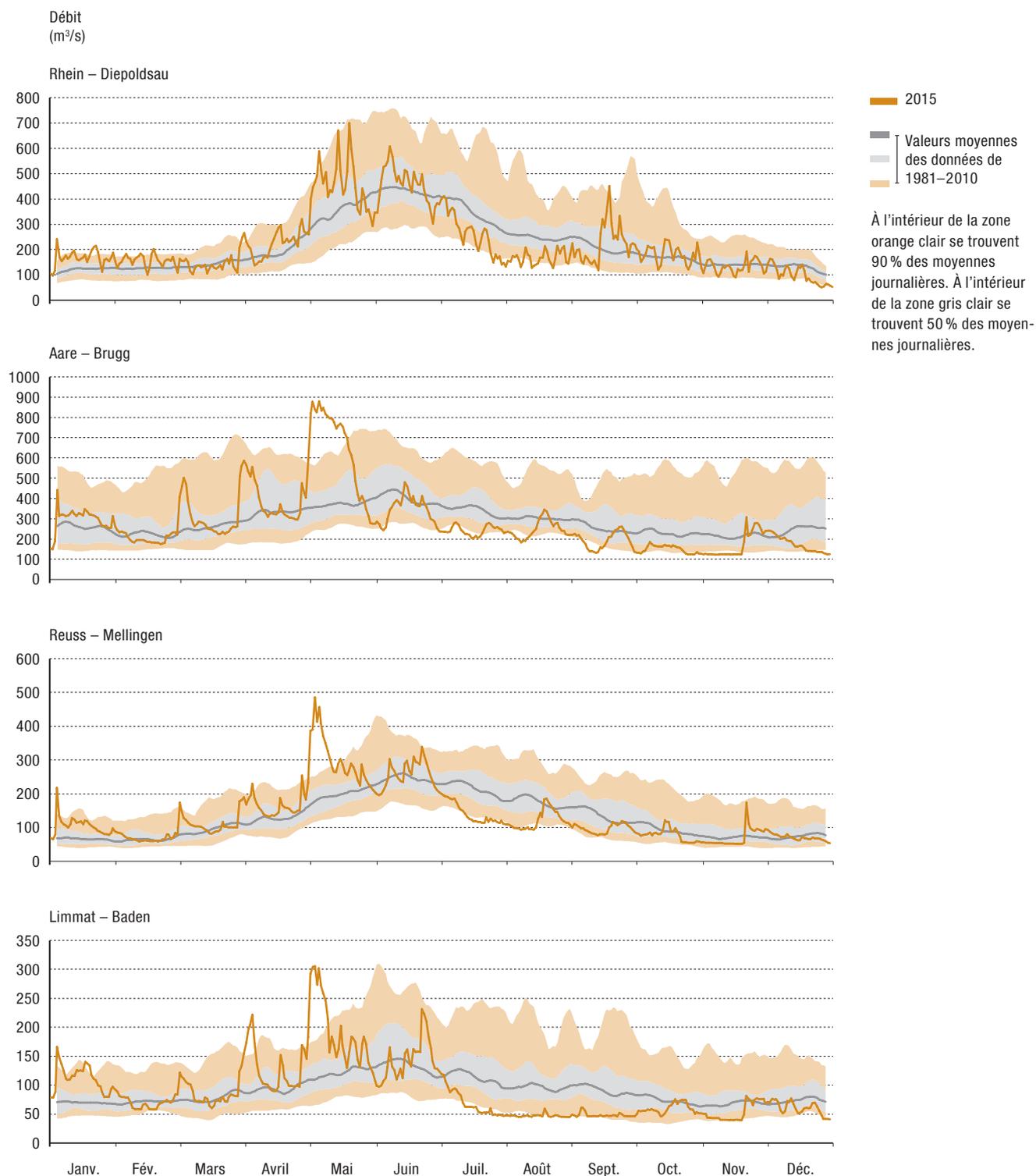
Fig. 4.3 Moyennes mensuelles 2015 des débits (en orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981-2010 (en gris).

### Moyennes mensuelles des débits de différents bassins versants de taille moyenne



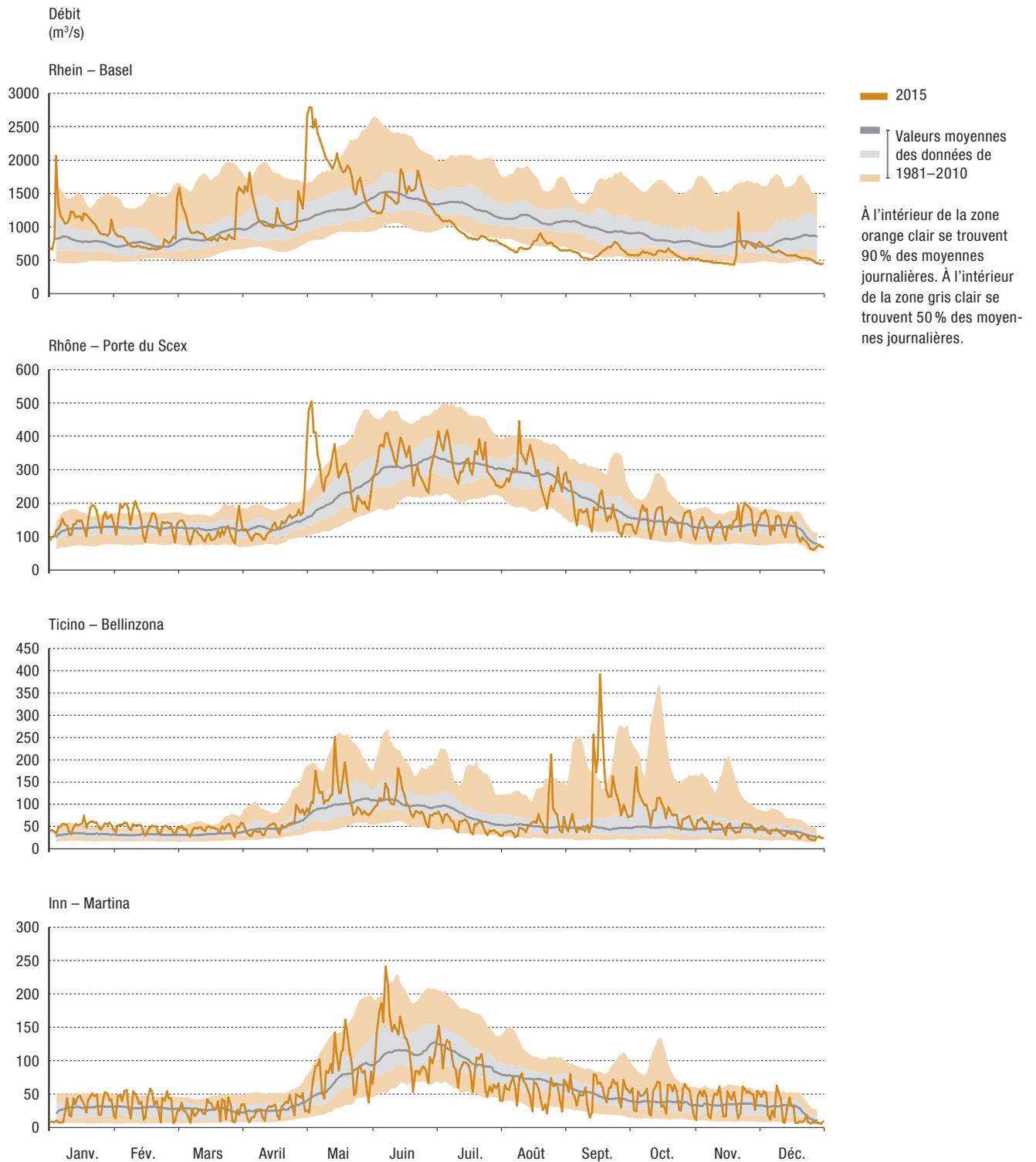
**Fig. 4.4** Moyennes mensuelles 2015 des débits (en orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981–2010 (en gris).

