Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse

MétéoSuisse

Rapport climatologique 2020

Rapport climatologique 2020

Editeur
Office fédéral de météorologie et de climatologie
MétéoSuisse
Département climat
Operation Center 1
CH-8058 Zurich-Flughafen
serviceclient@meteosuisse.ch
www.meteosuisse.ch

Rédaction
Elias Zubler, Stephan Bader, Thomas Schlegel

Auteurs
Stephan Bader, Martine Collaud Coen, Anke Duguay-Tetzlaff, Christoph Frei, Sophie Fukutome, Regula Gehrig, Eliane Maillard Barras, Giovanni Martucci, Gonzague Romanens, Simon Scherrer, Thomas Schlegel, Christoph Spirig, René Stübi, Laurent Vuilleumier, Elias Zubler

Distribution
OFCL, Vente des publications fédérales
CH-3003 Berne
publicationsfederales.admin.ch
Numéro d'article: 313.001.f
ISSN: 2296-1496

Merci de bien vouloir citer le présent rapport comme suit: MétéoSuisse, 2021: Rapport climatologique 2020. Office fédéral de météorologie et de climatologie. MétéoSuisse, Zurich. 96 p. © MétéoSuisse 2021

Photos
Mers de brouillard mystiques suisses

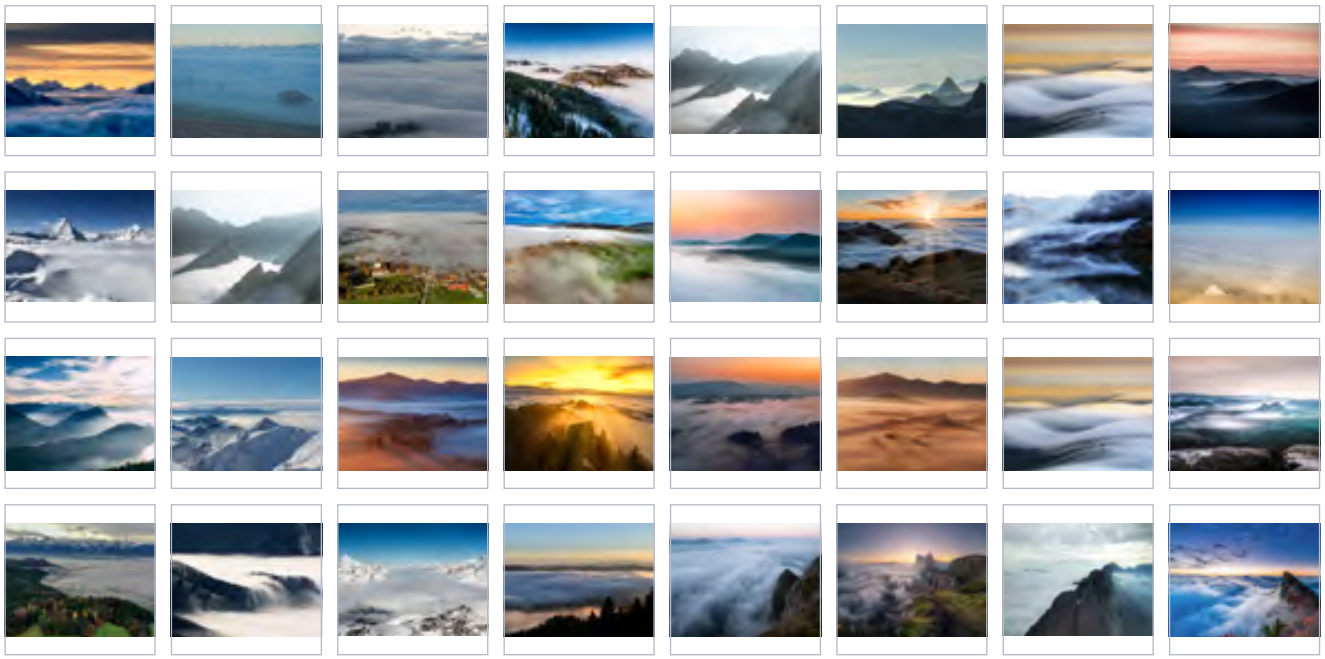


Table des matières

Résumé **4**
Summary **7**
1 Evolution du climat 2020 **8**
2 Diagrammes représentant l'évolution annuelle **18**
Température, durée d'ensoleillement et précipitations à Berne-Zollikofen 18
Température, durée d'ensoleillement et précipitations à Lugano 19
Evolution annuelle du rayonnement global 20
Limite du zéro degré en atmosphère libre 22
Altitude de la tropopause 23
Fortes précipitations exceptionnelles 24
Cycle annuel du rayonnement UV erythémal 25
Série de mesures de l'ozone d'Arosa et Davos 26
Mesures de l'ozone à Payerne 28
Mesures des aérosols au Jungfraujoch 30
Poussières du Sahara 31
Développement de la végétation 32
Printemps 32
Eté 32
Automne 33
Saison pollinique 34
3 Particularités de l'année 2020 **40**
3.1 Un mois de février agité 40
3.2 Sécheresse extrême 41
3.3 Intempéries à la fin du mois d'août 42
3.4 Intempéries au début du mois d'octobre 43
4 Climat global et événements météorologiques **46**
4.1 Deuxième année la plus chaude au niveau mondial 46
4.2 El Niño et La Niña 47
4.3 Evénements particuliers 49
5 Surveillance du climat **52**
5.1 Atmosphère 54
5.1.1 Mesures au sol 54
Température 54
Jours de gel 58
Journées d'été 59
Précipitations 60
Jours de fortes précipitations 65
Précipitations des journées très humides 66
Périodes de sécheresse 67
Indice de sécheresse 68
5.1.2 Atmosphère libre 70
Limite du zéro degré 70
Altitude de la tropopause 72
Tendance de la température à plusieurs niveaux standards 74
5.1.3 Composition de l'atmosphère 76
Série de mesures de l'ozone d'Arosa 76
Mesures de l'ozone à Payerne 77
Intensités des pollens 80
5.2 Terres émergées 82
Sommes de neige fraîche 82
Journées de neige fraîche 83
Indice du printemps 84
Floraison des cerisiers près de Liestal et apparition de la première feuille du marronnier à Genève 85
5.3 Origine des données et méthodes 88
Références **92**

Résumé

La température moyenne nationale en 2020 s'est élevée à 6,9 °C. Avec un dépassement de 2,3 °C de la moyenne 1961–1990 ou de 1,5 °C de la norme 1981–2010, cela fait de 2020 l'année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864, à égalité avec 2018.

L'hiver 2019/20 a été le plus doux depuis le début des relevés systématiques. En moyenne sur l'ensemble du pays, la température de l'hiver a été d'environ 3 °C supérieure à la norme 1981–2010. Le mois de février a été particulièrement doux, se plaçant au deuxième rang depuis le début des mesures en 1864. Au cours des mois de janvier et février, le Sud des Alpes a reçu très peu de précipitations, par endroits seulement 5–10 % de la norme 1981–2010. Au Nord, l'hiver a été ensoleillé, avec un ensoleillement atteignant 130 à un peu moins de 160 % de la durée d'ensoleillement normale pour la période 1981–2010. Février 2020 a également été exceptionnellement agité. Au Nord des Alpes, il s'agit localement du mois de février le plus venteux depuis le début des mesures en 1981.

L'hiver le plus doux a été suivi du troisième printemps le plus chaud depuis le début des mesures en Suisse en 1864. En moyenne nationale, la température du printemps a dépassé de 1,8 °C la norme 1981–2010. Au Nord des Alpes, la durée d'ensoleillement au printemps 2020 a largement atteint 130–160 % de la norme 1981–2010. Avec 718 heures d'ensoleillement, le site de Bâle a enregistré le deuxième printemps le plus ensoleillé depuis le début des mesures en 1886. En raison du beau temps fréquent, les précipitations totales du printemps n'ont atteint que 50–70 % de la norme 1981–2010 sur une grande partie de la Suisse. La raison de ce déficit généralisé et considérable de précipitations a été la sécheresse qui a perduré de mi-mars jusque vers la fin avril.

La température en été 2020 a également dépassé de 0,9 °C la norme 1981–2010 (ou de +2,0 °C la norme 1961–1990). Deux vagues de chaleur modérées ont concerné le pays à la fin du mois de juillet et en août. Les pics de température des deux côtés des Alpes sont restés le plus souvent inférieurs à 34 °C. A la fin du mois d'août, des orages ont entraîné de fortes précipitations au Tessin et dans les régions voisines du canton des Grisons. Sur certains sites de mesures, il est tombé en un seul jour plus que la quantité moyenne de l'ensemble d'un mois d'août.

La température en automne 2020 a été supérieure de 1,0 °C à la norme 1981–2010 (ou +1,4 °C à la norme 1961–1990). Avec un déficit de 0,7 °C par rapport à la norme 1961–1990, octobre a été le seul mois de l'année 2020 à présenter des températures inférieures à la moyenne. Les mois de septembre et novembre ont apporté un temps majoritairement ensoleillé. Dans les Alpes, on a enregistré localement le deuxième mois de novembre le plus ensoleillé de la série de mesures sur 60 ans. En contrepartie de cet ensoleillement, le mois de septembre est resté très pauvre en précipitations jusqu'au dernier tiers du mois, ainsi que l'ensemble du mois de novembre.

A l'échelle mondiale, 2020 a été la deuxième année la plus chaude depuis le début des mesures en 1850, soit 0,5 °C au-dessus de la norme 1981–2010 (ou 0,8 °C au-dessus de la norme 1961–1990). Tous les continents ont enregistré des températures annuelles supérieures à la moyenne en 2020. Il a fait particulièrement chaud en Sibérie et en Europe. Dans de nombreux endroits du globe, les vagues de chaleur extrême ont établi de nouveaux records de température. Les conditions de La Niña à partir du milieu de l'année ont entraîné une température moyenne annuelle légèrement inférieure à la moyenne dans le Pacifique équatorial oriental et une saison record pour les ouragans dans l'Atlantique Nord.

Le changement climatique est aussi clairement perceptible en Suisse. La tendance des températures sur la période de 1864–2020 montre une accumulation d'années chaudes dans ce pays au cours des dernières décennies. La décennie 2011–2020 a été la plus chaude depuis le début des mesures. En raison de l'augmentation générale des températures en Suisse, le nombre de journées estivales a considérablement augmenté depuis 1959, tandis que le nombre de jours de gel a nettement diminué. De même, une augmentation de la limite du zéro degré a été observée au cours de la même période. Le réchauffement général s'exprime également par un développement plus précoce de la végétation.

L'évolution à long terme des précipitations entre 1864 et 2020 montre, pour le Plateau, une tendance significative à la hausse des sommes de précipitations pour l'année et en hiver. Les autres saisons ne montrent aucun changement à long terme dans les sommes pluviométriques. Au Sud des Alpes, aucun changement à long terme dans le régime des précipitations n'apparaît pour toutes les saisons et aussi pour l'année. Le nombre de jours avec de fortes précipitations n'a pas évolué sur les sites de mesures étudiés depuis 1959. De même, les précipitations des journées très humides n'ont pas changé durant la même période. La durée des périodes sèches les plus prononcées ne montre aucune évolution sur les sites de mesures examinés.

Les relevés plus que centenaires de la neige montrent régionalement une légère diminution des sommes de neige fraîche, alors qu'il n'y a aucun changement pour d'autres régions plus étendues. Pour le nombre de jours avec de la neige fraîche, certaines régions montrent une légère augmentation, tandis que certaines autres régions montrent une légère diminution. Mais d'autres régions ne montrent aucun changement. Cependant, ces analyses ne sont pas basées sur des données homogénéisées.

Ces dernières années, la situation de l'ozone dans la haute atmosphère au-dessus de la Suisse est restée stable. Cette stabilité fait suite à une diminution de l'ozone totale de quelque 6 % qui s'est produite entre 1970 et 1995.

Summary

The Swiss national average temperature for 2020 was 6.9 °C. This makes last year 2.3 °C above the average for the reference period 1961–1990 and 1.5 °C above the 1981–2010 norm and, together with 2018, the warmest year since measurements began in 1864.

Winter 2019/20 was the mildest since systematic records started. In the nationwide average, the winter temperature was about 3 °C above the 1981–2010 norm. February was particularly mild, ranking 2nd since measurements began in 1864. In January and February, the southern side of the Alps received very little precipitation, in some areas only 5–10 % of the 1981–2010 normal period. In the north, it was a sunny winter with sunshine duration of around 130 to almost 160 % of the 1981–2010 norm. February 2020 was also unusually stormy. On the northern side of the Alps, the stormiest February since measurements began in 1981 was recorded locally.

The mildest winter was followed by the third warmest spring since measurements began in 1864 in Switzerland. The national average spring temperature rose 1.8 °C above the 1981–2010 norm. On the northern side of the Alps, the sunshine duration in spring 2020 reached 130–160 % of the 1981–2010 norm. With 718 hours of sunshine, the measurement site in Basel recorded the second sunniest spring since measurements began in 1886. As a result of the frequent fair weather, the precipitation totals in spring reached only 50–70 % of the 1981–2010 norm in large areas of Switzerland, the main reason for this being the persistent dry period from mid-March to the end of April.

The summer of 2020 was also 0.9 °C above the 1981–2010 norm (+2.0 °C to the 1961–1990 norm). Two moderate heat waves hit the country at the end of July and in August. The temperature peaks mostly remained below 34 °C on both sides of the Alps. At the end of August, thunderstorms in Ticino and in the neighboring areas of the canton of Grisons led to massive heavy precipitation. At some measurement sites, more than the average August amount fell within a single day.

Autumn 2020 was 1.0 °C above the 1981–2010 norm (+1.4 °C to the 1961–1990 norm). At -0.7 °C to the 1961–1990 norm, October was the only month in 2020 with below-average temperatures. The months of September and November brought mostly sunny weather. In the Alps, the second sunniest November in the 60-year measurement series was recorded locally. As a downside to the sunny conditions, September until the last third of the month and the entire month of November remained very low in precipitation.

Globally, the year 2020 was the second warmest since measurements began in 1850, being 0.5 °C above the 1981–2010 norm (0.8 °C above the 1961–1990 norm). Above-average annual temperatures were recorded on all continents in 2020. It was particularly warm in Siberia and Europe. In many places around the globe, extreme heat waves set new temperature records. La Niña conditions from mid-year onward resulted in a slightly below-average annual mean temperature in the equatorial eastern Pacific and a record hurricane season in the North Atlantic.

Climate change is also clearly felt in Switzerland. Temperature trends over the period 1864–2020 show an accumulation of warm years in recent decades. The decade 2011–2020 was the warmest since measurements began. In line with the general temperature increase, the number of summer days has increased significantly in the period since 1959, while the number of frost days has clearly decreased. Likewise, a rise in the zero degree level has been observed in the same period. The general warming is also expressed in an earlier onset of vegetation development.

The long-term precipitation development 1864–2020 shows a significant trend towards higher precipitation sums in the Plateau for annual time-series and winter. The other seasons show no long-term change in precipitation sums. On the southern side of the Alps, there is no long-term change in precipitation, neither in the annual nor in the seasonal totals. The number of days with heavy precipitation has not changed since 1959 at the investigated measuring sites. Likewise, the precipitation of the very wet days has not changed. The length of the most intensive dry periods does not show a significant trend at any of the investigated measuring sites.

In the more than 100-year-old snow records, there was a slight regional decrease in the new snow sums, but no change on a larger scale. The days with new snow show a slight increase in some areas and a slight decrease in others. There are also areas that show no change. However, these analyses are based on non-homogeneous data.

The ozone situation in the higher atmosphere above Switzerland has remained stable in recent years. This is after a decrease in total ozone of about 6 % between 1970 and 1995.

1| 1 Evolution du climat 2020

De nouveau un record de chaleur: l'année 2020 a été la plus chaude depuis le début des mesures en 1864, à égalité avec l'année 2018. L'hiver le plus doux a été suivi par le troisième printemps le plus chaud avec une période de sécheresse prolongée. L'été a apporté deux vagues de chaleur modérées. En août et en octobre, des précipitations massives ont affecté le Sud des Alpes et les régions voisines. Début décembre, des chutes de neige abondantes ont engendré des quantités de neige supérieures à la moyenne dans de nombreuses régions des Alpes.

Année 2018 la plus chaude égalisée

La température annuelle suisse en 2020 a été de 6,9 °C, une valeur aussi élevée qu'en 2018, l'année la plus chaude. Dix mois ont été plus chauds que la norme 1981–2010. Seul le mois d'octobre a connu des températures inférieures à la normale, tandis qu'en juin, la température a été conforme à la norme. Trois mois ont montré des valeurs très élevées : en moyenne nationale, février a été le deuxième le plus doux, avril le troisième le plus chaud et novembre le quatrième le plus doux depuis le début des mesures en 1864.

De nets records de chaleur

Dans les Alpes et sur les crêtes du Jura, quelques sites ont connu l'année la plus chaude depuis le début des mesures de manière significative. Cela a été nettement le cas au Jungfraujoch, au Grimsel, à Grächen ou au Chaumont. Les sites de La Chaux-de-Fonds et d'Andermatt ont également connu un record, mais de justesse.

Hiver le plus doux depuis le début des mesures

La Suisse a connu son hiver le plus doux depuis le début des mesures en 1864. En moyenne nationale, la température de l'hiver 2019/2020 a été de 0,7 °C, soit presque 3 °C au-dessus de la norme 1981–2010. Une telle douceur hivernale, avec une température en moyenne nationale de plus de 0 °C, n'a été observée que quatre fois en 157 d'histoire des mesures en Suisse. Régionalement, les valeurs hivernales ont été sensiblement plus élevées que les précédents records, jusqu'à presque 1 °C de plus. Le mois de février a été le deuxième le plus doux en moyenne suisse depuis le début des mesures en 1864.