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



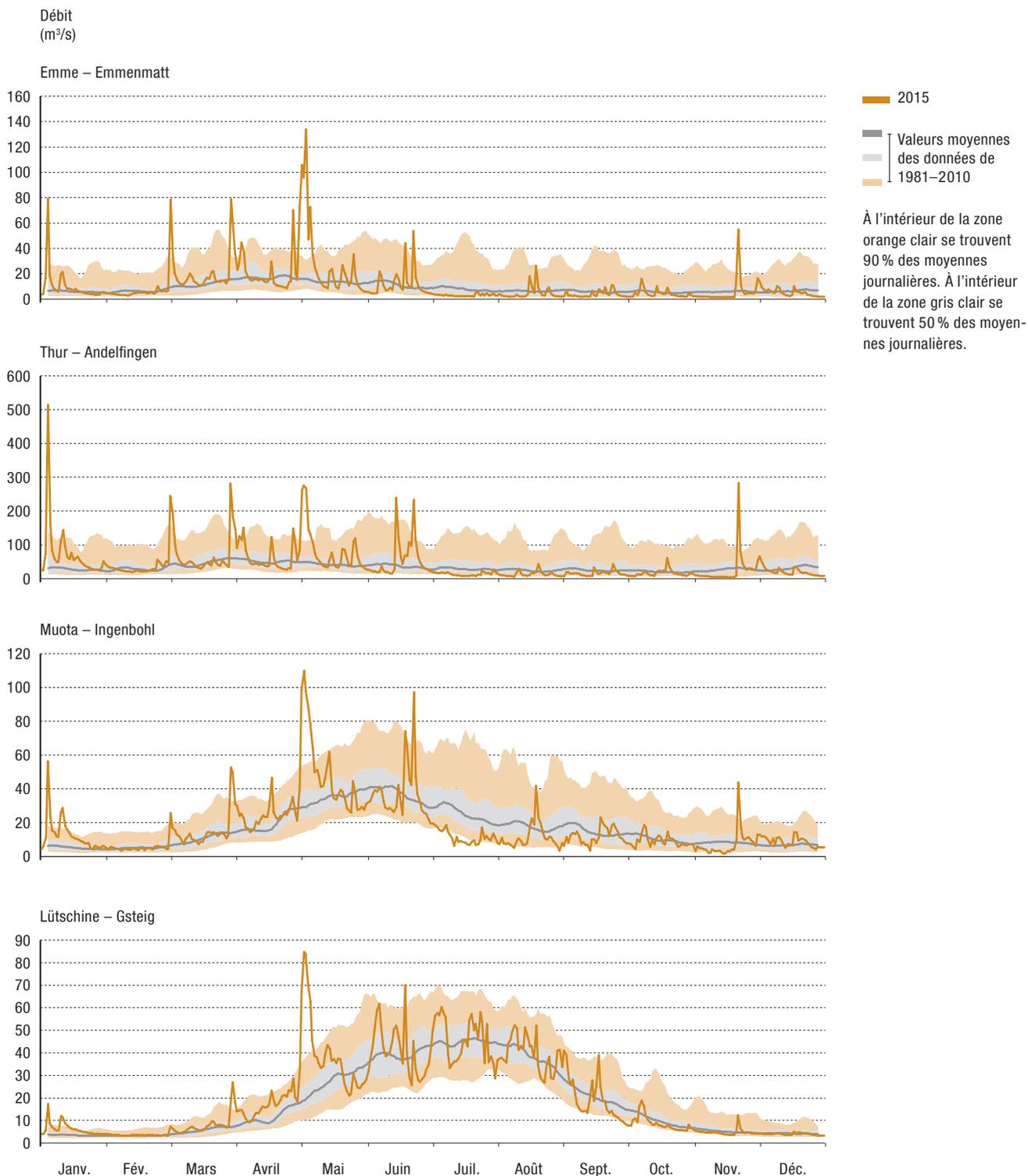
**Fig. 4.5** Moyennes journalières 2015 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

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



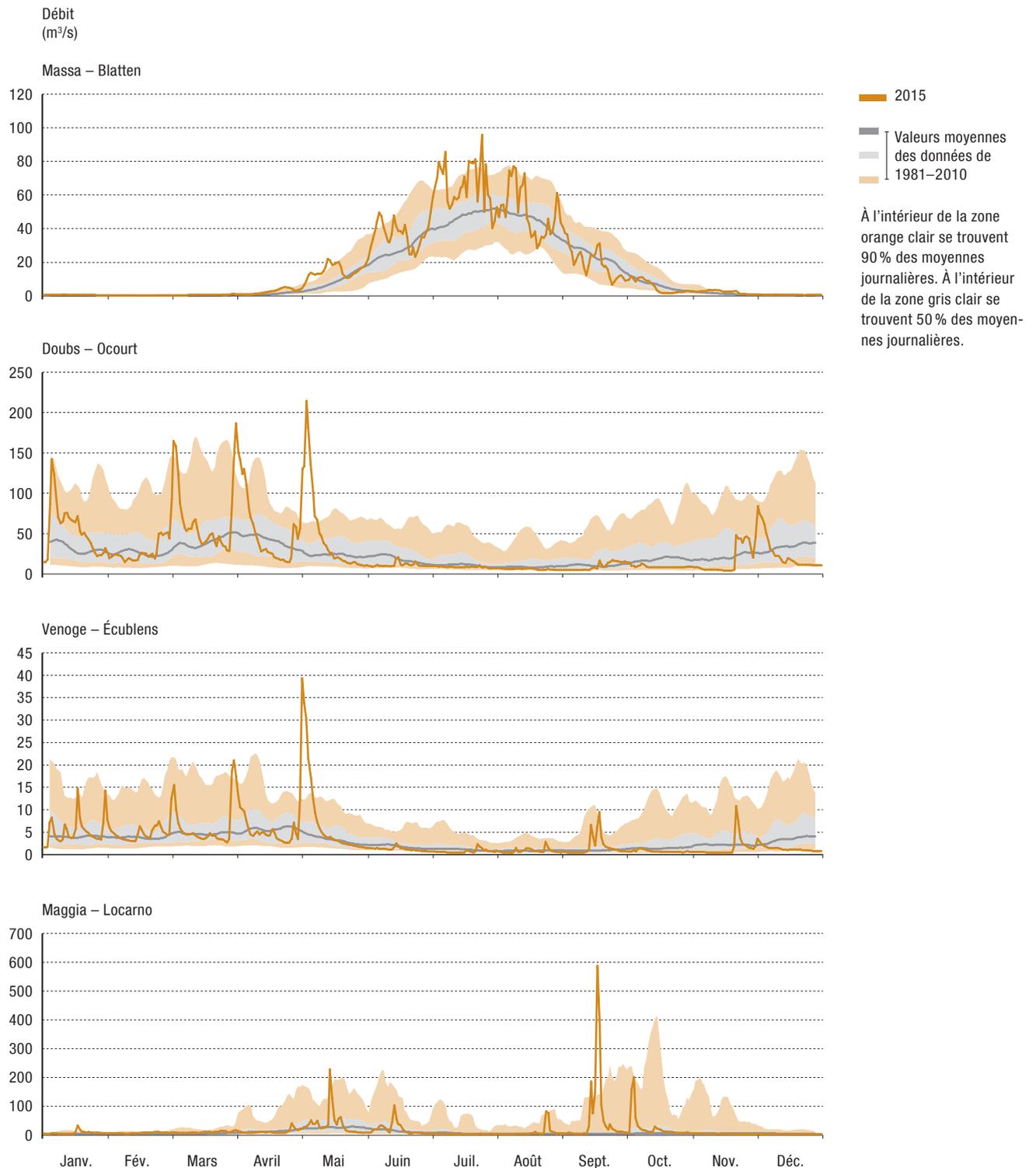
**Fig. 4.6** Moyennes journalières 2015 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

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



**Fig. 4.7** Moyennes journalières 2015 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

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



**Fig. 4.8** Moyennes journalières 2015 des débits (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

## 4.2 Niveaux des lacs

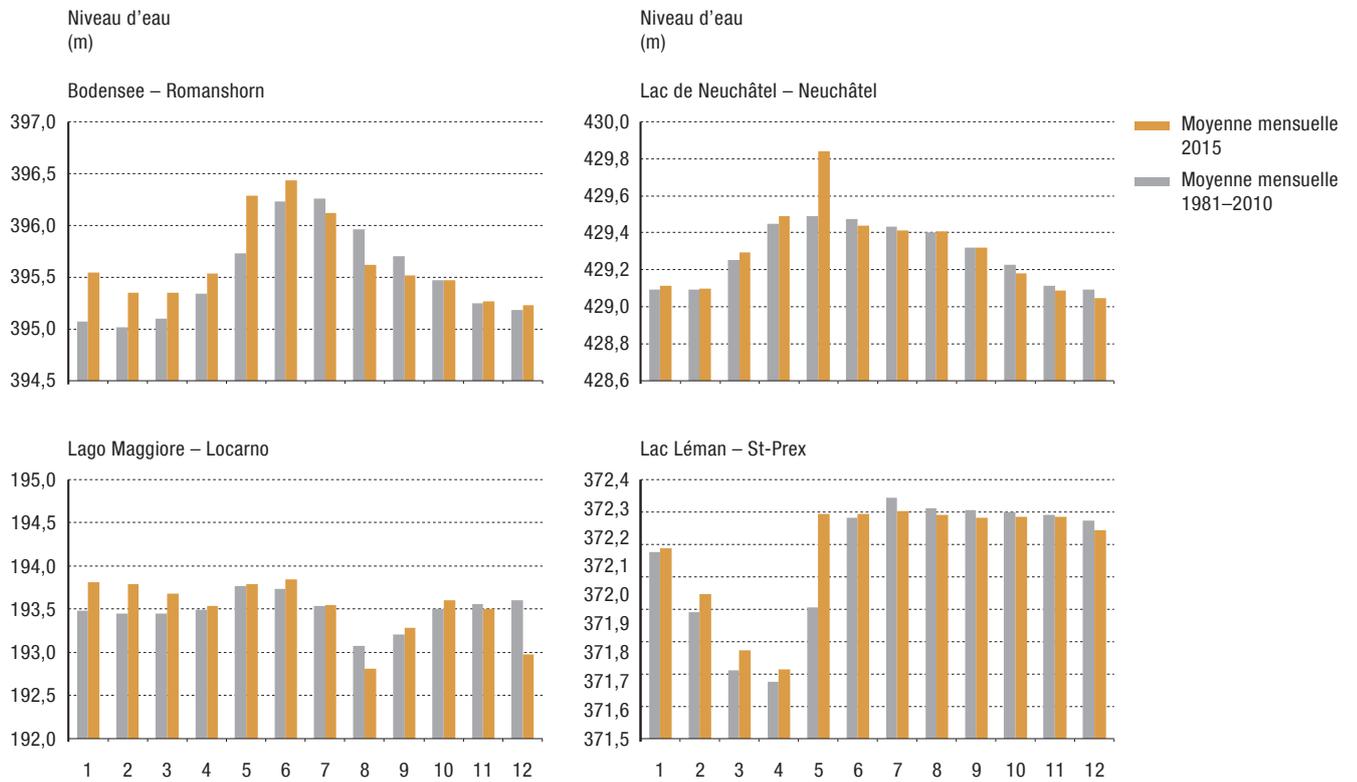
Les niveaux des grands lacs de Suisse ne s'écartent généralement en moyenne annuelle que de quelques centimètres des moyennes interannuelles. Les fluctuations temporaires se compensent souvent sur l'ensemble de l'année. Il n'en a guère été autrement en 2015. Les niveaux se sont situés le plus souvent quelques centimètres en dessous de la normale, seuls quelques lacs ont coté juste au-dessus. Les lacs de Lugano (-8 cm), de Zoug (-9 cm) et de Walenstadt (-13 cm) se sont signalés par de grands écarts négatifs, alors que le lac de Constance s'est distingué avec un important écart positif (+12 cm).

Les lacs représentés à la figure 4.9 ont un point commun: en 2015, les moyennes mensuelles de janvier à mai sont toutes demeurées supérieures à leurs moyennes mensuelles interannuelles respectives. Pourtant, en début d'année, les conditions n'ont pas été les mêmes partout. Fin 2014 et début 2015, le lac de Constance a affiché un niveau relativement élevé. En janvier, il cotait en moyenne environ 50 cm au-dessus de la normale et s'est abaissé d'une vingtaine de centimètres seulement en février. Le lac Majeur a également vu son niveau moyen fluctuer à plus de 30 cm au-dessus de la normale en janvier et février. Le lac de Neuchâtel et le Léman ont commencé l'année avec des niveaux usuels pour la saison. Alors que pendant le second semestre leurs moyennes mensuelles ont suivi les moyennes interannuelles, le lac de Constance a affiché des niveaux nettement inférieurs à la normale de juillet à septembre. Le niveau du lac Majeur s'est situé juste 30 cm au-dessous de la moyenne mensuelle interannuelle en août, plus de 60 cm au-dessous en décembre.

De nouveaux maxima mensuels sont apparus en mai. Les niveaux moyens du lac de Neuchâtel et du Léman étaient environ 30 cm au-dessus des moyennes mensuelles interannuelles. Le niveau maximal (430,44 m) que le lac de Neuchâtel a atteint le 8 mai était non seulement un record pour le mois de mai (l'ancien record de 430,05 m date de 1999), mais aussi un record absolu pour ce lac (l'ancien record de 430,27 m date d'août 2007). Les valeurs n'avaient jamais été si hautes depuis la seconde correction des eaux du Jura. Si les cotes d'alerte ont été dépassées pendant quinze jours, les deux niveaux de danger les plus élevés (430,50 et 430,75 m) n'ont pas été atteints. Ce lac s'est distingué non seulement par son niveau élevé, mais aussi par sa remarquable dynamique: ses eaux sont montées de plus de 90 cm en sept jours, passant d'un niveau normal pour la saison à un nouveau maximum. Le Léman a connu une dynamique comparable au mois de mai avec une élévation du niveau d'environ 7 cm en quelques jours. La cote d'alerte a été dépassée pendant trois jours (niveau 2).