Un début d'année sec au Sud

La plupart des régions de la Suisse ont reçu des précipitations suffisantes tout au long de l'hiver avec des sommes représentant l'équivalent de 100–120 %, régionalement 130 % de la norme 1981–2010. En revanche, en Haute-Engadine et dans certaines parties du Sud des Alpes, il n'est tombé que l'équivalent de 60–90 % de la norme.

Les mois de janvier et de février ont été particulièrement secs au Sud des Alpes. En janvier, il n'est tombé que l'équivalent de 5–10 % de la norme 1981–2010. En février, les quantités sont restées généralement inférieures à 10 %, localement même inférieures à 5 % de la norme. En revanche, dans le reste de la Suisse, les courants réguliers doux et humides d'ouest à nord-ouest ont assuré des précipitations abondantes avec des sommes atteignant l'équivalent de 150–200 %, régionalement même jusqu'à 250 % de la norme 1981–2010.

Beaucoup de soleil en hiver au Nord

L'ensoleillement hivernal au Nord des Alpes a atteint 130 à presque 160 % de la norme 1981–2010. Dans les Alpes et au Sud, il s'est généralement situé entre 100 et 130 % de la norme. Le Nord des Alpes a régionalement connu le troisième à cinquième hiver le plus ensoleillé depuis le début des mesures à la fin du 19e siècle. Le mois de janvier y a contribué de manière significative avec de nouveaux records d'ensoleillement à Genève, Berne, Bâle et Zurich, quatre sites qui disposent de mesures homogénéisées depuis plus de 100 ans.

Période tempétueuse

Février 2020 a été exceptionnellement agité. Au Nord des Alpes, il s'agit localement du mois de février le plus agité depuis le début des mesures en 1981. La première quinzaine du mois a vu passer trois tempêtes hivernales au-dessus de la Suisse. La plus puissante a été la tempête Ciara (Sabine en Suisse alémanique) du 10 février. Les rafales de vent ont souvent atteint 90–120 km/h sur le Plateau, 140–160 km/h sur les crêtes du Jura, 160–200 km/h sur les crêtes alpines.

Troisième printemps le plus chaud

Après l'hiver le plus doux, la Suisse a connu le troisième printemps le plus chaud depuis le début des mesures en 1864. La température moyenne nationale au printemps a atteint 6,2 °C, soit 1,8 °C au-dessus de la norme 1981–2010. Une température printanière nationale de 6 °C ou plus est un phénomène nouveau dans la longue période de mesures en Suisse. Les cinq printemps les plus chauds ont tous été enregistrés après l'an 2000.

Régionalement très ensoleillé

En plus de la chaleur, le printemps 2020 a également livré des valeurs extrêmes en termes d'ensoleillement. Au Nord des Alpes, il a atteint 130–160 % de la norme 1981–2010. A Bâle, avec 718 heures d'ensoleillement, il s'agit du deuxième printemps le plus ensoleillé depuis le début des mesures en 1886. Le printemps le plus ensoleillé en 2011 avait juste comptabilisé quelques heures d'ensoleillement de plus, soit 725 heures.

Sécheresse persistante

En raison du beau temps fréquent, les précipitations totales du printemps n'ont atteint que 50–70 % de la norme 1981–2010 sur une grande partie de la Suisse. La raison de ce déficit généralisé et considérable de précipitations a été la sécheresse qui a perduré de mi-mars jusque vers la fin avril. En avril, les cumuls de précipitations en de nombreux endroits n'ont atteint que 40–60 % de la norme 1981–2010. Sur le nord-ouest de la Suisse, le Plateau oriental et sur la partie centrale des versants nord des Alpes, les sommes d'avril n'ont souvent atteint que 30 % de la norme, voire moins.

Vagues de chaleur modérées en été

Après un début d'été avec des températures dans la moyenne, de fortes chaleurs se sont manifestées vers la fin juillet et au cours de la première quinzaine d'août. La première vague de chaleur avec des températures maximales journalières de 30 °C ou plus a débuté le 27 juillet en Suisse romande et a duré jusqu'au 1er août. Au Sud, la chaleur a duré du 28 juillet au 2 août.

La deuxième vague de chaleur a débuté le 6 août au Sud des Alpes, le 7 août au Nord des Alpes. La période avec des températures maximales journalières de 30 °C ou plus a duré entre 6 et 7 jours selon les régions. Les pics de température sont généralement restés inférieurs à 34 °C des deux côtés des Alpes. Par rapport aux vagues de chaleur prononcées des deux dernières décennies, la chaleur de l'été 2020 a été modérée et même faible dans certaines régions.

Intempéries à la fin août

Du 28 au 30 août, avec un fort courant de sud-ouest, de l'air méditerranéen chaud et humide a été continuellement entraîné contre les versants sud des Alpes. Les 28 et 29 août, de fortes pluies sont tombées au Tessin et dans les régions voisines du canton des Grisons. Sur certains sites de mesures, il est tombé en un seul jour plus que la quantité moyenne de l'ensemble d'un mois d'août. Les 29 et 30 août, les fortes précipitations se sont également étendues sur la partie orientale des versants nord des Alpes.

Un automne contrasté

Les mois automnaux de septembre et de novembre ont connu un temps généralement doux et ensoleillé. Le mois de novembre a régionalement été particulièrement ensoleillé. Dans les Alpes, il s'agit localement du deuxième mois de novembre le plus ensoleillé depuis le début des mesures il y a 60 ans. Pour le site de Bâle qui dispose de mesures depuis plus de 100 ans, il s'agit du troisième mois de novembre le plus ensoleillé.

Le mois de septembre est resté très pauvre en précipitations jusqu'à la dernière décade. Certaines régions sont même restées complètement sèches. En novembre, les précipitations ont été extrêmement faibles. En moyenne nationale, les quantités n'ont atteint que l'équivalent de 20 % de la norme, au Sud des Alpes moins de 5 % de la norme 1981–2010.

Intempéries au début du mois d'octobre

Le mois d'octobre, par contre, s'est montré frais et abondamment arrosé avec un événement de fortes précipitations au début du mois. Un fort courant de sud-ouest avec des vents du sud parfois tempétueux a engendré de fortes précipitations qui ont principalement touché le Sud des Alpes, mais aussi le Valais, l'Oberland bernois, la Suisse centrale et les Grisons. Dans les zones affectées, plusieurs sites avec des séries de mesures de plus de 100 ans ont enregistré les deuxièmes à quatrièmes sommes journalières les plus élevées. Pour Binn en Valais et Sedrun dans les Grisons, de nouveaux records ont été établis sur une somme journalière.

Début d'hiver avec beaucoup de neige

C'est précisément au début de l'hiver météorologique que la neige est tombée jusqu'à basse altitude au Nord. Deux jours plus tard, de fortes chutes de neige ont commencé au Sud des Alpes et se sont étendues vers le nord à travers les Alpes. En deux jours, il y a eu 25 cm de neige fraîche à Lugano, et 40 cm à presque 1 mètre dans les Alpes. Certains sites ont enregistré les cumuls de neige fraîche les plus élevés sur deux jours pour un mois de décembre depuis le début des mesures.

Avec d'autres chutes de neige, le cumul de neige fraîche en trois jours a régionalement atteint 1,2–1,4 mètre dans les montagnes du Tessin et des Grisons. Vers la mi-décembre, le manteau neigeux a été nettement supérieur à la moyenne dans de nombreuses régions alpines (source: SLF Davos).

A la suite d'une situation de foehn du sud prononcée le 28 décembre, le Sud de la Suisse a encore reçu 15–30 cm de neige fraîche. A Lugano, le cumul de neige fraîche en décembre a été de 47 cm. La dernière fois que Lugano a reçu une quantité similaire ou supérieure de neige fraîche en décembre était en 2005 avec 45 cm et en 1981 avec 65 cm.

Bilan annuel

La température annuelle en 2020 a dépassé la norme 1981–2010 de 1,4–1,7 °C dans la plupart des régions du pays. Au Sud des Alpes et en Engadine, les valeurs ont dépassé la normale de 1,0–1,4 °C, dans les Alpes régionalement jusqu'à 1,8 °C. En moyenne nationale, la température annuelle a dépassé la norme de 1,5 °C, ce qui en fait l'année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864, à égalité avec l'année 2018.

Les précipitations annuelles en 2020 ont souvent atteint 80–100 % de la norme 1981–2010. Au Sud des Alpes et en Engadine, les valeurs ont généralement atteint l'équivalent de 90–110 % de la norme. Quelques sites isolés ont mesuré des sommes annuelles légèrement supérieures à 110 % de la norme.

En 2020, l'ensoleillement annuel a souvent atteint 110–130 % de la norme 1981–2010. En Valais et en Engadine, l'ensoleillement s'est situé entre 100 et 110 % de la norme. Bâle a enregistré l'année la plus ensoleillée depuis le début des mesures avec 2057 heures d'ensoleillement. A Berne, avec 2155 heures d'ensoleillement et à Zurich avec 2056 heures, il s'agit de la troisième année la plus ensoleillée depuis le début des mesures. Pour les trois sites, les données homogénéisées d'ensoleillement sont disponibles depuis les années 1880.

Station	Altitude	Température °C			Durée d'ensoleillement h			Précipitations mm		
	m	moyenne	norme	écart	somme	norme	%	somme	norme	%
Berne	553	10,3	8,8	1,5	2155	1683	128	1037	1059	98
Zurich	556	10,9	9,3	1,6	2056	1590	129	860	1134	76
Genève	420	12,2	10,5	1,7	2113	1768	120	794	1005	79
Bâle	316	12,1	10,5	1,6	2057	1590	129	676	842	80
Engelberg	1036	7,9	6,4	1,5	1517	1350	112	1557	1559	100
Sion	482	11,6	10,1	1,5	2279	2093	109	545	603	90
Lugano	273	13,7	12,4	1,3	2340	2067	113	1542	1559	99
Samedan	1709	3,0	2,0	1,0	1931	1733	111	734	713	103

norme moyenne climatologique 1981–2010
écart écart à la norme 1981–2010
% rapport à la norme 1981–2010 (norme = 100 %)

Tableau 1.1
Valeurs annuelles pour une sélection de stations MétéoSuisse en comparaison avec la norme 1981–2010.

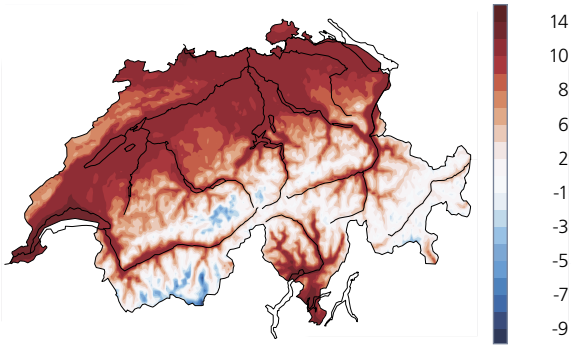
Température, précipitations et durée d'ensoleillement de l'année 2020

Figure 1.1

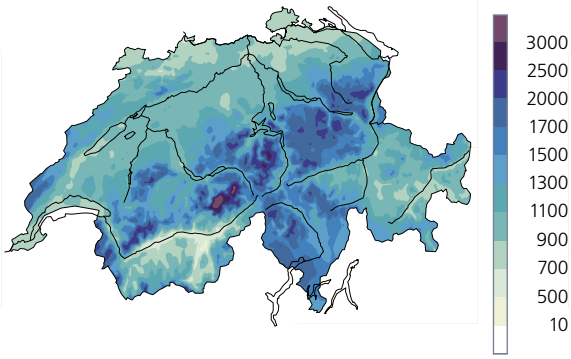
Répartition spatiale des températures, des précipitations et de la durée d'ensoleillement en 2020.
Les valeurs mesurées sont représentées à gauche et les rapports à la norme climatologique 1981–2010 à droite.

Valeurs mesurées en 2020

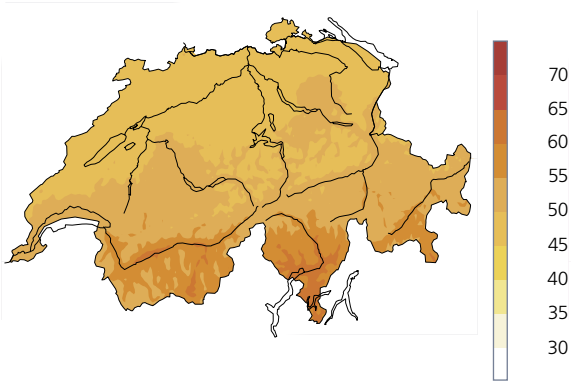
Températures moyennes annuelles en °C



Somme annuelle des précipitations en mm

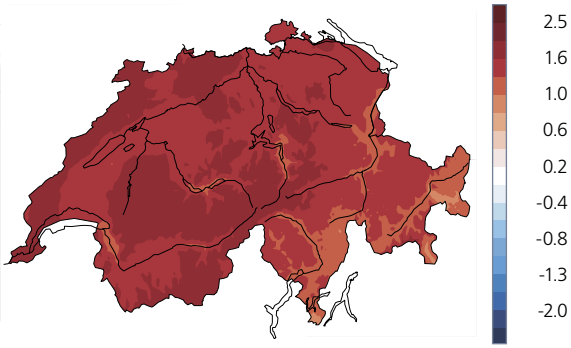


Rapport à l'ensoleillement annuel maximal en %

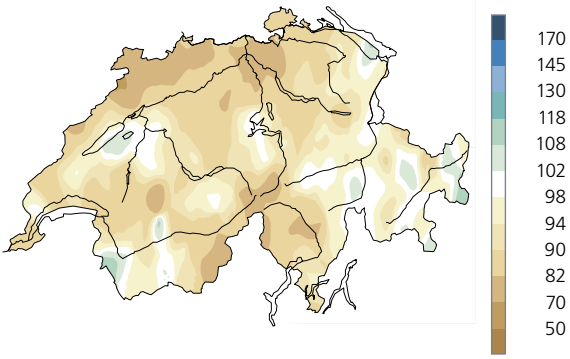


Ecart à la norme 1981–2010

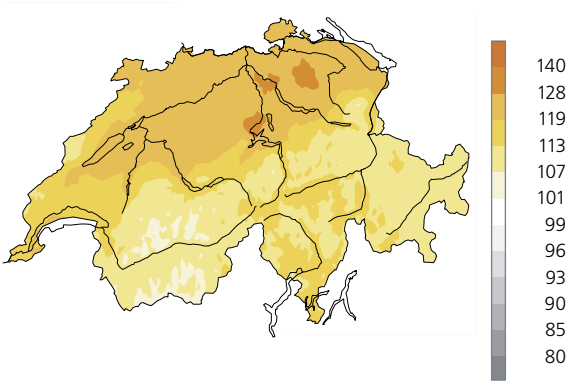
Ecart à la norme de la température moyenne en °C