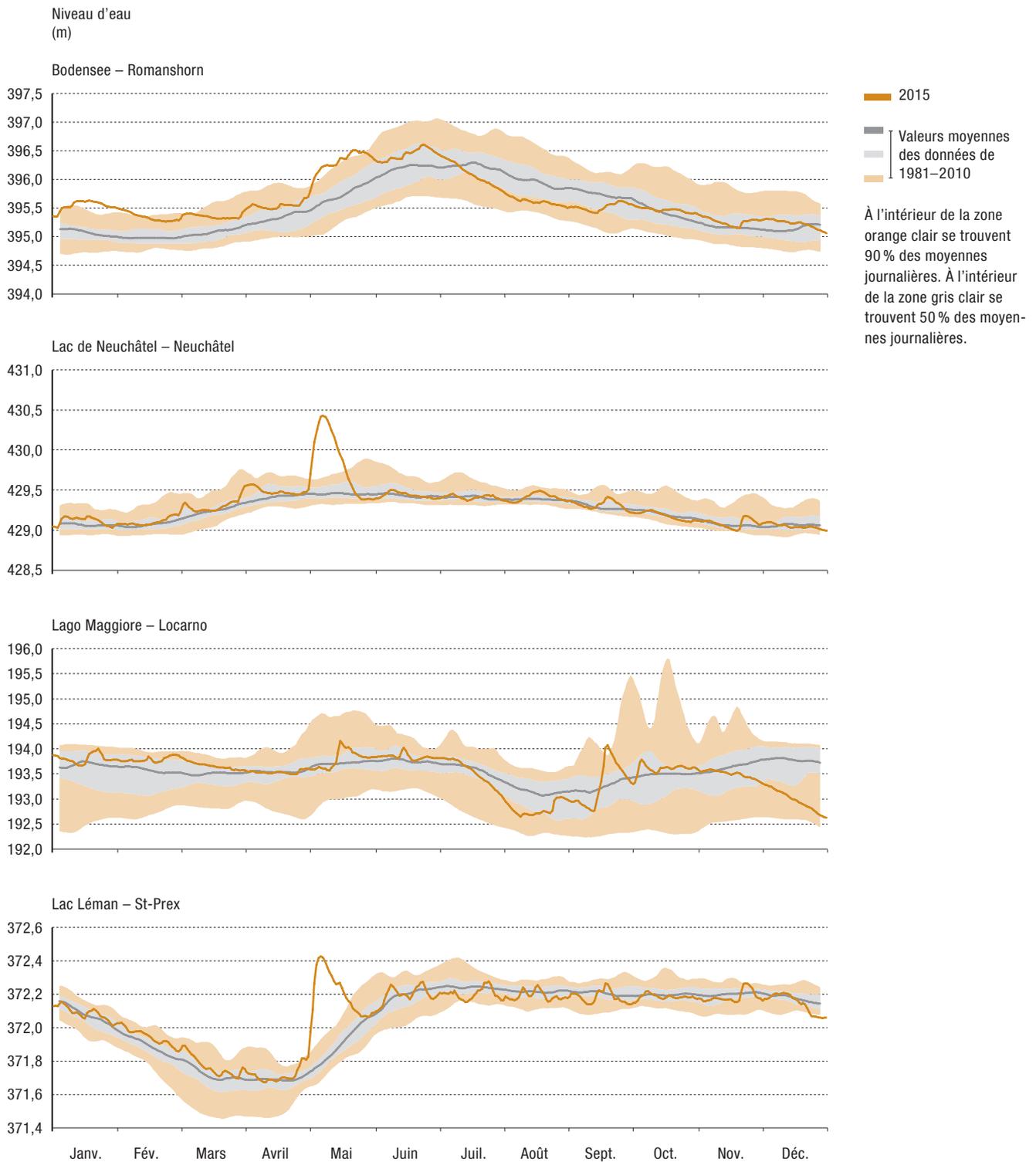
La longue période plutôt sèche du second semestre ne s'est pas traduite par des niveaux très bas dans les lacs représentés à la figure 4.10. Cela est dû au fait que les niveaux étaient relativement élevés après les crues du mois de mai. Au début de l'été, le niveau du lac de Constance était encore haut pour la saison et il n'est donc pas passé en dessous du 5<sup>e</sup> centile, même après une longue période de baisse constante. Le lac régulé de Zurich (non représenté ci-après) n'a pas pu bénéficier de cet effet. À partir de mi-juillet, son niveau n'a cessé de fluctuer dans la fourchette des valeurs minimales saisonnières. Il a d'ailleurs enregistré de nouveaux minima mensuels en août, septembre et novembre.

### Moyennes mensuelles des niveaux de différents lacs



**Fig. 4.9** Moyennes mensuelles 2015 des niveaux d'eau (en orange) par rapport aux moyennes mensuelles de la période de référence 1981–2010 (en gris).

### Niveaux journaliers de différents lacs



**Fig. 4.10** Moyennes journalières 2015 des niveaux d'eau (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

### 4.3 Températures de l'eau

Si en 2011 et 2014 les températures annuelles moyennes de l'eau ont atteint de nouveaux maxima à un nombre exceptionnel de stations, elles se sont peu écartées de la normale en 2015. Vu que le printemps a été doux, mais aussi peu pluvieux, les températures des cours d'eau ont suivi une évolution normale. La vague de chaleur a commencé seulement en juillet. Le réchauffement parfois important de l'eau qui en a résulté a sans cesse été interrompu par des phases de refroidissement, tout comme par la suite de l'été et de l'automne. Les températures ont donc fluctué de manière cyclique, atteignant des maxima élevés avant de descendre au-dessous des moyennes interannuelles, voire des minima. Cela fut le cas notamment à la station Rhône – Porte du Scex (fig. 4.12). Seule la période de beau temps plus stable de l'automne et de l'hiver a rendu les courbes de température moins saccadées, avec des valeurs élevées.

Les moyennes annuelles de 2015 confirment globalement la tendance du réchauffement des eaux constatée depuis 1960. Même si la température annuelle moyenne a été un peu plus basse qu'en 2014, notamment à la station Rhein – Basel, elle est demeurée nettement plus élevée qu'en 2012 ou 2013 (fig. 4.11).

#### Évolution cyclique des températures du printemps à l'automne

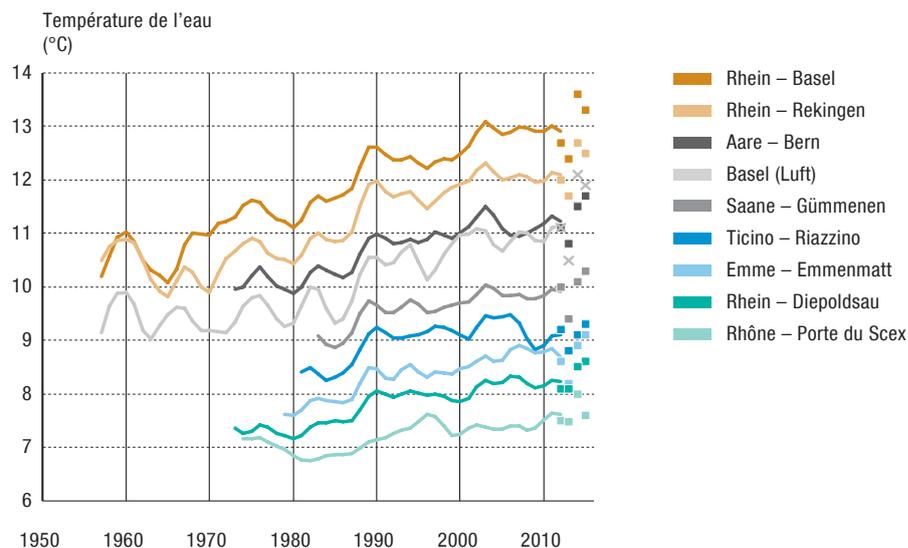
L'année 2015 a été caractérisée par une période de très forte chaleur en juillet. En conséquence, de nouvelles valeurs maxi-