Somme des précipitations en % de la norme



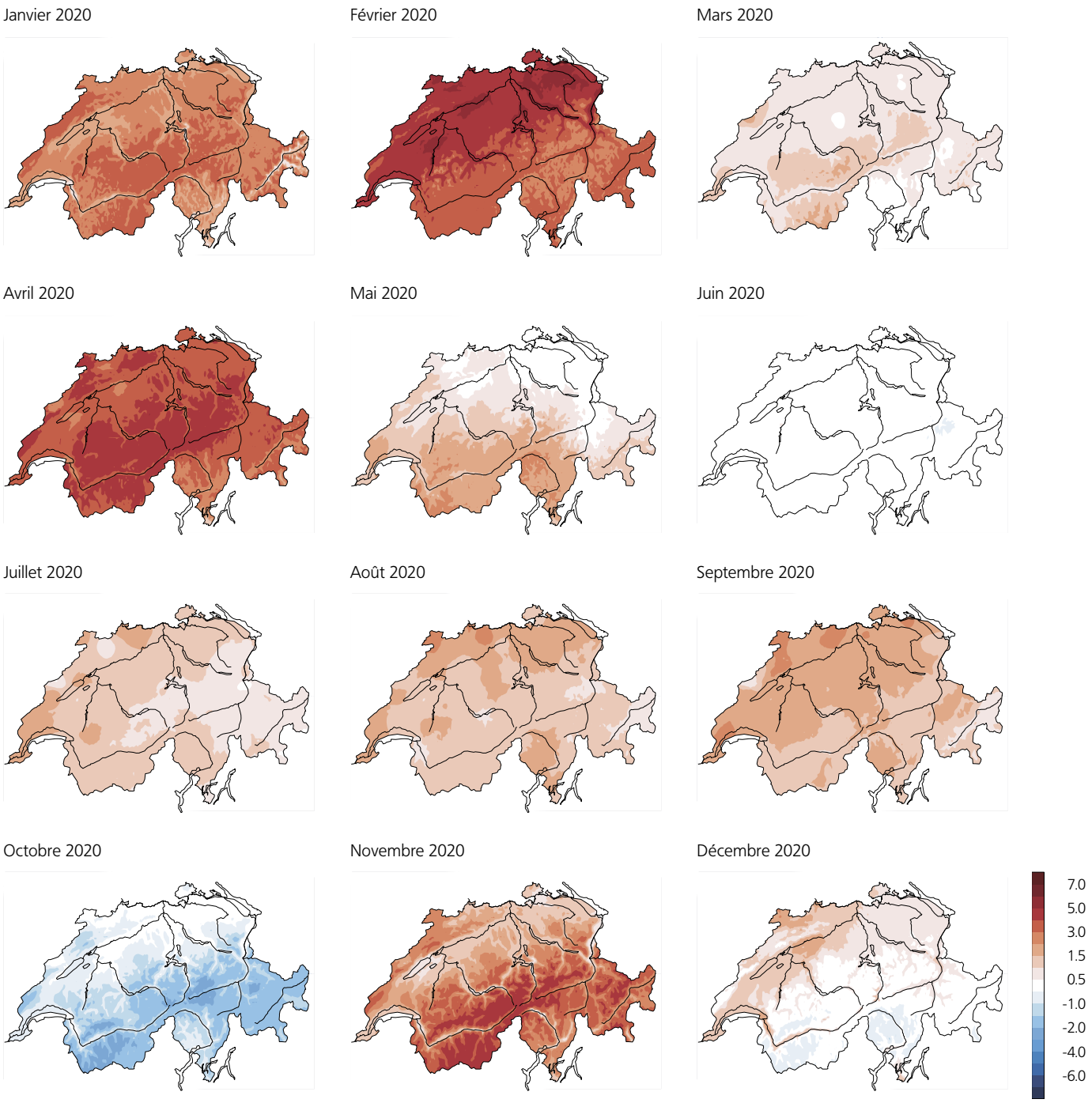
Durée d'ensoleillement en % de la norme



Température mensuelle 2020
écart à la norme 1981–2010

Figure 1.2

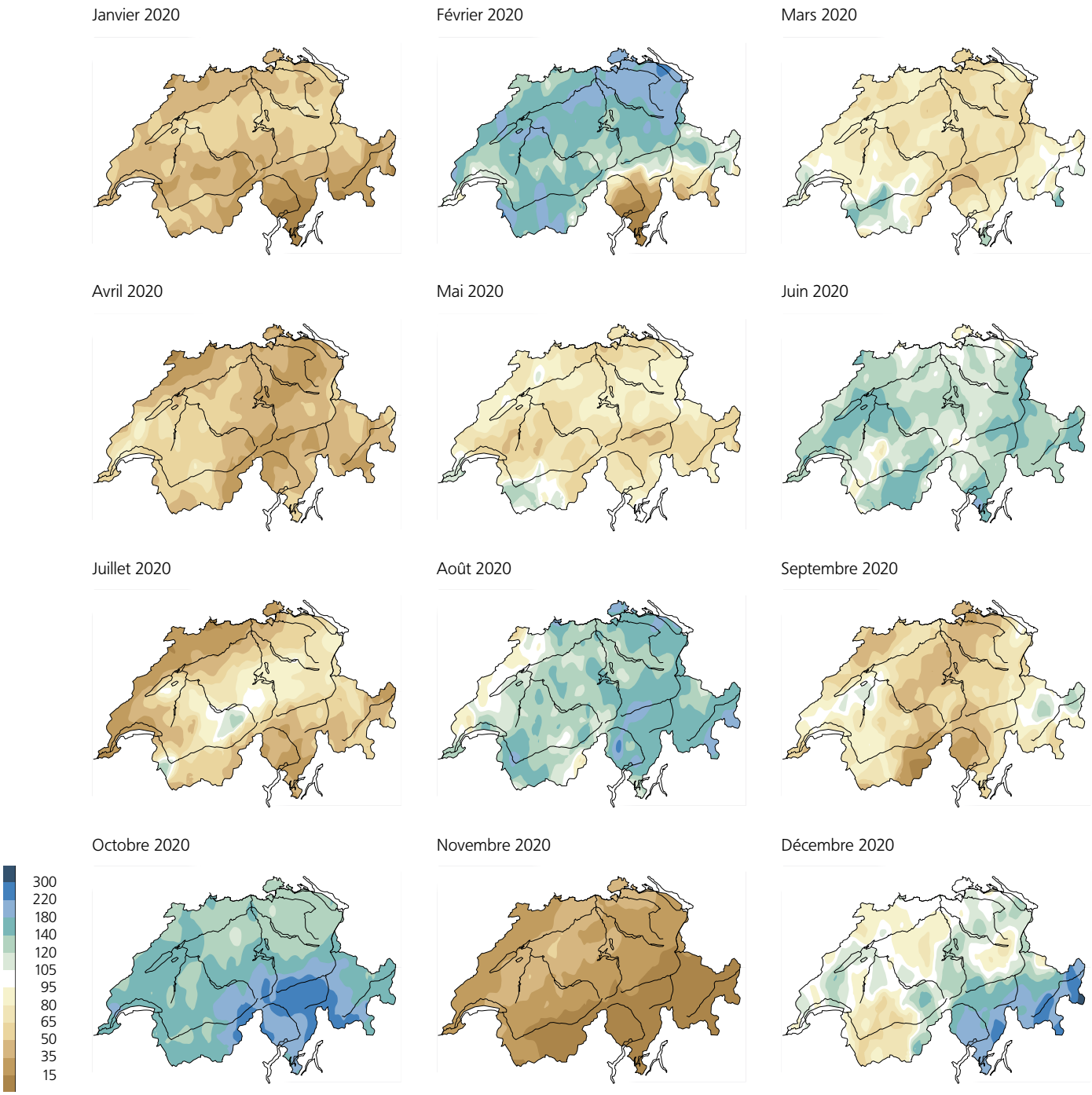
Répartition spatiale de la température mensuelle, écart à la norme 1981–2010, en °C.



Précipitations mensuelles 2020 en % de la norme 1981–2010

Figure 1.3

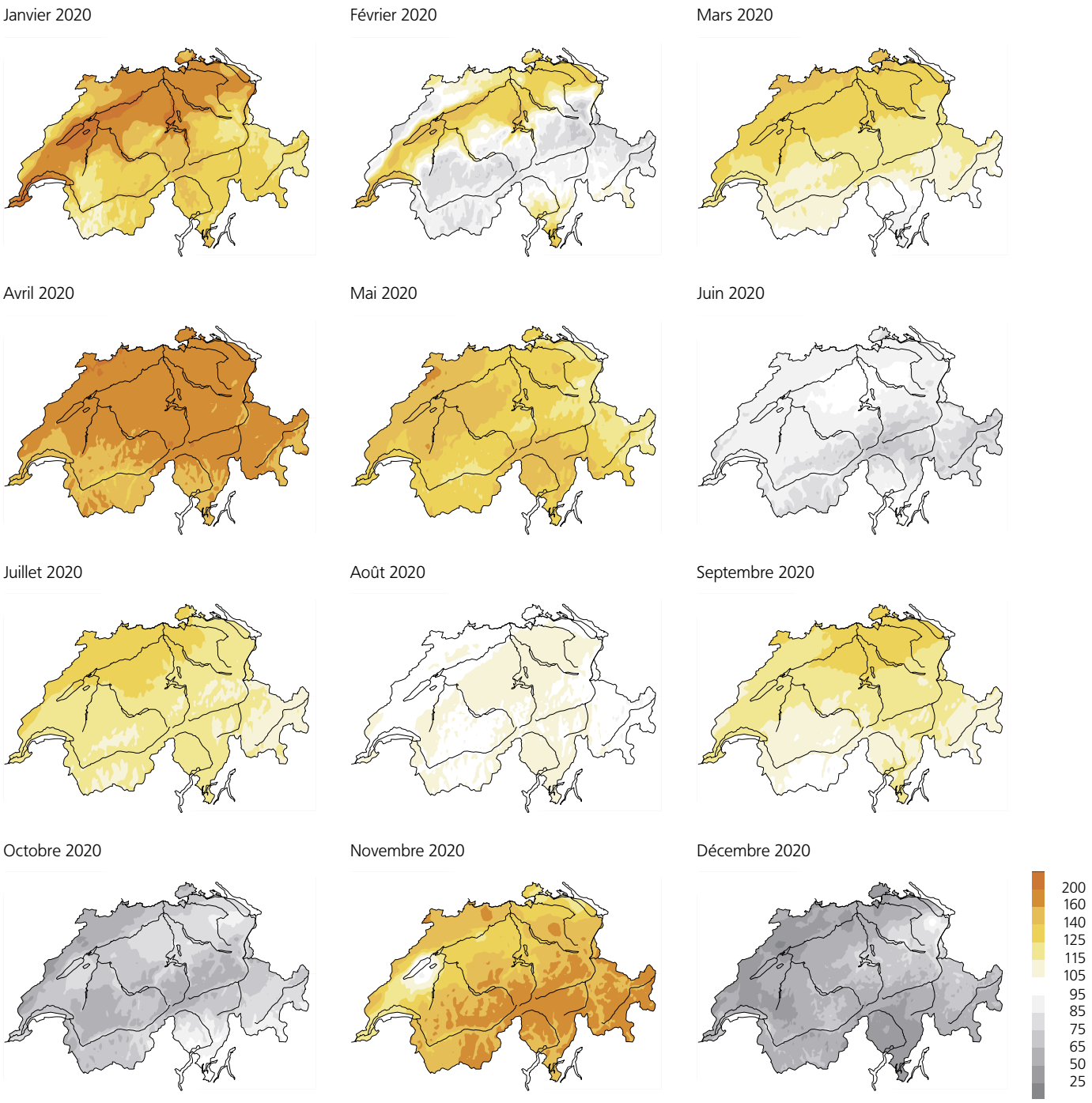
Répartition spatiale des précipitations mensuelles en % de la norme 1981–2010.



Durée mensuelle d'ensoleillement 2020 en % de la norme 1981–2010

Figure 1.4

Répartition spatiale de la durée mensuelle d'ensoleillement en % de la norme 1981–2010.



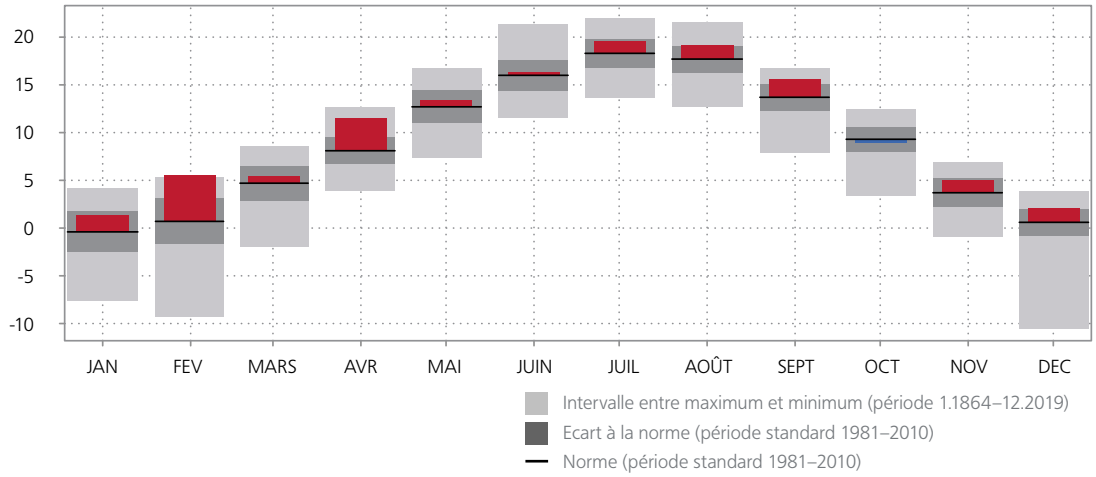
2| Diagrammes représentant l'évolution annuelle

Température, durée d'ensoleillement et précipitations à Berne-Zollikofen (553 m) 1.1.–31.12.2020

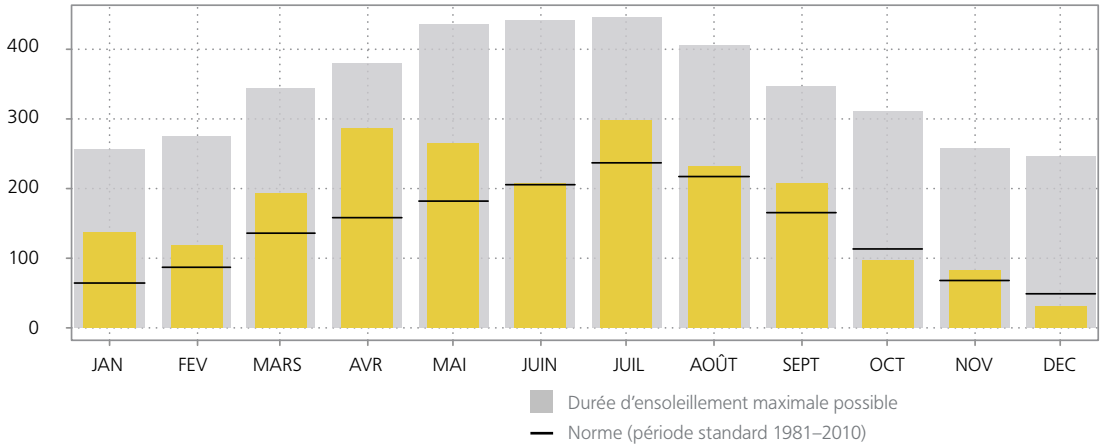
Figure 2.1

Evolution annuelle de la température mensuelle, de la durée mensuelle d'ensoleillement et des sommes mensuelles de précipitations à la station de mesure de Berne-Zollikofen.

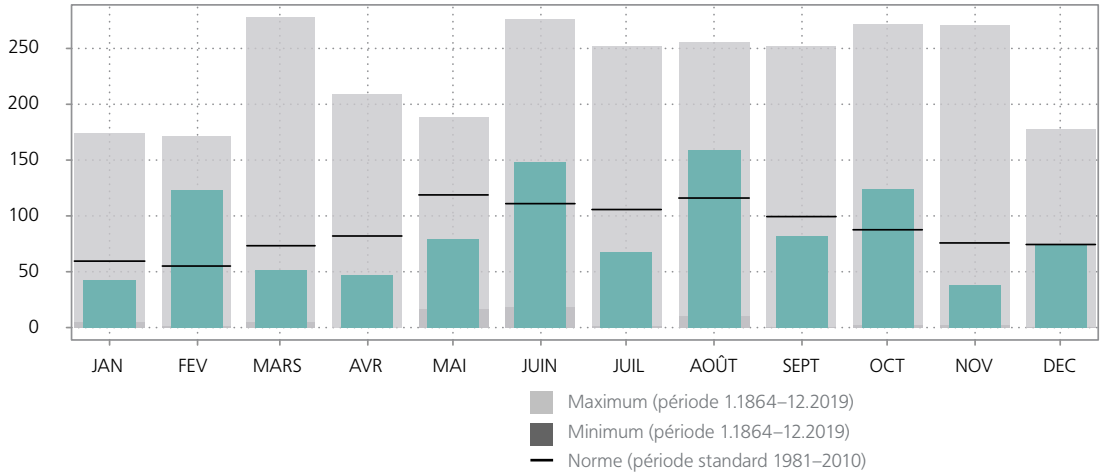
Moyenne mensuelle de la température de l'air en °C Moyenne: 10,3; norme: 8,8



Durée mensuelle d'ensoleillement en h Somme: 2154,6; norme: 1683,2

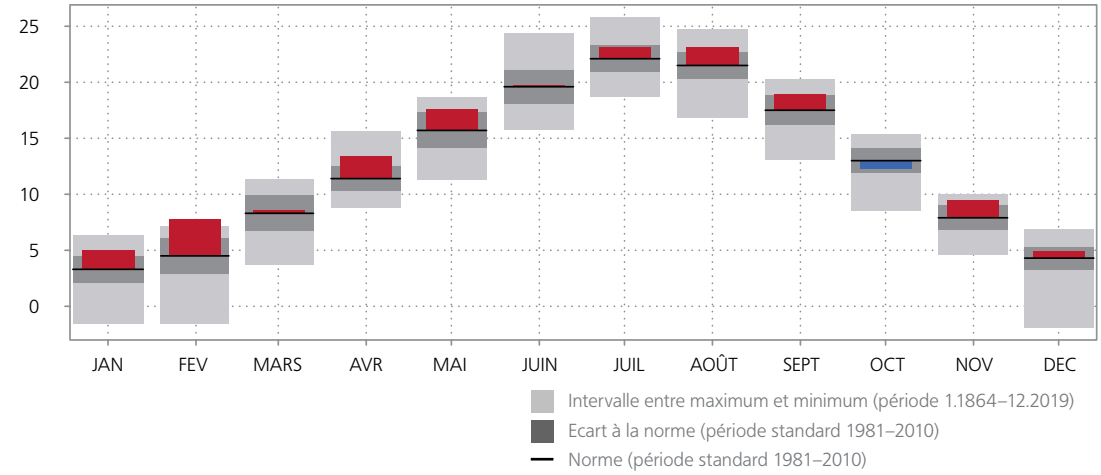


Somme mensuelle des précipitations en mm Somme: 1037,3; norme: 1058,6

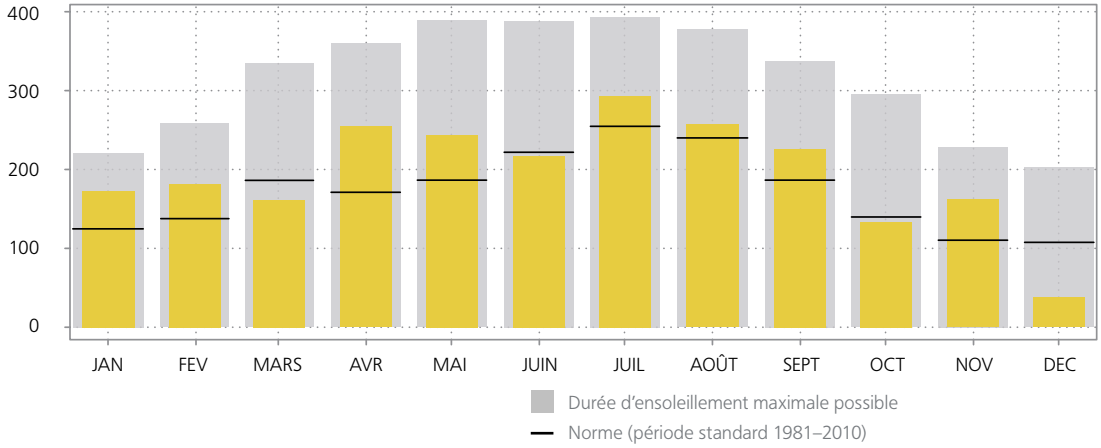


Température, durée d'ensoleillement et précipitations à Lugano (273 m) 1.1.–31.12.2020

Moyenne mensuelle de la température de l'air en °C Moyenne: 13,7; norme: 12,4



Durée d'ensoleillement en h Somme: 2339,8; norme: 2067,1



Somme mensuelle des précipitations en mm Somme: 1542,0; norme: 1559,0

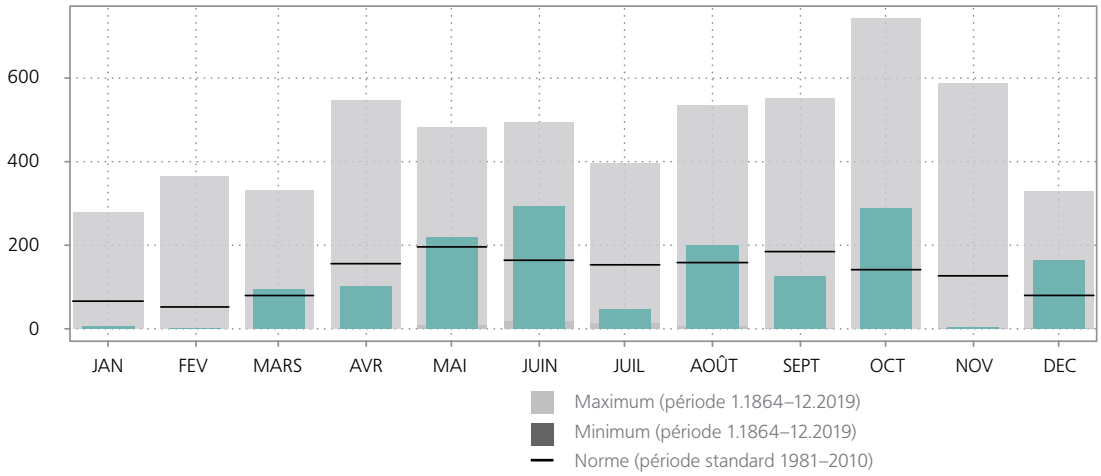


Figure 2.2
Evolution annuelle de la température mensuelle, de la durée mensuelle d'ensoleillement et des sommes mensuelles de précipitations à la station de mesure de Lugano.

Les diagrammes d'évolution annuelle pour toutes les stations du réseau suisse de mesures climatiques [2] figurent:
meteosuisse.admin.ch/home/climat/climat-de-la-suisse/evolution-annuelle-temperature-ensoleillement-precipitations.html

Evolution annuelle du rayonnement global

Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus sur une surface de réception horizontale. Le rayonnement global revêt une importance particulière pour la production d'énergie.

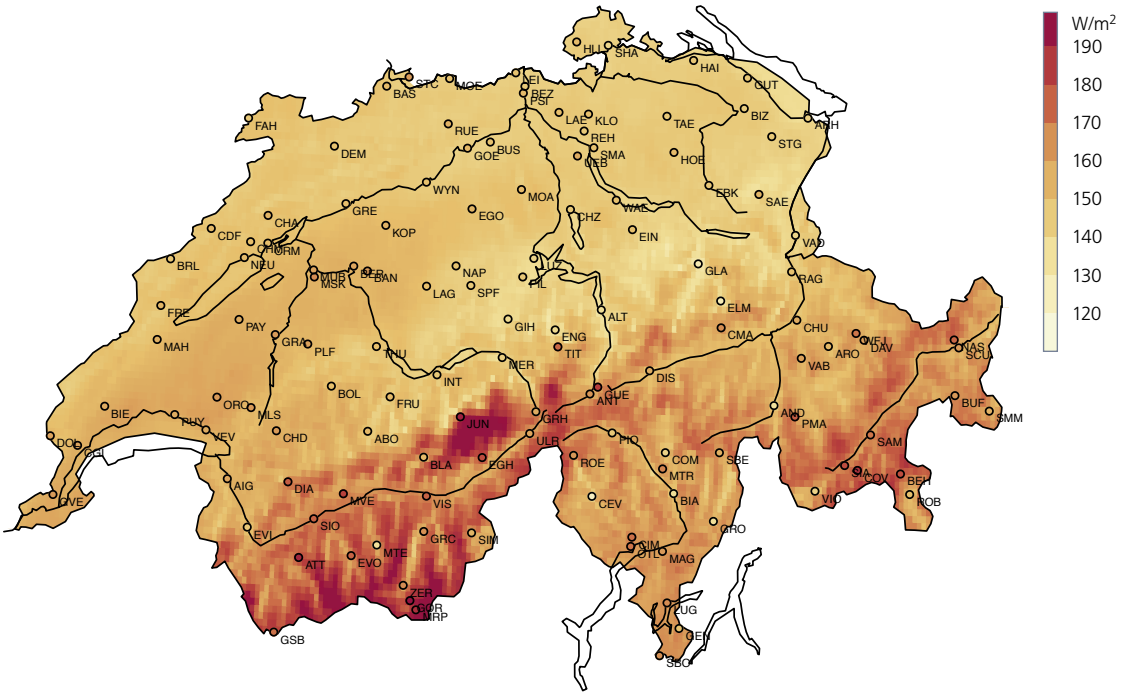
Le rayonnement global moyen annuel a atteint 170–190 W/m^2 dans les Alpes en 2020 (Figure 2.3). Le Plateau suisse reçoit moins de rayonnement global, à savoir 150–165 W/m^2, en raison des brouillards hivernaux et d'une plus grande opacité de l'atmosphère.

En 2020 également, les régions de montagne se sont distinguées des régions de plaine: alors que la station de Zurich-Kloten a enregistré 156 W/m^2, celle du Jungfraujoch a reçu 187 W/m^2. Toutefois, les différences ont été moins prononcées en 2020 qu'au cours des années précédentes. Le Tessin, souvent qualifié de région ensoleillée de la Suisse, a presque atteint les valeurs des Alpes également en 2020: 165 W/m^2 ont été enregistrés à Lugano. Sur le Plateau, la station de Payerne a presque atteint le rayonnement solaire du Tessin avec une valeur remarquable de 158 W/m^2.

Figure 2.3

Moyenne annuelle du rayonnement global (W/m^2) pour 2020, à partir de données satellites. Les cercles donnent les mesures correspondant aux données des stations.

Le rayonnement solaire est un paramètre très local. Etant donné que les satellites mesurent sur une grille de 2 x 2 km et que les stations au sol mesurent en un point, il existe des différences dues à l'ombrage local, aux bancs de brouillard locaux et aux altitudes différentes.



En comparaison avec la moyenne des 17 dernières années, les valeurs du rayonnement global pour 2020 ont été en moyenne environ 3 % plus élevées dans toute la Suisse. De très grandes différences spatiales ont été constatées cette année. Alors que des valeurs maximales allant jusqu'à 10 W/m^2 au-dessus de la norme ont été mesurées sur le Plateau oriental, les valeurs sur le Plateau occidental n'ont été que 2 W/m^2 au-dessus de la norme par endroits. Sur la crête principale des Alpes occidentale, il a été enregistré jusqu'à 9 W/m^2 de rayonnement en moins. Dans les Grisons, des valeurs moyennes de rayonnement ont été mesurées en 2020, tandis qu'au Tessin, la norme a été nettement dépassée avec 5 W/m^2.

Sous nos latitudes, le rayonnement global est déterminé par un cycle saisonnier marqué qui suit l'écliptique (Figure 2.4). Les moyennes journalières du rayonnement solaire varient toutefois fortement selon la couverture nuageuse journalière.

L'année 2020 a connu d'importantes fluctuations du rayonnement global. Un mois de janvier ensoleillé dans tout le pays a été suivi d'un mois de février plutôt sombre, surtout en altitude. Le soleil a dominé de la mi-mars à la fin avril. En avril, des valeurs record ont été mesurées sur l'ensemble du Plateau suisse et au Tessin. Les valeurs de rayonnement en avril ont été supérieures de 50 W/m^2 à la norme sur le Plateau. Il y a également eu de nombreuses journées très ensoleillées en mai. Le début et le milieu du mois de juin ont été extrêmement sombres dans tout le pays. Un mois de juillet plutôt ensoleillé a été suivi d'un mois d'août dans la moyenne. Une brève période ensoleillée au début du mois de septembre a été suivie de nombreux jours gris jusqu'à la fin octobre. Le mois de novembre, à nouveau très ensoleillé, a été suivi d'une fin d'année très sombre.

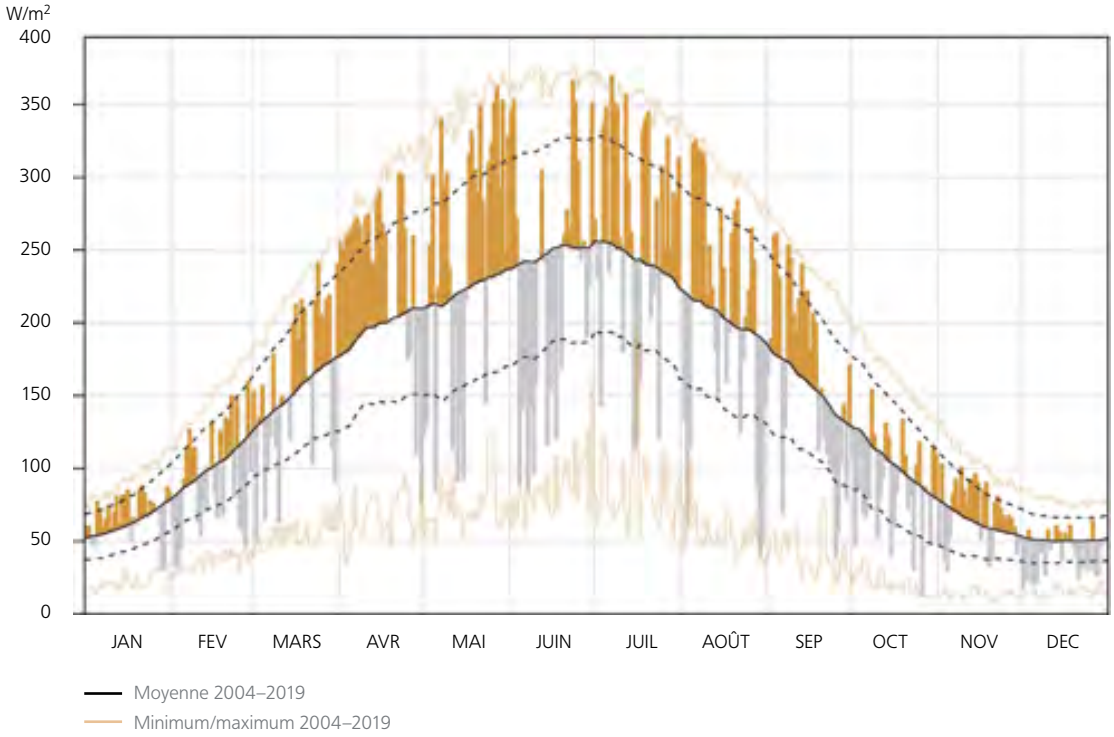


Figure 2.4
Moyenne journalière du rayonnement global pour toute la Suisse pour 2020. Les barres orange indiquent un rayonnement supérieur à la moyenne et les barres grises des valeurs inférieures à la moyenne par rapport à la période 2004–2019.

Limite du zéro degré en atmosphère libre

L'évolution de la limite du zéro degré, est déterminée à partir des mesures des ballons-sondes lâchés quotidiennement à Payerne (à 11 et 23 UTC). La précision du calcul de l'altitude du zéro degré varie selon les différentes conditions thermodynamiques de l'atmosphère. Dans des situations d'inversion avec plusieurs valeurs de limite de zéro degré le long du même profil, l'altitude la plus élevée est retenue. Lorsque, au moment du radiosondage, la température mesurée est en dessous du zéro degré déjà au niveau du sol, une limite théorique du zéro degré est calculée par extrapolation de la température au sol en y ajoutant 0,5 °C par 100 mètres d'altitude de moins. Pendant les jours de gel (ou de glace quand la température ne dépasse jamais le zéro degré), l'application de cette formule peut résulter en une limite du zéro degré au-dessous du niveau de la mer.

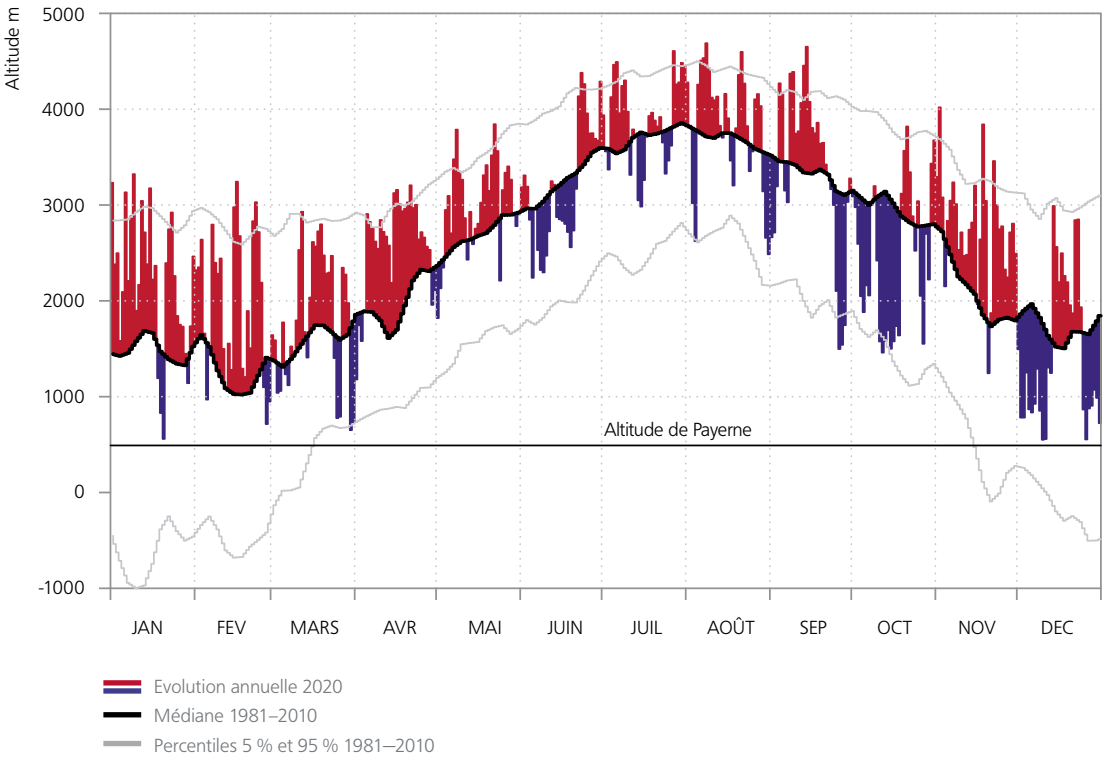
La Figure 2.5 montre l'évolution annuelle des altitudes journalières du zéro degré pendant l'année 2020. Les valeurs sont représentées autant en valeur absolue (mètres au-dessus du niveau de la mer) que par rapport aux valeurs de référence journalières calculées sur la période de référence 1981–2010 (courbe noire). Les zones en bleu et en rouge dans le graphique montrent les anomalies par rapport à la référence. Les anomalies négatives (en bleu) se situent pour le 35 % du temps en dessous de la valeur médiane de référence. Le pourcentage d'anomalies négatives pendant l'année 2020 est de 10 % plus bas que pendant l'année précédente (45 % en 2019). Le pourcentage des anomalies positives (en rouge) durant l'année 2020 a augmenté par rapport à l'année 2019 en passant de 55–65 %. La médiane annuelle de l'altitude du zéro degré en 2020 est égale à 2770 m, soit 250 m plus haut que la médiane annuelle de référence et 70 m plus haut que la médiane de 2019. Les événements extrêmes mesurés en 2020 sont caractérisés par des altitudes légèrement différentes par rapport à 2019 (légèrement plus bas pour le maximum, nettement plus haut pour le minimum). La valeur maximale de la série annuelle a été mesurée le 8 août par une valeur de 4688 m, soit 163 m plus bas qu'en 2019. Le 10 décembre, l'altitude mesurée de 550,5 m, représente le minimum de la série annuelle, soit 560 m plus haut qu'en 2019. Au contraire des années précédentes, en 2020, aucune valeur journalière n'a été mesurée en dessous du niveau du sol, ce qui suggère une tendance à la diminution en Suisse du nombre de jours avec les deux observations (à 11 et 23 UTC) de l'altitude du zéro degré en dessous du niveau du sol. De façon générale, la médiane annuelle en 2020 s'aligne parfaitement le long de la tendance positive des valeurs annuelles depuis la moitié des années 1980 (voir chapitre 5.1.2).

Une indication en accord avec le changement climatique en cours est le pourcentage très important (18,5 %) de jours où les écarts de la limite de zéro degré par rapport à la référence dépassent le seuil du 95ème centile en 2020 (barres rouges dépassant la courbe grise supérieure). Le pourcentage d'anomalies négatives en dessous du 5ème centile a été comparativement faible, à 4,3 %.

Figure 2.5

Altitude de la limite du zéro degré en atmosphère libre au-dessus de Payerne en 2020 mesurée par le radiosondage aérologique de 23 UTC et 11 UTC. La valeur médiane (période de référence 1981–2010) a été calculée avec des données homogénéisées et lissées avec un filtre numérique (ligne noire). Les lignes grises en dessus et en dessous de la valeur de référence montrent les percentiles 5 % et 95 % de la distribution de données.