males ont été mesurées dans maints cours d'eau. Plusieurs stations de mesure ont enregistré de nouveaux maxima pour le mois de juillet, ou même des valeurs maximales absolues dans les séries de mesures pluriannuelles (30 à 40 ans). Il n'avait jamais fait aussi chaud en juillet ces 40 dernières années, notamment le long de l'Aar aux stations de Berne et de Thoune, ou le long de la Reuss à Lucerne et Melligen. De nouveaux maxima absolus ont été relevés dans la Glatt à Rheinsfelden, mais aussi dans l'Aar à Hagneck et à Brügg, ou, dans une moindre mesure, dans l'Aa d'Engelberg à Buochs. Dans les bassins versants influencés par la fonte des neiges et des glaciers, les températures de l'eau sont restées bien plus basses que sur le Plateau. Des orages et des fronts froids isolés ont rafraîchi l'atmosphère et refroidi sensiblement la plupart des cours d'eau et des lacs. De ce fait, les températures ont évolué de manière cyclique jusqu'en automne, surtout dans le bassin versant du Rhin.

#### Des températures élevées en automne et en hiver

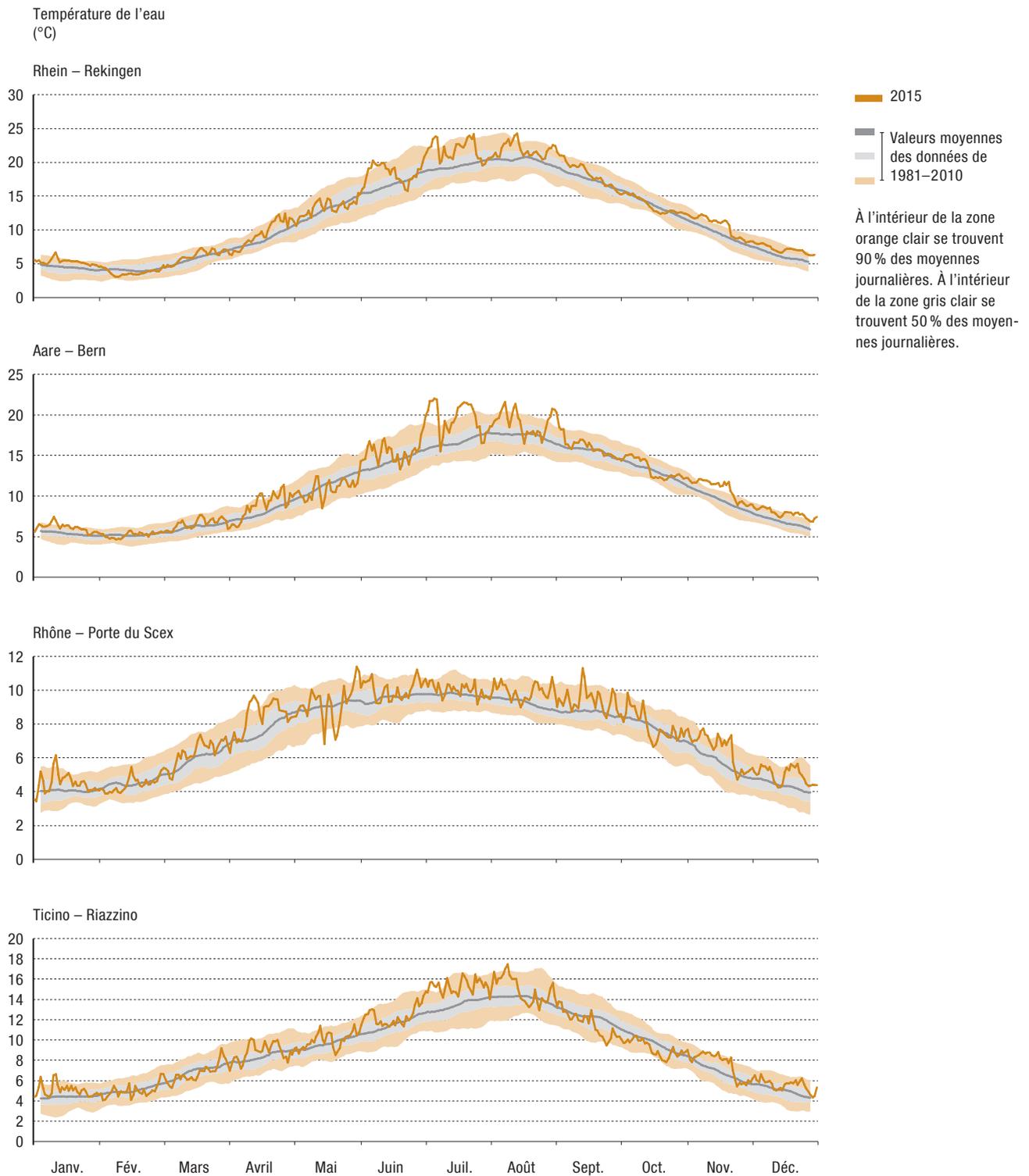
À la fin de l'année, de nombreuses stations ont enregistré des courbes de température moins saccadées, en raison d'une période stable de beau temps et d'un apport permanent d'air chaud. On a donc pu observer des situations où la température de l'eau a conservé durant plusieurs semaines un niveau relativement constant, contre la tendance interannuelle du mois de novembre, entraînant ainsi des dépassements, comme sur le Rhin à Rekingen ou l'Aar à Berne (fig. 4.12). Les températures se sont refroidies seulement vers la fin du mois de novembre,

(suite à la page 29)



**Fig. 4.11** Évolution de la température de différentes rivières suisses de 1954 à 2015. 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 2015 de la température de l'eau (ligne orange) par rapport aux moyennes journalières de la période de référence 1981–2010.

(suite de la page 27)

avant que le même type de situation ne se répète en décembre, pour durer jusqu'à la fin de l'année. Ce phénomène était très marqué sur l'Aar à Thoune, Berne, Hagneck et Brugg, sur la Linth à Weesen, sur le Rhin à Rheinfelden et Laufenburg, ainsi qu'à quelques stations le long du Rhône ou sur certains cours d'eau tessinois.

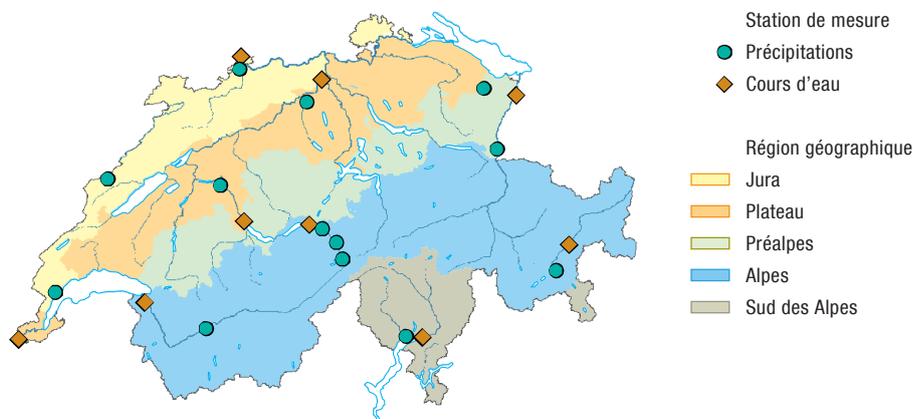
#### 4.4 Isotopes stables

Les isotopes stables présents dans les précipitations, les eaux de surface et les eaux souterraines sont des indicateurs naturels qui fournissent des informations fort utiles pour les études régionales climatologiques, environnementales et hydrologiques. Ils permettent de distinguer les composants de l'eau ou d'estimer l'altitude moyenne d'un bassin versant. Depuis quelques années, le rapport entre les isotopes stables de l'eau et la température ou l'humidité relative dans la zone de provenance des précipitations est de plus en plus pris en compte dans les études météorologiques. Dans le cadre du module ISOT de NAQUA, l'évolution à long terme du deutérium ( $^2\text{H}$ ) et de l'oxygène-18 ( $^{18}\text{O}$ ) est relevée à treize stations pluviométriques et à neuf stations hydrométriques représentatives (fig. 4.13), ce qui permet d'obtenir les données de référence requises pour ce type de recherches.