Médiane 2020: 2770 m; **1981–2010:** 2520 m



Altitude de la tropopause

La tropopause sépare la troposphère, couche dans laquelle la majorité des phénomènes météorologiques évoluent, de la stratosphère très sèche et très stable d'un point de vue thermodynamique. Elle se caractérise toujours par un changement notable du profil de température et correspond souvent à la température la plus basse de ces deux couches. Son altitude est établie grâce aux mesures des ballons-sondes lâchés deux fois par jour à Payerne. L'altitude de la tropopause est déterminée à l'aide d'un algorithme automatique, conformément à la définition de l'OMM.

La série temporelle en Figure 2.6 , montre l'évolution annuelle des valeurs médianes journalières de la hauteur de la tropopause pendant l'année 2020. Les altitudes de la tropopause sont représentées autant en valeur absolue (mètres au-dessus du niveau de la mer) que par rapport aux valeurs médianes journalières calculées sur la période de référence 1981–2010 (courbe noire). Les zones en bleu et en rouge dans le graphique montrent les anomalies par rapport à la valeur de référence. L'arrivée d'une masse d'air polaire (ou arctique) dans l'atmosphère au-dessus de la Suisse a comme conséquence un abaissement de la hauteur de la tropopause, qui selon les différents cas peut atteindre une valeur plus basse que la référence. Pendant l'année 2020, la hauteur de la tropopause a été plus basse que la valeur de référence dans 43 % du temps. Par exemple, la période entre mi-septembre et mi-octobre 2020 montre la plus longue série ininterrompue d'anomalies négatives. Au contraire, lors de l'arrivée d'une masse d'air chaud d'origine tropicale (maritime ou continentale), la hauteur de la tropopause augmente par rapport aux valeurs caractéristiques de l'atmosphère au-dessus de la Suisse. Les altitudes de la tropopause peuvent donc être anormalement élevées (valeurs en rouge), comme cela a été le cas dans 57 % du temps en 2020.

La tendance à l'augmentation du pourcentage des anomalies positives et à la diminution du pourcentage des anomalies négatives se confirme aussi en 2020. Ces tendances sont un signe du changement climatique en cours. De la même manière, le pourcentage des anomalies qui dépassent les seuils de 5ème et 95ème centiles (courbe grise) soulignent la tendance à l'augmentation des événements extrêmes chauds. Le 13 % des anomalies positives dépasse le 95ème centile tandis que seulement le 7 % des anomalies négatives reste en dessous du 5ème centile.

La médiane de l'année 2020 (11'500 m) se situe 180 m au-dessus la médiane annuelle de référence (11'320 m). Les valeurs extrêmes de l'années 2020 ont été enregistrées le 8 août (maximum) avec une tropopause à 15'290 m et le 6 mars (minimum) avec une tropopause à 7460 m.

Médiane 2020: 11'500 m; **1981–2010:** 11'320 m

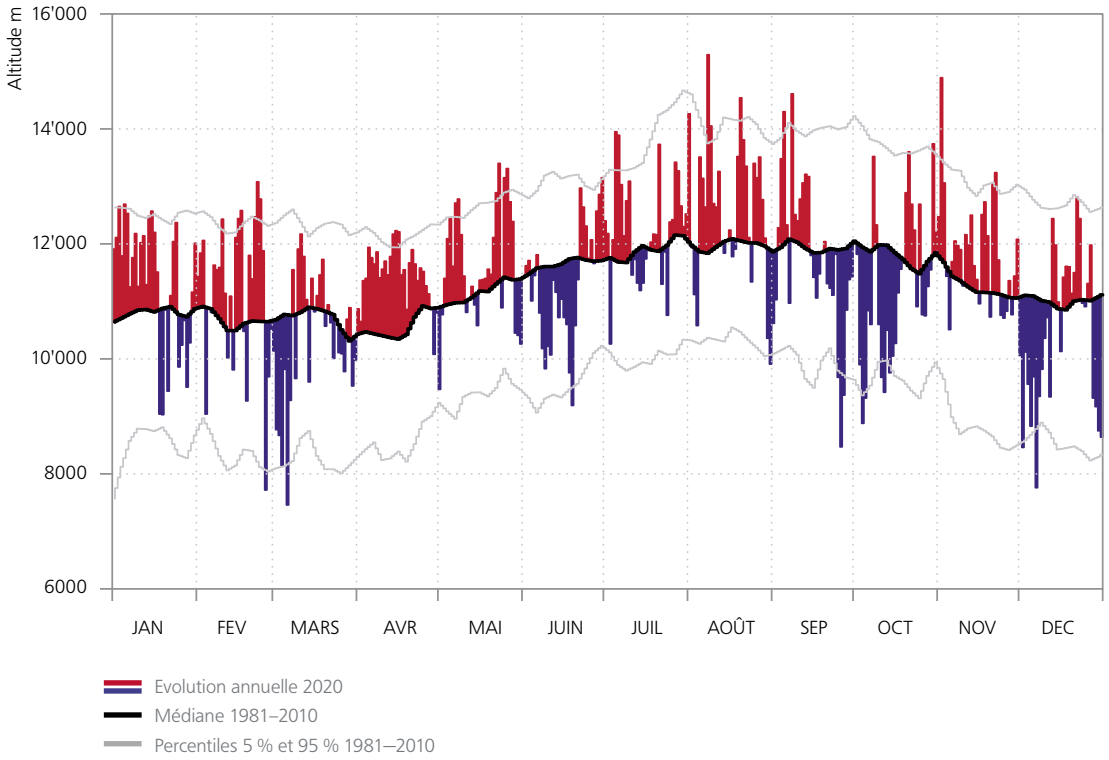


Figure 2.6
Altitude de la tropopause au-dessus de Payerne en 2020 mesurée par le radiosondage aérologique de 23 UTC et 11 UTC. La valeur médiane (période de référence 1981–2010) a été calculée avec des données homogénéisées et lissées avec un filtre numérique (ligne noire). Les lignes grises en dessus et en dessous de la valeur de référence montrent les percentiles 5 % et 95 % de la distribution de données.

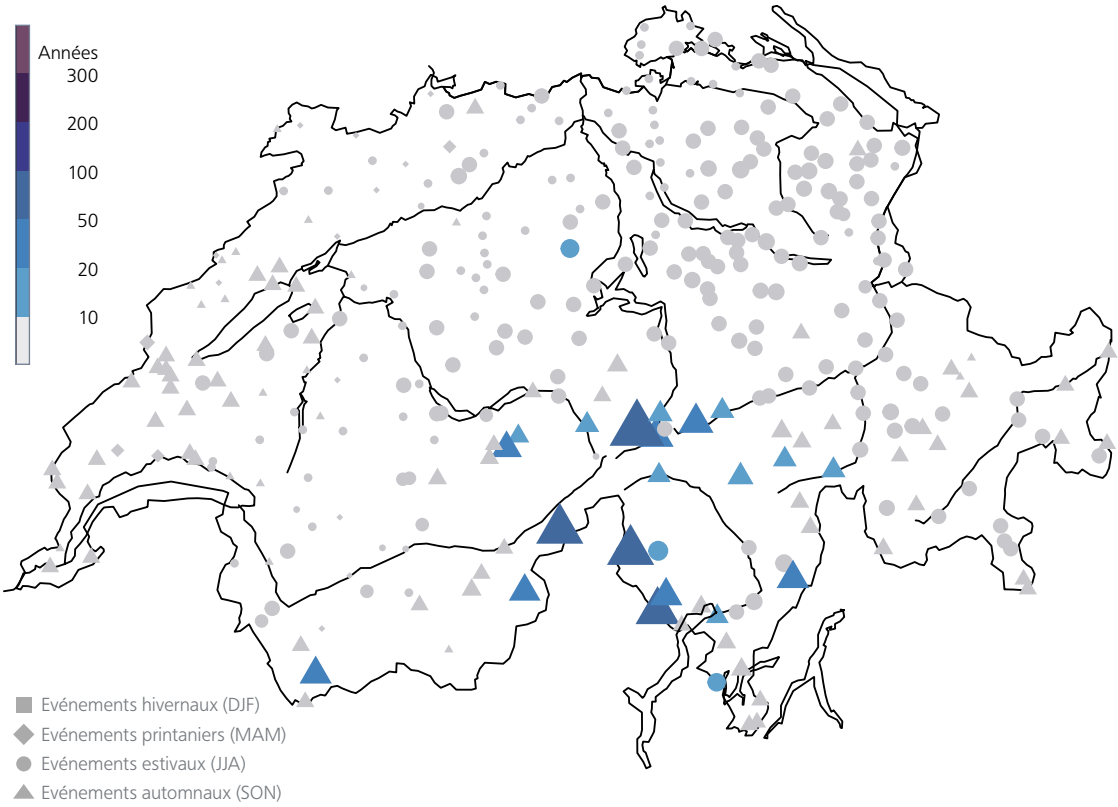
Fortes précipitations exceptionnelles

Pour déterminer si un événement météorologique exceptionnel est survenu, des analyses de fréquence (ou analyses de valeurs extrêmes) sont effectuées. Ces analyses donnent des indications sur la fréquence avec laquelle l'événement observé pourrait se produire en moyenne sur une très longue période, par exemple tous les dix ans ou tous les 20 ans. Cette fréquence est appelée période de retour.

Avec cette méthode (Generalized Extreme Value Analysis GEV, avec une période de base 1966–2015), la plus grande quantité de précipitations enregistrée sur une journée a été évaluée pour chaque site de mesures des précipitations. L'événement le plus extrême en 2020 a eu lieu le 2 octobre (voir chapitre 3.4). Ce jour-là, la dépression tempétueuse Alex (Brigitte en Suisse alémanique) a provoqué une situation prononcée de barrage du sud qui s'est étendue jusqu'au Haut-Valais, à l'Haslital et au Centre des Grisons. En conséquence, les plus fortes précipitations sur un jour se sont également produites dans ces zones. La station avec la période de retour la plus élevée en 2020 a été celle de Göscheneralp (environ 80 ans; 182,0 mm/jour). Les cumuls de précipitations journalières les plus élevés ont été enregistrés à Càmedo (421,0 mm; période de retour d'environ 60 ans) et Mosogno (372,5 mm; environ 35 ans), ainsi qu'à Bosco-Gurin (282,6 mm) et Binn (258,7 mm). Sur ces deux derniers sites de mesures, de telles quantités de précipitations en 24 heures sont dépassées environ tous les 65 ans.

S'agissant d'orages au Nord des Alpes, 81,6 mm ont été mesurés à Sempach en l'espace d'une journée, le 3 août 2020. Il s'agit d'un événement avec une période de retour de l'ordre de 15 ans pour cet endroit.

Figure 2.7
Périodes de retour des plus importantes sommes de précipitations en un jour en 2020 (6–6 h).



La taille des points et leur couleur indiquent la longueur de la période de retour en années. La couleur grise représente des périodes de retour de dix ans ou moins.

Cycle annuel du rayonnement UV erythémal

La partie UV-B du spectre solaire est d'une grande importance car ce rayonnement a une influence significative sur les êtres vivants et se révèle dans certains cas un problème de santé publique (cancer de la peau, dommages à la cornée, etc.) alors que dans d'autre cas il peut être bénéfique (production de vitamine D). Les mesures UV sont faites avec des biomètres UV érythémal. Ces instruments mesurent l'intensité du rayonnement UV avec un filtre érythémal dont la réponse reproduit la sensibilité de la peau, principalement aux UV-B avec une petite contribution des UV-A. Ces mesures sont faites par MétéoSuisse à Davos depuis mai 1995, au Jungfraujoch depuis novembre 1996, à Payerne depuis novembre 1997 et à Locarno-Monti depuis mai 2001.

La comparaison des moyennes glissantes mensuelles avec les cycles annuels moyens montre qu'en 2020 le rayonnement UV a souvent été supérieur à la norme, en particulier durant les mois d'avril, mai et de juillet à mi-septembre à toutes les stations où le rayonnement UV est mesuré, même si des différences existent entre les stations. Deux facteurs permettent d'expliquer cela : d'abord l'année 2020 a été généralement très ensoleillée. Le bulletin climatologique de printemps mentionne un printemps très ensoleillé dans de nombreuses régions avec régionalement des valeurs proches des records d'ensoleillement, celui d'été un ensoleillement estival normal à légèrement supérieur à la moyenne, tandis que celui d'automne souligne un temps généralement très doux et particulièrement ensoleillé dans certaines régions. De plus, la couche d'ozone a été plutôt plus mince que d'habitude au-dessus de la Suisse comparée aux années 2000–2019 (le calcul de la norme pour les UV se fait depuis le début des mesures à la fin des années 1990–2019). En particulier, les valeurs de la colonne d'ozone pour avril se trouvaient dans les 10 % les plus basses en comparant à la période 2000–2019, tandis que les valeurs pour mai, juillet, août et septembre se trouvaient aussi au-dessous de la moyenne, mais moins sévèrement qu'en avril. L'ozone absorbant le rayonnement UV, la combinaison d'un temps ensoleillé et d'une couche d'ozone relativement mince se conjuguent pour aboutir à un rayonnement UV plus fort que d'habitude. Durant les mois de février, novembre et décembre, des valeurs plus faibles que la moyenne de la colonne d'ozone ont aussi été mesurées. Mais durant les mois d'hiver (novembre à février), le soleil étant très bas sur l'horizon, le rayonnement solaire traverse la couche d'ozone en diagonale ce qui prolonge le chemin du rayonnement dans la couche d'ozone et accroît fortement l'absorption des UV. C'est la raison pour laquelle le rayonnement UV est toujours très réduit durant ces mois et les différences entre la moyenne et les valeurs du rayonnement UV en 2020 y sont moins évidentes.

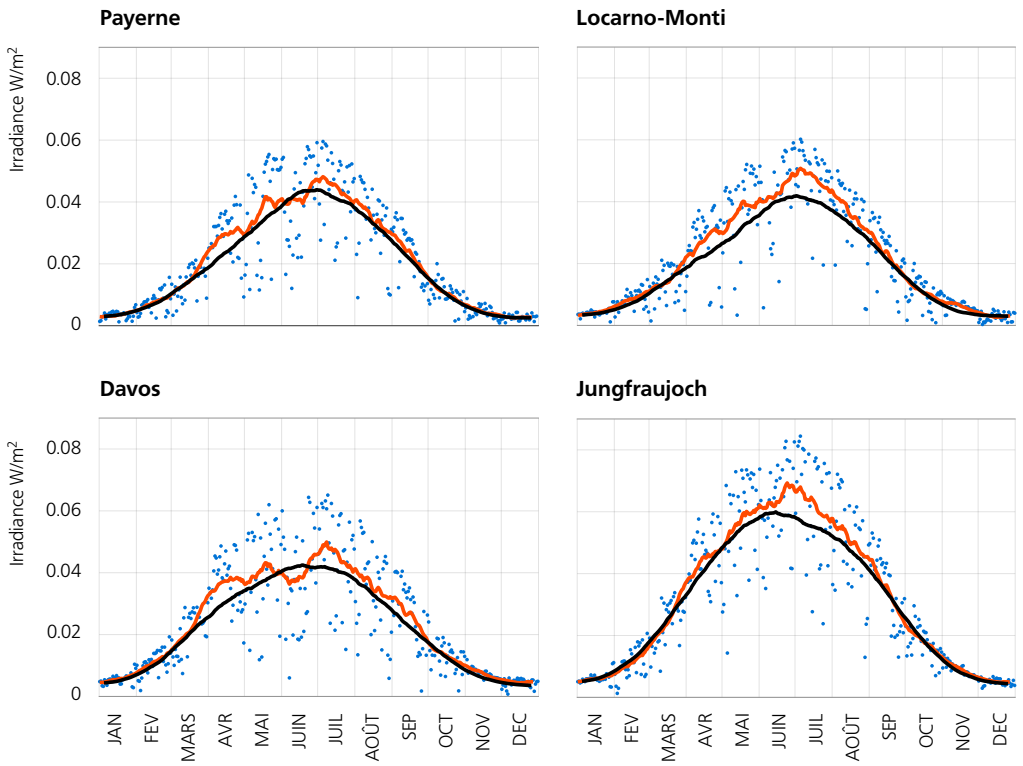


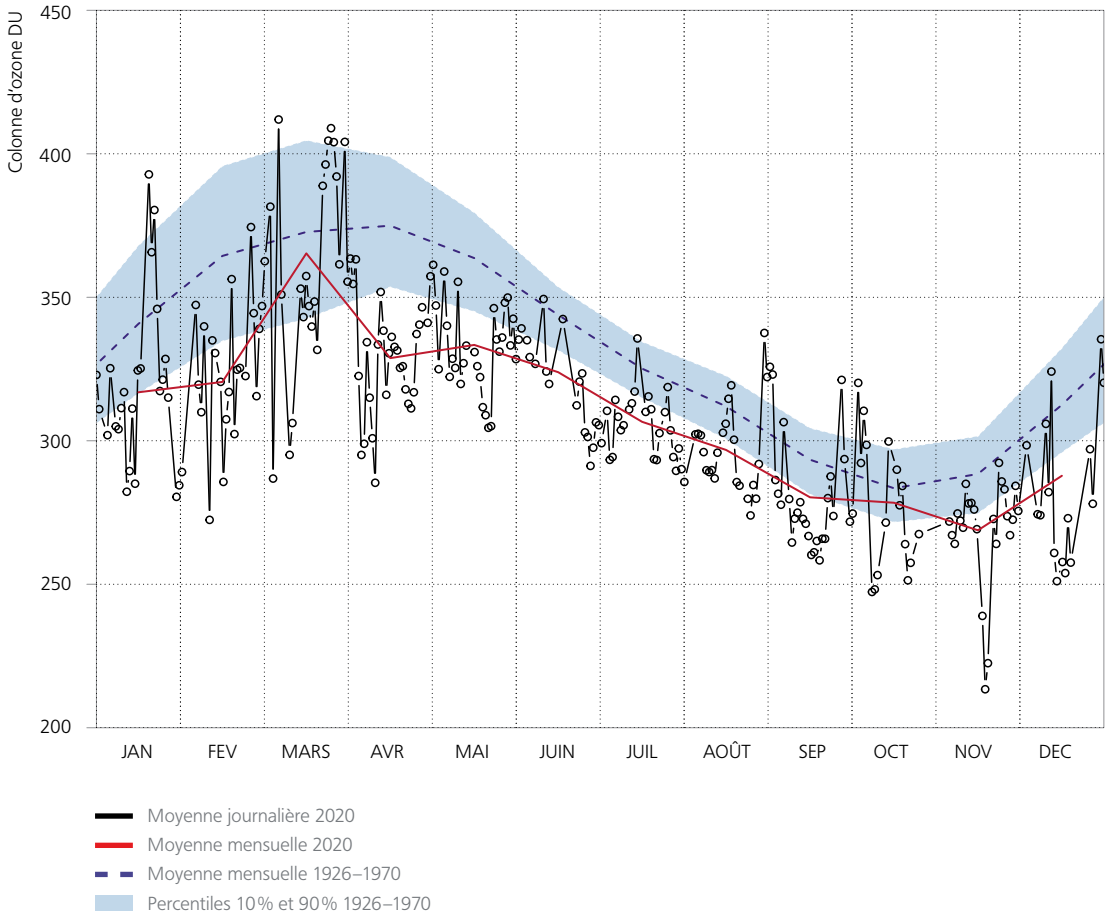
Figure 2.8
Moyennes journalières 2020 de l'irradiance UV érythémale à Payerne, Locarno-Monti Davos et au Jungfraujoch, moyennes glissantes mensuelles (31 jours) correspondantes et cycles annuels moyens établis sur les années 1995–2019 (Davos), 1997–2019 (Jungfraujoch), 1998–2019 (Payerne) et 2001–2019 (Locarno-Monti).