Dans l'eau des précipitations, les valeurs  $^2\text{H}$  et  $^{18}\text{O}$  ont augmenté à toutes les stations entre 1980 et le début de ce siècle, suivant la même tendance générale que les températures. Cette évolution globale n'est toutefois pas continue, mais dominée par des variations saisonnières. Il semble que cette tendance se soit inversée au cours de ces dix dernières années, puisque des valeurs  $\delta^2\text{H}$  bien plus négatives sont de nouveau constatées pendant les semestres d'hiver. En 2015, les isotopes stables des précipitations se sont une fois de plus distingués par des valeurs  $\delta^{18}\text{O}$  basses pour l'hiver. Du fait de la canicule, les valeurs estivales ont en revanche été supérieures à la normale.

Dans les cours d'eau, les valeurs  $\delta^2\text{H}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  connaissent la même évolution saisonnière, mais celle-ci est fortement atténuée en raison des dosages dans l'écoulement, qui varient selon les régions (dans l'Aar, le Rhin et le Rhône, p. ex.). La tendance s'est aussi modifiée ces dernières années. Les valeurs  $\delta$  inférieures à la moyenne interannuelle qui ont été relevées depuis 2013 le long de l'Aar, dans le Rhin à Weil et dans le Rhône en amont du Léman se sont maintenues en 2015. L'été caniculaire a en outre eu pour effet que, pendant cette période, les cours d'eau ont été alimentés par de plus grandes quantités d'eau de fonte des glaciers, présentant des valeurs  $\delta$  plus négatives. En juillet, on a donc relevé des valeurs  $\delta$  basses dans les grands cours d'eau prenant leur source dans les Alpes.

Stations de mesure de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA (Module ISOT)



**Fig. 4.13** Stations de mesure du module ISOT de NAQUA relevant l'évolution des isotopes dans les précipitations et dans les cours d'eau suisses, état 2015.

### 4.5 Qualité de l'eau, propriétés physiques et chimiques

L'OFEV suit l'état et l'évolution de la qualité de l'eau des cours d'eau suisses à 17 stations (fig. 4.14) dans le cadre de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF), ainsi qu'à 111 stations dans le cadre de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), programme mené en collaboration avec les cantons. Les mesures sont effectuées non seulement pour observer l'évolution des composants de l'eau (substances nutritives et micropolluants, p.ex), mais aussi pour évaluer l'efficacité des mesures de protection des eaux. Les analyses de la qualité de l'eau se concentrent par conséquent davantage sur les variations à long terme que sur les fluctuations saisonnières. C'est pourquoi ces analyses sont publiées dans l'Annuaire hydrologique avec certains thèmes clés. Des informations et des données plus détaillées sont disponibles sur Internet (voir p. 35).

#### Teneur en phosphore des cours d'eau

De façon générale, la concentration de substances nutritives dans les cours d'eau et les lacs a fortement diminué au cours de ces dernières décennies. La plupart des stations NADUF font état d'une réduction significative de la teneur en phosphore, particulièrement après l'interdiction des phosphates dans les lessives en 1986. Grâce au développement continu des stations d'épuration, cette amélioration s'est poursuivie après 1990. Aujourd'hui, on ne relève de fortes concentrations que ponctuellement, par exemple lors de crues. Dans les petits cours d'eau du Plateau au bassin versant densément peuplé et utilisé de façon intensive par l'agriculture, la réduction a été plutôt brutale après 1986 (Glatt, p. ex, fig. 4.15). Elle a été plus progressive dans les grands cours d'eau dont les bassins versants comportent des lacs et sont voués à diverses fins agricoles (Rhin et Aar, p. ex). La teneur en phosphore de l'eau varie selon les saisons, car à la saison chaude, la consommation de phosphore par les plantes fait chuter les concentrations. Dans les rivières ayant des lacs en amont, ces variations saisonnières ont aussi été nettement atténuées par l'interdiction des phosphates dans les lessives. La teneur en phosphore a par contre beaucoup moins changé à long terme dans les cours d'eau alpins situés dans des bassins versants peu peuplés et voués à une agriculture plus extensive (Rhône, p. ex.).

Stations de mesure de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF)

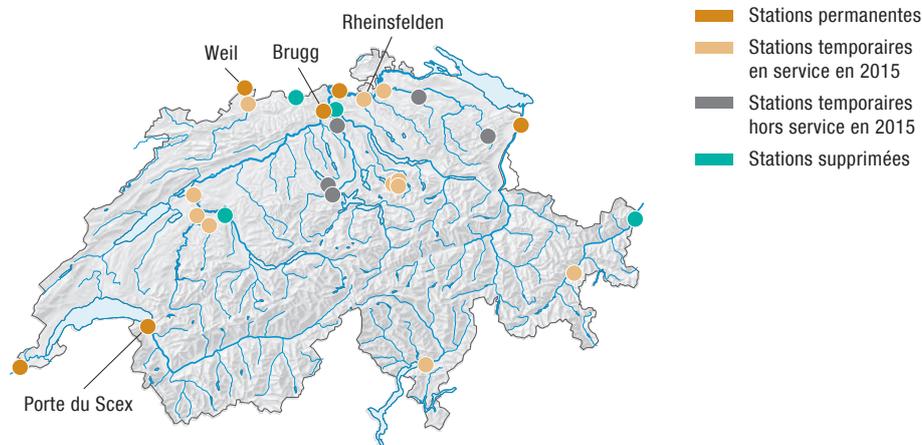
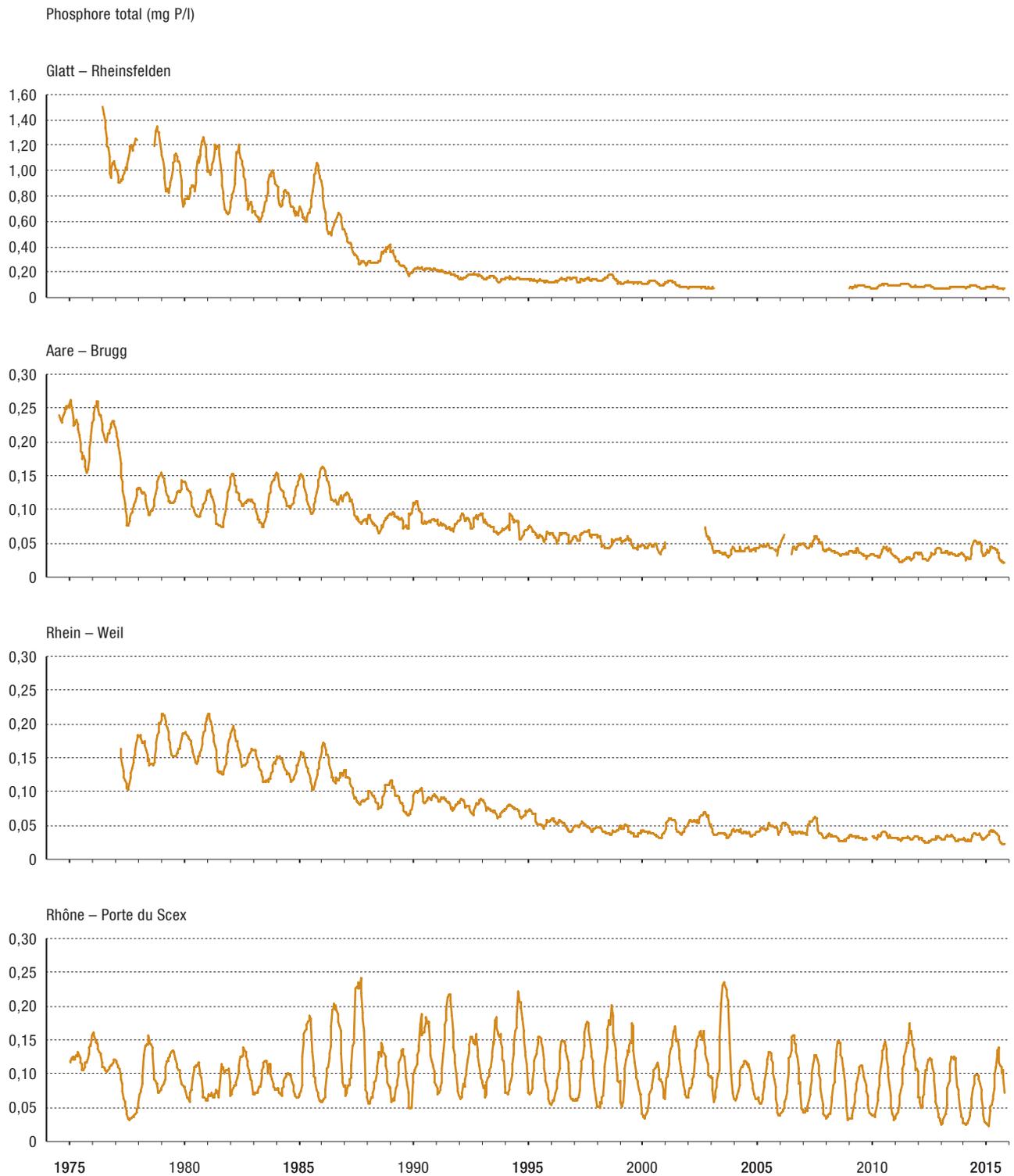


Fig. 4.14 Stations de mesure de la Surveillance nationale continue des cours d'eau suisses (NADUF) relevant la qualité de l'eau en Suisse, état 2015.

## Teneur en phosphore total de différents cours d'eau de 1974 à 2015



**Fig. 4.15** Évolution de la teneur en phosphore total (échantillons composites sur deux semaines) de 1974 à 2015 à différentes stations NADUF. Les graphiques représentent les moyennes lissées sur onze échantillons.

# 5 > Eaux souterraines

*L'année 2015 a commencé avec des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources conformes à la normale et s'est terminée avec des valeurs basses, en raison de la sécheresse persistante à partir de juin.*

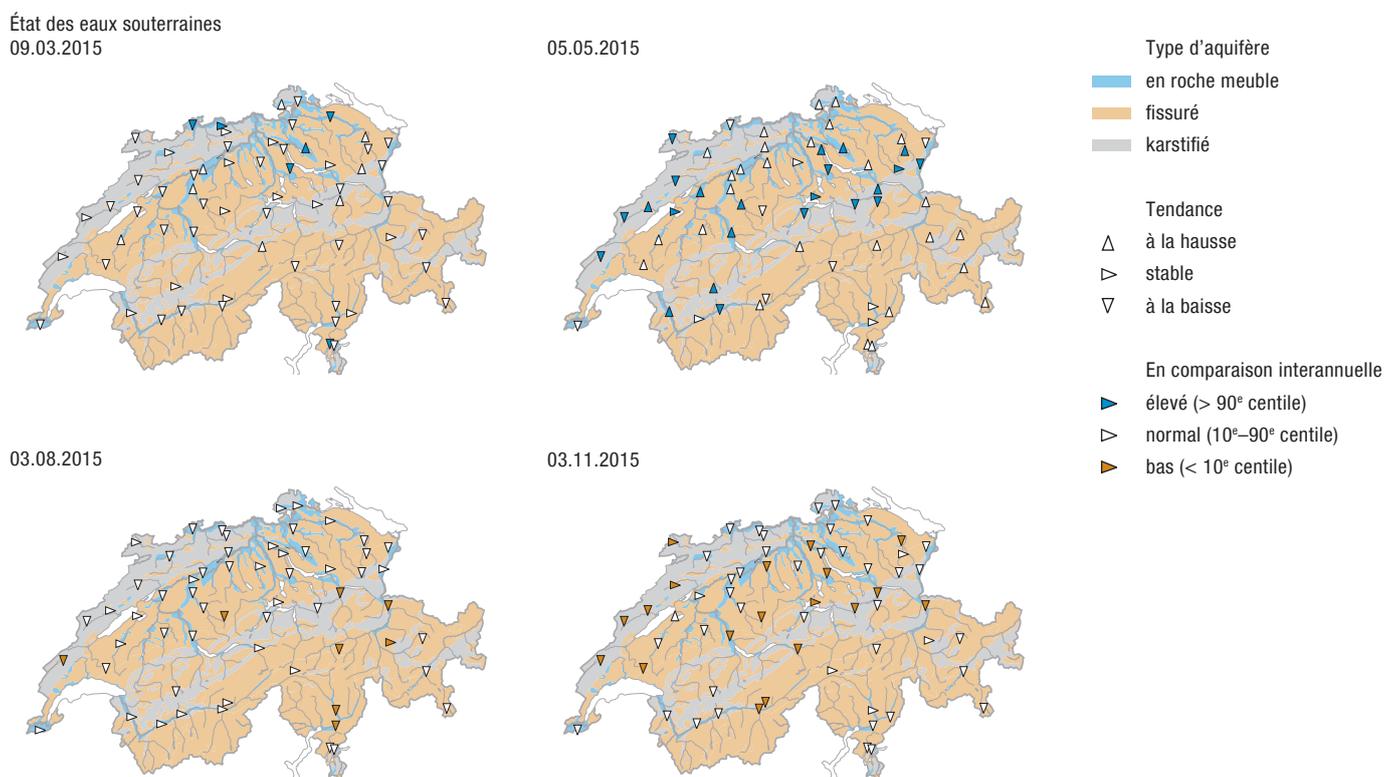
## 5.1 Eaux souterraines – quantité

Le suivi des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources à quelque 100 stations représentatives dans le cadre du module QUANT de NAQUA permet de déterminer l'état et l'évolution des eaux souterraines suisses en termes de quantité. Les résultats des mesures renseignent en outre sur l'impact possible des changements climatiques sur les ressources souterraines (multiplication des événements extrêmes tels que crues ou sécheresses, p. ex).