Série de mesures de l'ozone d'Arosa et Davos

L'évolution annuelle de la colonne totale d'ozone sur Arosa (Figure 2.9) montre la fluctuation annuelle typique, avec les valeurs élevées en hiver et au printemps et les valeurs plus basses en automne. L'évolution annuelle de la colonne totale d'ozone est dominée par le transport d'ozone à partir des régions du Pôle Nord, où l'on atteint le niveau maximum d'ozone à la fin de la nuit polaire, donc au début du printemps.

La période de référence 1926–1970 correspond à l'état de la couche d'ozone avant la perturbation d'origine anthropique. La baisse continue de l'ozone total mesurée depuis Arosa a débuté vers 1970, époque à laquelle les émissions de substances responsable de la destruction de la couche d'ozone ont fortement augmenté. A partir des années 2000, on observe une stabilisation de la colonne d'ozone en dessus de la Suisse. En 2020, les moyennes mensuelles d'ozone ont été significativement inférieures à celles de la période de référence pour toute l'année. Mars fait exception grâce à une fin de mois qui a présenté des valeurs de l'ordre de 400 DU. De larges variations des moyennes journalières de la colonne d'ozone sont observées sur la seconde partie de l'année. La plus petite moyenne journalière de l'année de 213,4 DU a été mesurée le 18 novembre 2020.

Figure 2.9
Evolution annuelle de la colonne totale d'ozone mesurée à Arosa en 2020. Courbe noire: moyennes journalières. Courbe rouge: moyennes mensuelles. La courbe bleue montre le cycle annuel moyen au cours de la période 1926–1970, avant que ne survienne le problème de la destruction de la couche d'ozone. Le 80 % des variations autour de la courbe moyenne à long terme (1926–1970) se situent dans la bande bleue.



Les profils d'ozone sont mesurés par un spectrophotomètre Dobson depuis 1956 à Arosa, puis dès octobre 2018 à Davos, ce qui constitue la plus longue série temporelle au monde. La variation annuelle d'ozone en DU pour 2020 est représentée en couleur sur le graphique suivant (Figure 2.10) et les valeurs moyennes des années 1970 à 1980 sont représentées en noir (courbes de niveaux pour 20, 40, 60 et 80 DU). Ceci permet de visualiser en fonction de l'altitude les différences des valeurs d'ozone de l'année en cours par rapport aux valeurs climatologiques

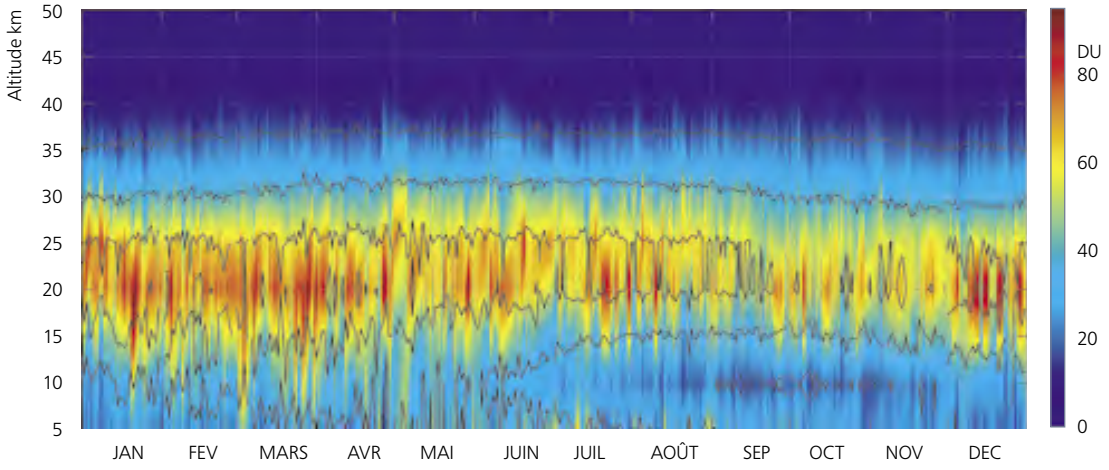


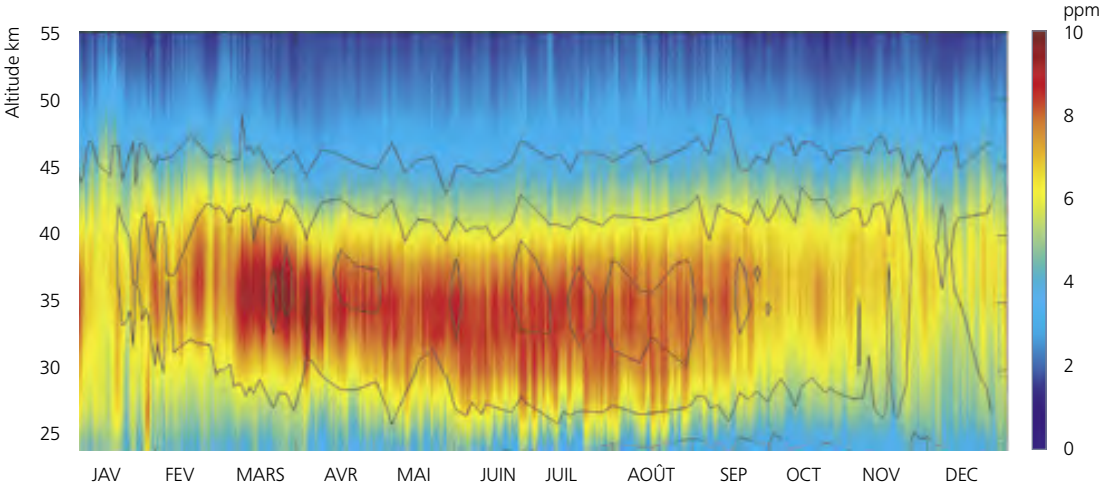
Figure 2.10

Les profils d'ozone mesurés par un spectrophotomètre Dobson à Davos en 2020. Le graphique montre la concentration d'ozone en Dobson Units (DU) (échelle de droite entre 0 et 90 DU). 100 DU = 1 mm d'ozone pur à 1013 hPa et 0 °C.

Mesures de l'ozone à Payerne

Le radiomètre micro-onde SOMORA mesure la distribution verticale d'ozone depuis 2000 à Payerne avec une résolution temporelle de 1h. La variation annuelle d'ozone en ppm pour 2020 est représentée en couleur dans le graphique suivant (Figure 2.11) et la variation annuelle pour 2020 est représentée en noir (courbes de niveaux pour 4, 6 et 8 ppm). Ceci permet de visualiser en fonction de l'altitude les différences des valeurs d'ozone de l'année en cours par rapport à l'année précédente.

Figure 2.11
Les profils d'ozone mesurés par un radiomètre micro-onde à Payerne en 2020. Le graphique montre la concentration volumique relative (VMR) en parties par million (ppm) d'ozone (échelle de droite entre 0 et 10 ppm).



Les mesures de la distribution verticale de l'ozone dans l'atmosphère jusqu'à une altitude d'environ 35 km sont réalisées dans le cadre des lâchers de ballons-sondes. Les données recueillies permettent de déterminer l'évolution dans le temps de la quantité d'ozone dans les différentes couches de l'atmosphère. La figure suivante (Figure 2.12) montre l'évolution détaillée pour l'année 2020 pour quatre niveaux d'altitude distincts:

- A basse altitude (niveau 925 hPa, proche du sol), le niveau maximum d'ozone est atteint en été en raison du fort ensoleillement et de la pollution de l'air (qui augmente la quantité d'ozone).

- Dans la partie supérieure de l'atmosphère libre où se déroulent la plupart des phénomènes météorologiques (niveau 300 hPa = ~9000 m), le maximum estival est fortement réduit, étant donné que les conditions n'y sont pas optimales pour la formation d'ozone. Les pics importants correspondent à des entrées d'ozone venues des couches supérieures de l'atmosphère (stratosphère) ou à une baisse temporaire de la tropopause proche du niveau 300 hPa.

- Dans la stratosphère moyenne (niveau 40 hPa = ~ 22 km), l'évolution annuelle de l'ozone est dominée par le transport d'ozone par les courant dominants. Ici, la plus forte concentration d'ozone est atteinte dans la période fin de l'hiver – début du printemps.

- Aux altitudes plus élevées (15 hPa = ~ 28 km), l'ensoleillement important entraîne un niveau maximum d'ozone l'été lorsque le soleil est haut dans le ciel.

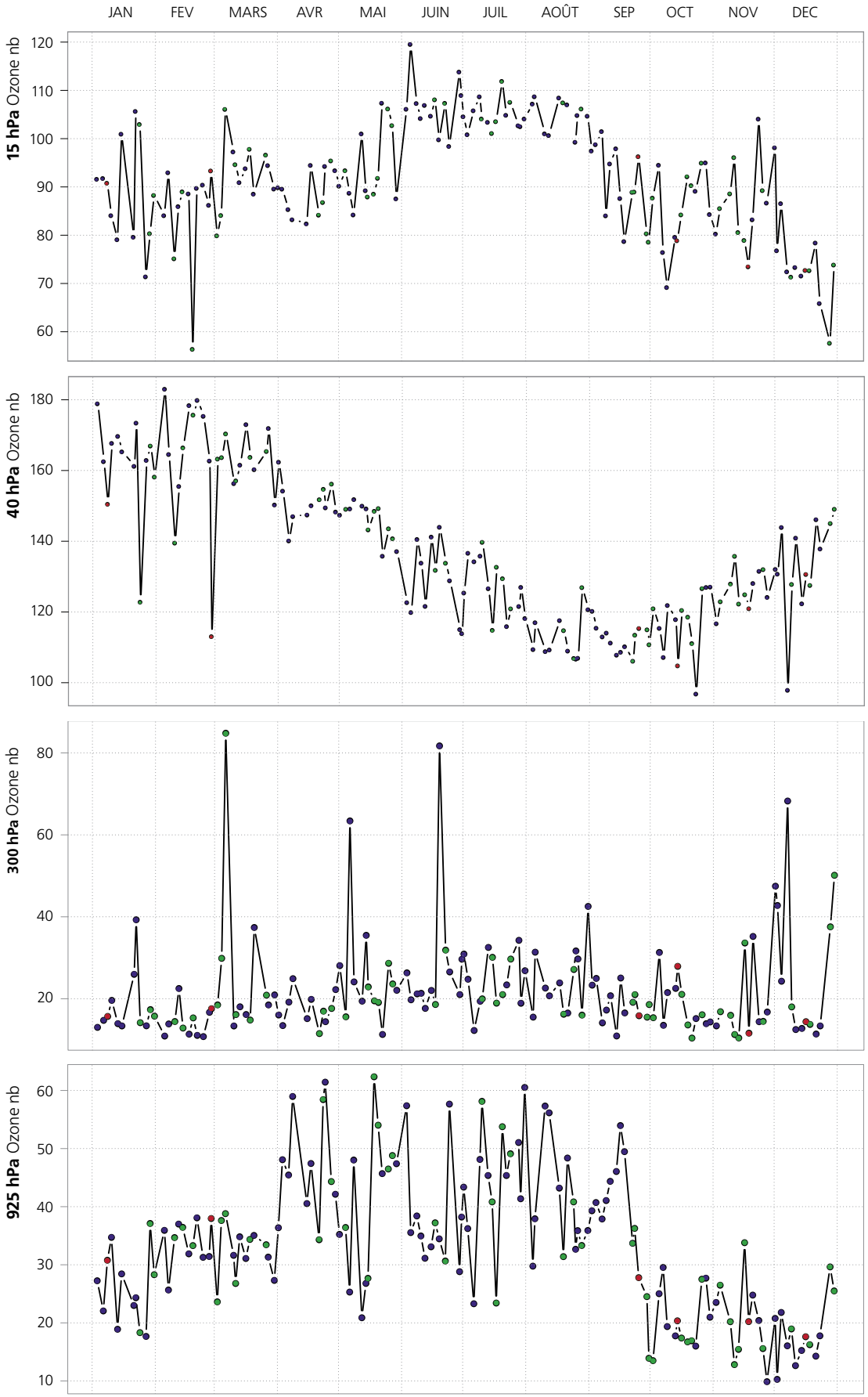


Figure 2.12

Evolution de la concentration d'ozone (pression partielle en nanobars) en 2020 pour deux niveaux dans la troposphère (niveaux 925 hPa ~ 800 m et 300 hPa ~ 9000 m) et deux niveaux dans la stratosphère (niveau 40 hPa ~ 22'000 m et 15 hPa ~ 28'000 m). Les couleurs correspondent à un critère de qualité basé sur la comparaison avec une mesure indépendante de la colonne d'ozone depuis la station d'Arosa (bleu: très bon accord; vert: bon accord; rouge: différence significative).

Mesures des aérosols au Jungfraujoch

Les aérosols influencent l'atmosphère par leurs effets directs (absorption et diffusion du rayonnement solaire) et indirects (formation des nuages). L'ampleur de ces effets en termes de réchauffement ou de refroidissement reste l'une des grandes incertitudes des modèles climatiques [3]. Les mesures des aérosols effectuées au Jungfraujoch depuis 1995 font partie des plus longues séries de mesures au monde [4].

L'évolution annuelle des paramètres des aérosols au Jungfraujoch fait apparaître des valeurs maximales l'été et des valeurs minimales l'hiver. Les aérosols générés par des processus naturels et anthropogéniques s'accumulent principalement dans la couche limite planétaire, couche basse de l'atmosphère, haute typiquement de 0,5 à quelques km selon la saison.

L'été, le réchauffement du sol entraîne une convection thermique qui permet le transport des aérosols à des altitudes plus élevées ; le Jungfraujoch est alors davantage dans la zone d'influence de la couche limite planétaire. L'hiver, le Jungfraujoch se trouve la plupart du temps dans la troposphère libre [5] et est donc propice à la mesure des propriétés optiques et de la concentration des aérosols loin des sources de pollution.

En 2020, le printemps a été marqué par une forte diminution de l'activité touristique au Jungfraujoch en lien avec la pandémie, mais aussi par une augmentation des travaux de construction sur le site. La diminution du nombre de particules au printemps est ainsi peut-être liée à la diminution de la pollution locale, mais doit être mise dans le contexte d'une concentration d'aérosols relativement basse à cette période, comme le montrent les propriétés optiques des aérosols.

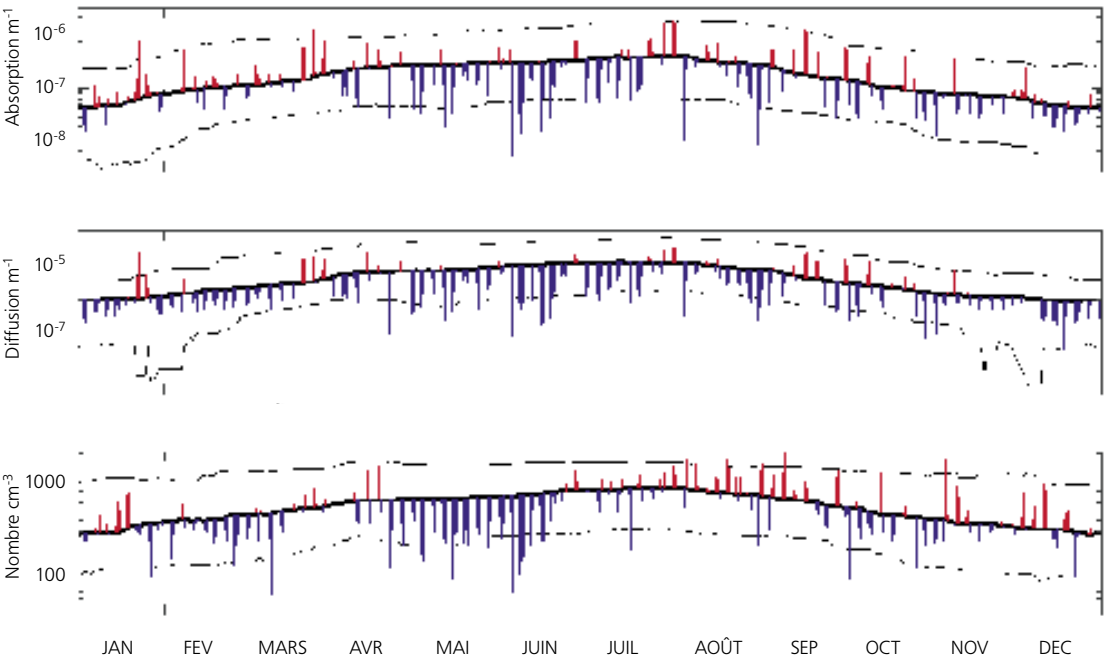


Figure 2.13
Evolution en 2020 des coefficients d'absorption à 880 nm et de diffusion à 550 nm ainsi que de la concentration en nombre des aérosols au Jungfraujoch. La courbe noire correspond à la climatologie de la période 1995–2019, et les courbes grises aux 5 et 95ème percentiles.

Poussières du Sahara

Les poussières minérales apportent une contribution importante aux aérosols atmosphériques et le désert du Sahara en est la source la plus importante. La présence de poussières minérales a été historiquement déterminée par l'analyse des précipitations ou des dépôts dans la neige et la glace. Depuis 2001, des mesures continuelles des coefficients de diffusion et d'absorption à différentes longueurs d'onde sont réalisées à la station de recherche alpine du Jungfraujoch, située à 3580 mètres d'altitude dans les Alpes suisses. Ces mesures ont permis de développer une nouvelle méthode opérationnelle qui permet de déterminer avec une résolution horaire les incursions de poussières du Sahara (Saharan dust events, SDE) au-dessus de la Suisse. Il est dès lors possible d'étudier la fréquence des SDE dans les Alpes.

Une climatologie sur dix-sept ans (2001–2017) des incursions de poussière du Sahara a été établie avec les même instruments. Cette climatologie a montré que 10–50 incursions sont mesurées chaque année, correspondant à 200–700 heures. De manière générale, les incursions de poussière du Sahara durant le printemps (de mars à juin) ainsi qu'aux mois d'octobre et de novembre contribuent fortement à la pollution par les aérosols sur les Alpes. L'été, ces incursions sont plus rares mais parfois longues alors qu'en l'hiver, elles sont en général de très courte durée. La plupart des incursions (~50 %) ne durent que quelques heures alors que 25 % d'entre elles dure plus d'un jour.

Entre 2016 et 2018, les anciens instruments ont dû être remplacés et la sensibilité de la détection des SDE en a été modifiée. Les mesures de 2019–2020 ne peuvent par conséquent pas être directement comparées avec la climatologie 2001–2017, bien que le seuil de détection ait été adapté en ne reportant que les incursions de poussières minérales d'une durée minimale de six heures. Selon les mesures de ces deux dernières années, des poussières minérales ont été détectées pendant 861 heures en 2019 (mesures non disponibles en novembre et une partie de décembre) et 1073 heures en 2020. Conformément à la climatologie, de nombreuses incursions de poussières du Sahara sont observées durant le printemps et l'automne. Il est cependant possible qu'une partie des détections des premiers mois de 2020 soient dues à des poussières minérales locales générées par les travaux au Jungfraujoch, car il reste difficile de différencier les types de minéraux surtout en hiver, lorsque la concentration totale des aérosols est très faible.

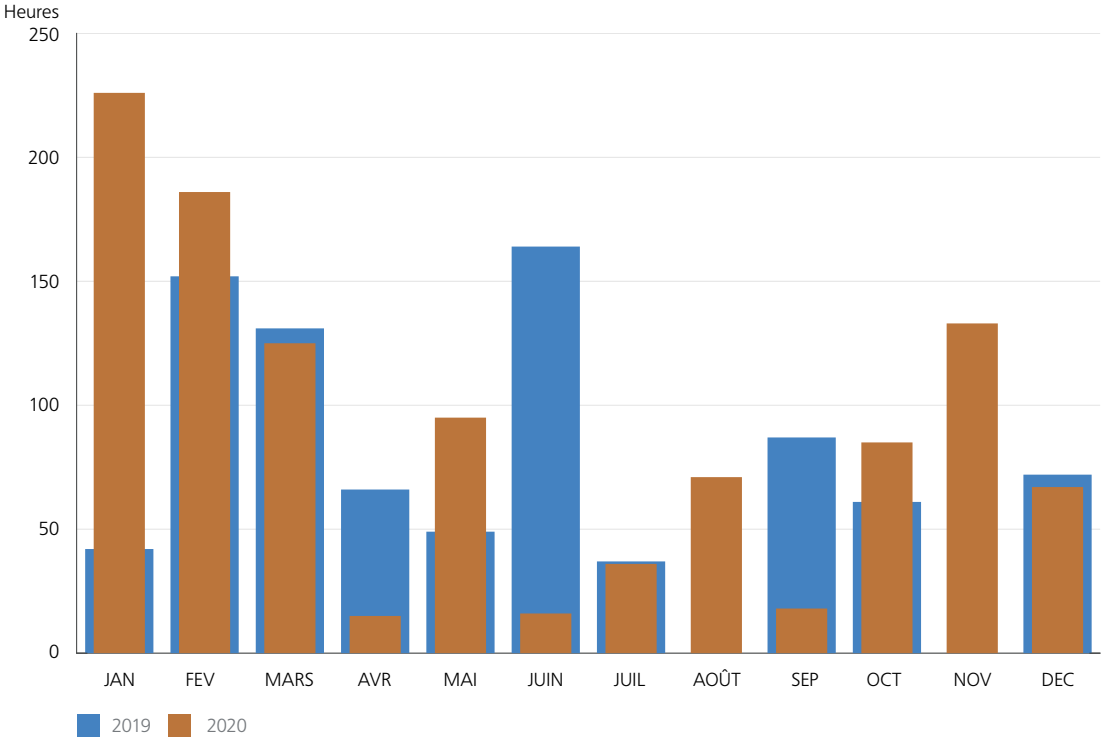


Figure 2.14
Nombre d'heures par mois d'incursions de poussières minérales d'une durée d'au moins six heures à la station de mesures du Jungfraujoch pour 2019 et 2020. Le nombre d'heure avec des SDE de novembre et de décembre 2019 est incomplet car il n'y a pas de mesure du 5.11.2019 au 16.12.2019.

Développement de la végétation

La végétation s'est développée de manière extraordinairement précoce de janvier à juin 2020. La floraison des noisetiers n'avait jamais été observée aussi tôt que cette année. Elle a été en avance de 28 jours sur la moyenne de la période 1981–2010. La végétation printanière est arrivée environ deux semaines plus tôt que la normale. Les plantes se sont développées particulièrement tôt dans les régions plus élevées. Les raisons de cette évolution précoce ont été l'hiver le plus doux depuis le début des mesures et, surtout, les mois très chauds de février et d'avril. Cette avance s'est maintenue jusqu'à la floraison du sureau noir en mai et n'a diminué à huit jours qu'avec la floraison des tilleuls en juin. La coloration des feuilles est apparue en octobre à une date conforme à la moyenne ou légèrement tardive.

L'année en cours est comparée à la période 1981–2010. Les données de cette période sont divisées en classes. En moyenne, 50 % de tous les cas sont classés comme normaux, 15 % comme étant précoces ou tardifs et les 10 % les plus extrêmes comme étant très précoces ou très tardifs. Les écarts en jours par rapport à la moyenne de la période de comparaison sont donnés pour la moyenne de 50 % de toutes les observations en 2020 (c'est-à-dire pour les quantiles 25 % et 75 %) ou pour la médiane de toutes les stations. Certaines phases phénologiques ne sont observées que depuis 1996. Pour ces phases, l'écart par rapport à l'ensemble de la période 1996–2019 est indiqué. Les observations phénologiques ont commencé en 1951–1952.

Printemps

A partir du 2 janvier 2020, le début de la floraison des noisetiers a pu être observée au Tessin et au Nord des Alpes, et à partir du 9 janvier, les premières stations ont signalé une floraison générale. En moyenne sur toutes les stations, la floraison générale a eu lieu le 4 février, soit 28 jours plus tôt que la moyenne de la période de comparaison 1981–2010. En moyenne sur toutes les stations, le noisetier n'a jamais fleuri aussi tôt que cette année. Si l'on ne considère que les stations situées en dessous de 800 m, il s'agit de la deuxième floraison la plus précoce depuis le début des observations en 1952, après 1994. L'hiver le plus doux depuis le début des mesures en 1864, avec le deuxième mois de février le plus chaud, ont conduit à cette floraison exceptionnellement précoce du noisetier.

La température hivernale a également affecté la période de floraison du tussilage et de l'anémone des bois. Le tussilage a été observé dès le début du mois de février. En moyenne sur l'ensemble des stations, il a fleuri le 11 mars, soit 16 jours plus tôt que la normale. L'anémone des bois a fleuri le 20 mars en moyenne, soit 15 jours plus tôt que la normale. Leur floraison a donc été la deuxième et la quatrième plus précoce dans la série d'observations phénologiques depuis 1951.

Pour les arbres fruitiers, 91–94 % des observations ont pu être classées comme «précoces» et «très précoces». Les premiers cerisiers ont fleuri à partir du 18 mars, puis de plus en plus à partir de début avril. En moyenne pour toutes les stations, la date de floraison a été le 10 avril, soit 14 jours plus tôt que la normale. Les poiriers ont fleuri presque simultanément, en moyenne le 11 avril, soit 16 jours plus tôt que la moyenne 1981–2010. Les pommiers ont fleuri avec une avance de 15 jours, le 18 avril en moyenne. Pour tous les arbres fruitiers, l'avance sur la période de floraison a augmenté avec l'altitude, car les arbres des zones plus élevées en altitude ont bénéficié des températures très élevées du mois d'avril et ont accéléré leur développement. Pour les pommiers, par exemple, l'avance à des altitudes inférieures à 600 m a été de 13 jours, tandis qu'au-dessus de 1000 m, elle a été de 17–19 jours. Globalement, il s'agit de la deuxième à quatrième floraison la plus précoce des arbres fruitiers.

Le pissenlit et la cardamine des prés ont également fleuri en avril, à basse altitude avec une avance de 9, respectivement 10 jours, et à des altitudes supérieures à 600 m avec une avance de 13–17 jours. Les forêts ont rapidement reverdi à partir de fin mars, début avril. Les premiers hêtres verts ont été observés le 10 avril dans la région de Bâle et le 15 avril, ils ont déjà été visibles dans le Jura à plus de 1000 m. En moyenne sur l'ensemble des stations, les hêtres sont devenus verts le 15 avril à des altitudes inférieures à 600 m et le 22 avril à des altitudes supérieures à 1000 m. Le déploiement des feuilles de hêtre a été retardé de seulement un jour par 100 m d'altitude, alors qu'il est normalement d'environ deux jours par 100 m d'altitude. Il en résulte une avance importante de 17 jours pour le hêtre en altitude, contre neuf jours dans les zones situées à moins de 600 m. Après 1961 et 2011, il s'agit du troisième déploiement le plus précoce des feuilles de hêtre dans la série de mesures phénologiques.

Les autres arbres observés ont également déployé leurs feuilles à la même période. Il est intéressant de noter que le déploiement des feuilles du marronnier et du mélèze n'a eu lieu que 6–7 jours plus tôt. Le déploiement des aiguilles des épicéas et la floraison des marguerites ont commencé à partir de la mi-avril. L'épicéa a continué à se développer avec environ deux jours de retard par 100 mètres d'altitude, tandis que le développement des marguerites a progressé à trois

jours par 100 mètres d'altitude. Tous deux ont connu une avance moyenne de 10–14 jours sur la période de comparaison. L'avance a été à peu près la même à toutes les altitudes.

Eté

Le début phénologique de l'été a commencé avec la floraison du sureau noir 15 jours plus tôt que la moyenne de la période de comparaison 1981–2010. La floraison du sureau a été observée à partir de la fin avril aussi bien au Nord des Alpes qu'au Tessin. Elle a été plus fréquente à partir du 10 mai. Cette année, la floraison du sureau a également été l'une des plus précoces depuis le début des observations.

La fenaison s'est produite du 6–8 mai, du 17–22 mai et du 25–31 mai. Pour la première date, la fenaison a été faite principalement en plaine, tandis que pour les autres dates, le foin a également été récolté au-dessus de 1000 m. Dans les stations les plus élevées, le foin a été récolté à partir du 19 juin. En général, la fenaison a eu lieu 8 jours plus tôt que la moyenne.

Les vignes ont fleuri 13 jours plus tôt que la moyenne entre fin mai et début juin. Les tilleuls à petites et larges feuilles ont fleuri en juin avec une avance de huit jours. La maturité des fruits du sureau rouge (14.6–2.8), du sureau noir (1.8–10.9) et du sorbier des oiseleurs (13.7–1.9) a également montré une avance similaire de 8–9 jours.

Automne

En septembre, ce sont surtout les sorbiers des oiseleurs, les marronniers et les premiers bouleaux qui ont changé de couleur. Pour les autres arbres à feuilles caduques, seules des colorations foliaires isolées ont été observées en septembre. Cependant, avec l'arrivée d'un temps frais à partir du 25 septembre, les feuilles ont rapidement changé de couleur. Dans la première moitié du mois d'octobre, les hêtres ont changé de couleur à toutes les altitudes, dans la seconde moitié du mois, principalement à des altitudes plus basses et, de manière intéressante, également dans les trois stations les plus élevées (au-dessus de 1250 m) où l'on trouve des hêtres. En moyenne sur l'ensemble des stations, la coloration des feuilles du hêtre a été légèrement tardive avec un écart de -3–+7 jours (quantile 25 % à 75 %).

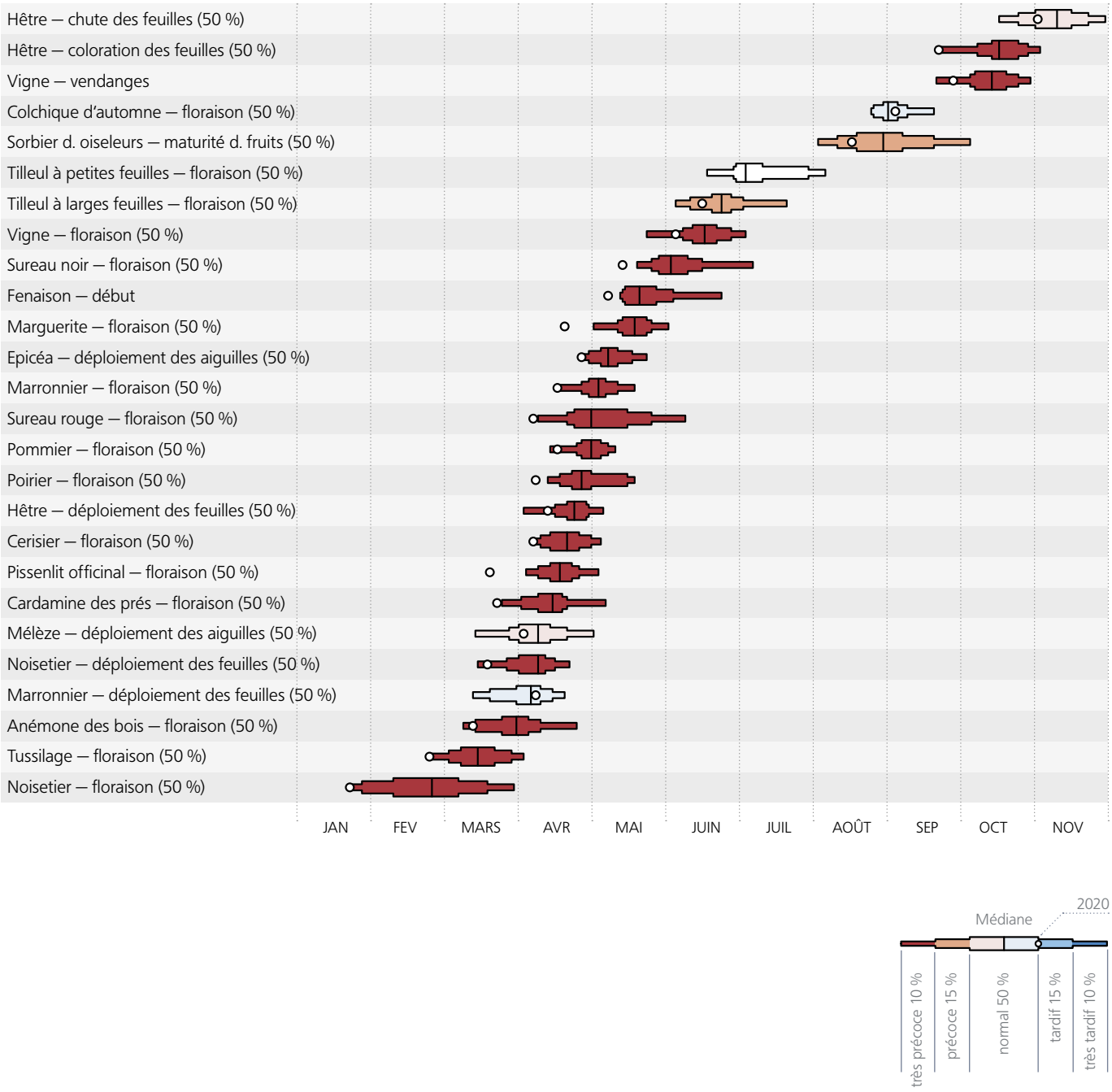
La coloration des feuilles des autres arbres à feuilles caduques a été très similaire, les arbres de haute altitude se colorant seulement quelques jours plus tôt que ceux de plus basse altitude. En moyenne, la coloration des feuilles du sorbier des oiseleurs et de l'érable a connu un retard de 5–6 jours, celle du bouleau et du tilleul de 0–2 jours. Ce sont surtout les arbres en altitude qui ont bénéficié des températures élevées de septembre, de sorte que leurs feuilles ne sont pas colorées en septembre et début octobre comme habituellement.