L'année 2015 a commencé dans tout le pays avec des niveaux des eaux souterraines et des débits des sources

conformes à la normale. En janvier, une grande partie de la Suisse a essuyé des précipitations plus abondantes que la normale. Alors qu'en février de fortes précipitations ont maintenu la pluviométrie bien au-dessus de la moyenne au sud des Alpes, ce mois est resté relativement sec au nord des Alpes. Au mois de mars, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources correspondaient donc à la moyenne interannuelle dans tout le pays, avec une tendance hétérogène (fig. 5.1, état des eaux souterraines au 09.03.2015).

Début mai, il est tombé des quantités de pluie exceptionnelles sur les Alpes et au nord de celles-ci. Elles ont provoqué suite aux crues survenant en Haut-Valais, en Suisse romande



**Fig. 5.1** Niveaux des eaux souterraines et débits des sources ainsi que leur tendance pendant quatre jours de référence en 2015, complétés par une comparaison avec la période de mesure 2000–2014.

et en Suisse orientale une hausse des niveaux des eaux souterraines le long des cours d'eau (chap. 1). Comme le mois a été globalement pluvieux, les niveaux des eaux souterraines étaient élevés, alors que les sources affichaient pour certaines de forts débits. Par contre, au Tessin, les eaux souterraines ont conservé des niveaux normaux en mai, car les précipitations des deux mois précédents y ont été plus faibles que la normale (fig. 5.1, état des eaux souterraines au 05.05.2015).

La sécheresse qui a persisté à partir de juin a eu tout d'abord peu d'impact sur les ressources souterraines de Suisse, car les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources étaient encore élevés au début de cette période. Les aquifères en roche meuble le long des grands cours d'eau prenant leur source dans les Alpes ont en outre bénéficié de la forte infiltration des eaux fluviales résultant de la fonte exceptionnelle des glaciers pendant le mois caniculaire de juillet. Ainsi, si les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont baissé en août, ils sont demeurés pour la plupart dans une fourchette normale (fig. 5.1, état des eaux souterraines au 03.08.2015).

Les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont diminué à mesure que la sécheresse persistait. Début novembre, ils étaient bas un peu partout au nord des Alpes et affichaient une tendance à la baisse. Au sud des Alpes, ils correspondaient en revanche encore à la normale, en raison des fortes pluies de septembre et d'octobre (fig. 5.1, état des eaux souterraines au 03.11.2015).

Fin novembre, seuls quelques aquifères locaux situés dans les Alpes, le Jura neuchâtelois et le Jura bernois ont

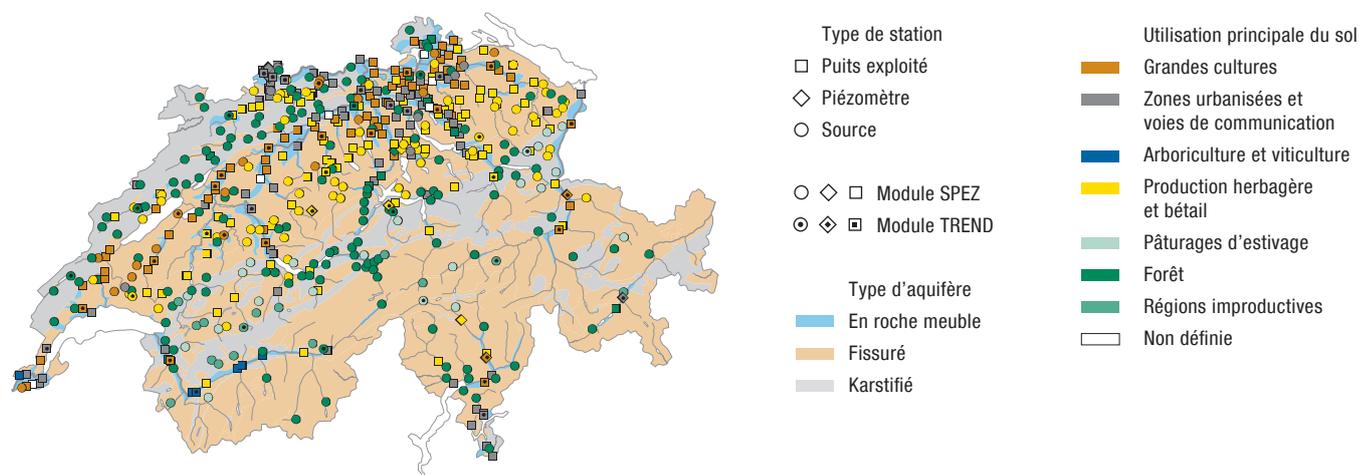
bénéficié des précipitations parfois abondantes. Le mois de décembre ayant été sec, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources ont retrouvé des valeurs normales à basses à la fin de l'année au nord des Alpes. Il en a été de même au sud, où l'on a enregistré des niveaux bas suite aux mois particulièrement secs de novembre et de décembre.

## 5.2 Eaux souterraines – qualité

La qualité des eaux souterraines suisses est généralement bonne à très 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 représentatives, réparties sur l'ensemble du pays (fig. 5.2), 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. Des informations et des données supplémentaires sont disponibles sur Internet (voir p. 35).

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



**Fig. 5.2** Stations de mesure des modules TREND et SPEZ de NAQUA relevant la qualité des eaux souterraines selon l'utilisation principale du sol dans le bassin versant et selon le type d'aquifère, état 2015.

## > Annexe

### Glossaire

#### Centile

Mesure de position en statistique. Un centile détermine la part des valeurs d'une distribution situées au-dessus ou en dessous d'un certain seuil. Par exemple, la valeur du 95<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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. Chacun d'eux renseigne sur l'intensité de l'événement, les conséquences possibles et les comportements à adopter. Pour les lacs, la limite de crue marque le passage entre le niveau «danger marqué» et le niveau «fort danger». Avec un tel niveau, 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 mesurées sur une longue période. Dans le présent annuaire, il s'agit le plus souvent de la période 1981–2010.

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

Programme de mesure de l'OFEV qui, en collaboration avec les cantons, établit les bases permettant de documenter et d'évaluer l'état ainsi que l'évolution des eaux suisses.

#### Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA)

Observation nationale des eaux souterraines (NAQUA) qui 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 leur qualité. Le quatrième sert à observer les isotopes dans le cycle de l'eau, c'est-à-dire dans les précipitations, les cours d'eau et les eaux souterraines.

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

Programme de mesure qui suit l'évolution des composants de l'eau dans différents cours d'eau suisses.

#### <sup>2</sup>H, <sup>18</sup>O

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

---

## Informations complémentaires sur Internet

Des informations détaillées sur les thèmes de l'Annuaire hydrologique et les réseaux hydrométriques de l'OFEV, ainsi que des données actuelles et historiques se trouvent sur Internet, sous [www.bafu.admin.ch/annuairehydrologique](http://www.bafu.admin.ch/annuairehydrologique)

- > Données actuelles et historiques:  
[www.hydrodaten.admin.ch](http://www.hydrodaten.admin.ch)
- > Bulletin hydrologique de l'OFEV:  
[www.hydrodaten.admin.ch/fr/hydro\\_bulletin.html](http://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](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](http://www.bafu.admin.ch/naqua)
- > Résultats de la Surveillance nationale continue des cours d'eau (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) (en allemand)
- > Surveillance nationale continue des cours d'eau (NADUF) – description du réseau d'observation:  
[www.bafu.admin.ch/naduf](http://www.bafu.admin.ch/naduf)
- > Indicateurs Eaux et informations complémentaires sur l'eau: [www.bafu.admin.ch/eaux](http://www.bafu.admin.ch/eaux)
- > National Centre for Climate Services (NCCS):  
[www.nccs.ch](http://www.nccs.ch)