Au-dessus de 1000 m, les mélèzes ont changé de couleur entre le 10 octobre et le 6 novembre, à plus basse altitude entre la mi-octobre et la mi-novembre environ, mais principalement à partir des derniers jours d'octobre. Ainsi, la coloration des aiguilles de mélèze a été légèrement retardée de trois jours. Dans les stations de la Haute-Engadine, la coloration des aiguilles a même été retardée de 8–19 jours et a été observée du 14–27 octobre.

La chute des feuilles de hêtre s'est produite en moyenne le 27 octobre au-dessus de 1000 m et le 31 octobre au-dessous de 600 m et se situe donc dans la fourchette de la moyenne de la période de comparaison. Les aiguilles des mélèzes sont tombées au-dessus de 1000 m en moyenne le 13 novembre et en dessous de 600 m le 23 novembre. Dans 39 % des stations, cette date a pu être qualifiée de «tardive» ou «très tardive», et dans 39 % des autres stations, de «normale».

Figure 2.15

Calendrier phénologique 2020 de Rafz. La répartition montre la période de référence 1981–2010. La date de l'année courante est représentée par un carré noir et la période de référence est colorée de très précoce à très tardif en fonction de son ordre chronologique. Si l'observation est manquante en 2020 ou si elle se situe précisément dans la médiane, la période de comparaison reste blanche.



Saison pollinique

L'année pollinique 2020 a apporté des charges très élevées pendant la période de floraison des arbres et des arbustes et a été l'une des plus intenses depuis le début des mesures polliniques dans de nombreuses stations. La saison pollinique des différentes espèces a commencé très tôt et a souvent duré plus longtemps que la normale. Seules l'armoise et l'ambroisie ont eu un taux de pollen plus faible que la moyenne. Cette année pollinique exceptionnelle s'explique par les conditions météorologiques: l'hiver le plus doux et le troisième printemps le plus chaud depuis le début des mesures en 1864 ont favorisé le développement de la végétation, tandis qu'un fort ensoleillement et de faibles précipitations ont favorisé la libération du pollen. La saison pollinique 2020 est comparée ci-dessous avec la moyenne sur 25 ans 1993–2017.

Sur le site internet de MétéoSuisse, des graphiques illustrent la charge pollinique moyenne journalière des 14 principales sortes de pollens allergènes du réseau de mesures polliniques de Suisse. Pendant la saison pollinique, ces graphiques sont actualisés hebdomadairement.

meteosuisse.admin.ch/home/climat/climat-de-la-suisse/informations-au-sujet-de-pollen.html

Début de la saison pollinique

A Lugano, les premiers pollens du noisetier ont déjà été mesurés avant Noël. Dès le Nouvel-An, les concentrations de pollen ont été fortes. Une augmentation encore plus précoce à des niveaux élevés n'avait été enregistrée à Lugano jusqu'à présent que le 29 décembre 2015. La saison du pollen du noisetier a également commencé très tôt au Nord des Alpes. Des concentrations modérées ont été mesurées à partir du 9 janvier. Entre le 14 et le 17 janvier, les concentrations ont été fortes. Dans quatre stations, il s'agit de l'augmentation à de fortes charges la plus précoce de la période de comparaison et pour quatre autres stations, de la deuxième plus précoce. En moyenne, cette augmentation a eu lieu 27 jours plus tôt que la moyenne de la période de comparaison.

Le début de la saison du pollen d'aunes a été avancé d'un peu plus de deux semaines. Le premier jour avec une forte charge de pollen d'aunes a été mesuré au Tessin le 28 janvier, au Nord des Alpes début février. Les aunes pourpres (Alnus x spaethii), qui ont été plantés dans certaines villes, ont fleuri particulièrement tôt cette année. A Buchs SG, le pollen de cette espèce d'aune a atteint de fortes charges dès le 18 décembre. Le pollen de l'aune pourpre n'a jamais été mesuré aussi tôt, les données étant disponibles à partir de 2011.

A Genève, Lugano et Locarno, la saison du pollen de frêne n'avait jamais commencé aussi tôt depuis le début des mesures du pollen. Au Tessin, des concentrations modérées de pollen de frêne ont été mesurées du 20–22 février (18–20 jours plus tôt que la moyenne). A Genève, des concentrations modérées de pollen de frêne ont été relevées dans l'air à partir du 24 février (25 jours plus tôt que la moyenne). Ce pollen n'a pas été libéré localement, mais a été transporté depuis la France par de forts vents du sud-ouest. Le premier jour de fort vol de pollen de frêne a également eu lieu très tôt: le 24 février au Tessin et du 8–19 mars au Nord des Alpes. Au Tessin, c'est l'augmentation la plus précoce jamais mesurée. Elle a eu lieu 21–22 jours plus tôt que la moyenne. La deuxième augmentation la plus précoce a été mesurée à Genève, Lausanne, Lucerne, Viège et Zurich, soit 12–18 jours plus tôt que la moyenne.

La saison du pollen de bouleau a débuté dans toute la Suisse entre le 18 et le 22 mars. Au Nord des Alpes, elle a commencé 10–15 jours plus tôt que la moyenne de la période de référence sur 25 ans 1993–2017. Au Tessin, elle a commencé cinq jours plus tôt. A Lucerne, il s'agit du début le plus précoce jamais mesuré (données depuis 1989). A Berne, Buchs SG, Lausanne et Zurich, il s'agit du deuxième début le plus précoce de la période de référence.

Au Tessin, les premiers pollens de graminées ont déjà été mesurés en mars, environ un mois plus tôt que la moyenne de la période de comparaison sur 25 ans (1993–2017). En avril, le pollen de graminées a également été régulièrement dans l'air au Nord des Alpes, 2–3 semaines plus tôt que la normale. Ainsi, la date de début de la saison pollinique dans la plupart des stations a été parmi les trois plus précoces de la période de référence.

Le début de la saison pollinique de l'armoise et de l'ambroisie ne varie pas beaucoup car la date est également déterminée par la longueur du jour. Cette année, la saison de l'armoise à Viège a commencé le 16 juillet, soit quatre jours plus tôt que la moyenne.

Le début très précoce de la saison pollinique pour toutes les espèces n'est pas surprenant. Cette année, nous avons connu l'hiver le plus doux et le troisième printemps le plus chaud depuis le début des mesures en 1864. La température au cours du mois ou des deux mois précédant le début de la saison pollinique est déterminante pour le début de la floraison des différentes espèces. Ces dernières années, il est de plus en plus fréquent que la saison du pollen de noisetier commence dès janvier et celle du pollen de graminées dès avril.

Durée de la saison pollinique

Cette année, après un début précoce, la saison pollinique du noisetier a duré environ une à deux semaines de plus que la moyenne, bien qu'elle se soit terminée un peu plus tôt que la normale dans la période du 9–24 février. La saison du pollen de bouleau a duré en moyenne 29 jours dans toutes les stations, ce qui correspond à la moyenne. La saison du pollen de frêne, cependant, a été très longue. Au Tessin, elle a duré presque sept semaines, la plus longue depuis le début des mesures en 1989. Au Nord des Alpes, elle a duré 4–5 semaines et dans certaines stations du Nord des Alpes, elle a été la deuxième plus longue depuis le début des mesures polliniques.

Dans toutes les stations, la saison pollinique des graminées a duré plus longtemps que la normale. Selon la station, il s'est écoulé entre 62 et 89 jours entre le premier et le dernier jour avec un fort vol de pollen. Jamais auparavant une saison pollinique des graminées aussi longue n'avait été mesurée à Zurich et Münsterlingen. Dans certaines stations de Suisse alémanique, de fortes concentrations de pollen de graminées ont été enregistrées jusqu'à la fin du mois de juillet, et à Locarno jusqu'au début du mois de juillet. C'est environ trois semaines de plus que la normale.

La phase de fortes concentrations de pollen d'armoise a duré à Viège du 16 juillet au 3 septembre, soit un peu plus longtemps que la moyenne en raison d'un début plus précoce. En raison de son irrégularité, il est difficile de parler d'une saison pollinique de l'ambroisie. La première fois que des concentrations modérées ont été enregistrées, c'était le 8 août, la dernière fois le 19 septembre.

Intensité des pollens

Le temps ensoleillé et souvent peu pluvieux pendant la saison pollinique des arbres et arbustes a favorisé la libération du pollen. Le vol du pollen n'a été que rarement interrompu par des jours de pluie pendant la principale période de floraison cette année. Ainsi, un nombre significativement plus élevé de jours avec de forts vols de pollen a été enregistré pour le noisetier, l'aune, le bouleau et le frêne dans toutes les stations de mesures. La charge pollinique élevée a également été favorisée par le fait que les arbres avaient formé de très nombreuses fleurs cette année.

La saison pollinique du noisetier a été particulièrement forte au Tessin. A Locarno, la saison pollinique du noisetier a été la plus intense depuis le début des mesures en 1989. 38 jours de fortes concentrations polliniques ont été mesurés, soit 24 jours de plus que la moyenne. Lugano a également enregistré 30 jours de fortes concentrations, soit 18 jours de plus que la moyenne. Au Nord des Alpes, il a été mesuré 5–13 jours avec de fortes concentrations de pollen de noisetier. A Genève et à Viège, il s'agit de la troisième année la plus intense depuis le début des mesures de pollen.

La saison pollinique des aunes a été très forte en Suisse romande. C'est la station de Genève qui a enregistré la saison pollinique des aunes la plus intense jamais mesurée (depuis 1989). Il y a eu 17 jours avec un fort taux de pollen d'aune. En Suisse alémanique, l'intensité de la saison pollinique de l'aune a été à peu près moyenne.

La saison pollinique du bouleau au Nord des Alpes a également été l'une des plus fortes jamais enregistrées. L'intégrale pollinique saisonnière (la somme des concentrations polliniques quotidiennes) a été particulièrement élevée dans les stations de Berne, Zurich, La Chaux-de-Fonds, Neuchâtel et Genève. Au Nord des Alpes, il a été enregistré 17–27 jours avec de fortes concentrations de pollen, au Tessin 23 jours et à La Chaux-de-Fonds même 30 jours (21 jours de plus que la moyenne).

Le nombre de jours avec de fortes concentrations de pollen de frêne a été parmi les trois plus élevés de la période de comparaison dans de nombreuses stations. Le plus grand nombre de jours avec de fortes concentrations de pollen a été enregistré à Genève (33 jours, soit 20 jours de plus que la moyenne), Viège (33 jours), Locarno (28 jours) et Zurich (26 jours), avec 15 jours de plus que la moyenne dans chacune de ces trois dernières stations. Dans les autres stations, le nombre de jours avec de fortes concentrations de pollen a varié entre 13 et 22 jours. Il n'y a qu'à Davos qu'il n'y a pas eu de jour avec un fort vol de pollen de frêne, ce qui est normal. Le chêne et le hêtre ont également connu une floraison extrêmement forte en avril. Dans la moitié des stations, cette année a été l'une des deux mesures les plus élevées de l'intégrale pollinique saisonnière depuis le début des mesures polliniques.

L'intensité de la saison des pollens de graminées a été nettement supérieure à la normale en Suisse alémanique et au Tessin, tandis qu'elle s'est située dans la moyenne en Suisse romande. Des charges polliniques de graminées très élevées ont été mesurées surtout dans la seconde moitié du mois de mai. Toutefois, les valeurs maximales atteintes se sont situées dans la fourchette de la moyenne, voire légèrement en dessous. En Suisse centrale et orientale, le taux de pollen de graminées a été élevé pendant 43–59 jours, soit entre 11 et 20 jours de plus que la moyenne. Un nombre significativement plus élevé de jours avec de fortes concentrations de pollen de graminées a également été enregistré à Locarno (29 jours, soit 20 jours de plus que la moyenne), tandis qu'à

Lugano, on n'a enregistré que dix jours avec de fortes concentrations de pollen. En Suisse romande, à Viège et à Bâle, on a enregistré entre 22–31 jours de fortes concentrations de pollen, et à Davos, 12 jours, soit deux fois plus que la normale.

L'intégrale saisonnière du pollen d'armoise à Viège a été légèrement inférieure à la moyenne, mais est restée dans la fourchette normale. La saison pollinique de l'armoise a été faible dans les autres stations de mesures. L'intensité de la saison pollinique de l'armoise a diminué dans de nombreuses stations de mesures du Nord des Alpes et du Tessin au cours des 30 dernières années.

A Genève, le vol de pollen d'ambroisie a été plus faible que la normale. Seules quatre journées avec un vol important de pollen d'ambroisie ont été mesurées, soit deux jours de moins que la moyenne. La saison du pollen d'ambroisie a également été faible au Tessin. A Lugano, quatre journées avec un fort vol de pollen (six de moins que la moyenne) et à Locarno trois journées (trois de moins que la moyenne) ont été mesurées. Depuis 2013, des concentrations de pollen significativement réduites ont été mesurées au Tessin, en raison de la propagation de l'Ophraella communa dans le nord de l'Italie et au Tessin. La plupart des pollens d'ambroisie sont amenés en Suisse par les vents du sud-ouest et du sud depuis les régions où l'ambroisie est plus présente, en France et en Italie. Un événement aussi fort en matière de transport a eu lieu du 25–28 août. Même à Buchs SG et Münsterlingen, loin des zones sources en France, de fortes concentrations de pollen d'ambroisie ont été mesurées pendant deux de ces journées. C'est inhabituel pour la Suisse alémanique, car normalement, on n'y trouve pratiquement jamais de fortes charges polliniques d'ambroisie.

La station de mesures de Lucerne n'a pas été en service pendant la période de confinement liée à la pandémie, du 7.4–11.5, ce qui explique l'absence de mesures de plusieurs espèces de pollen. La station de Lausanne est tombée en panne à plusieurs reprises pendant la saison pollinique des graminées.

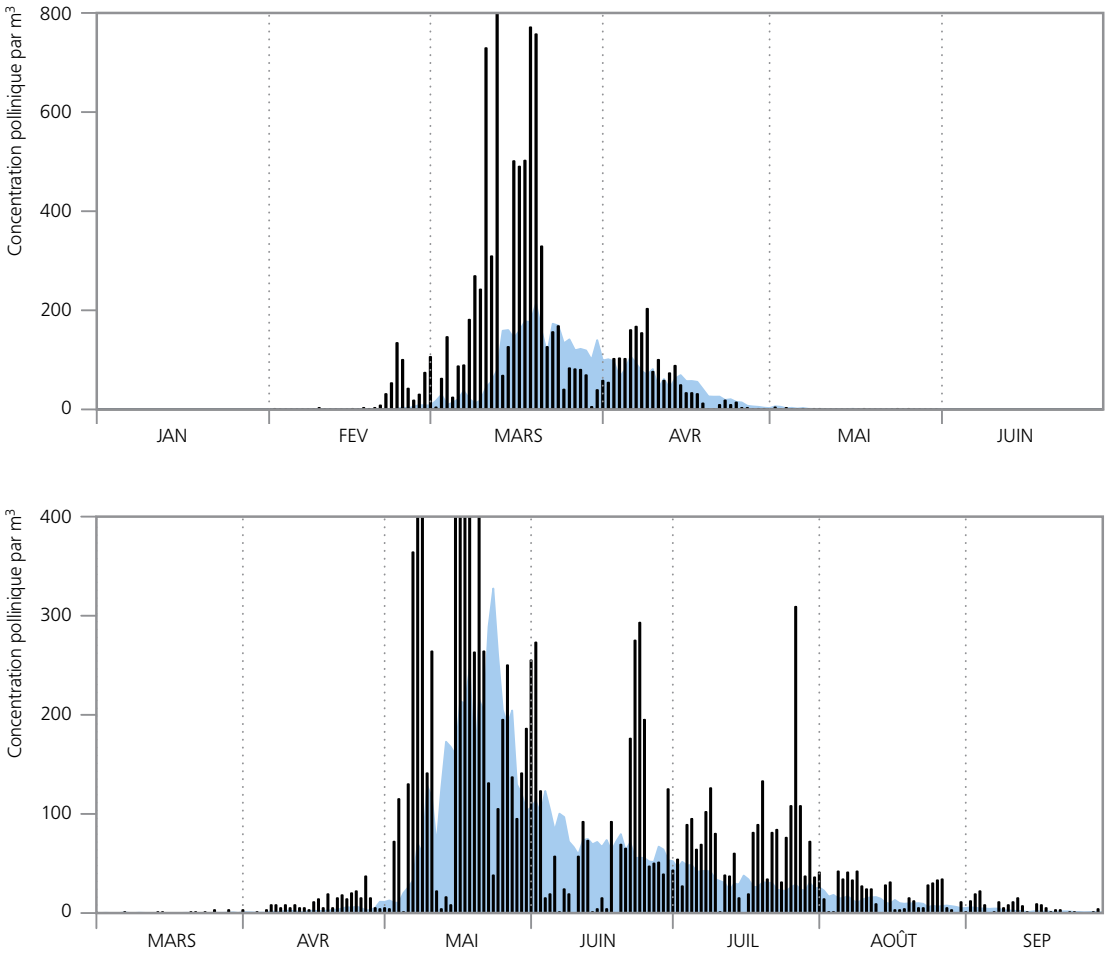


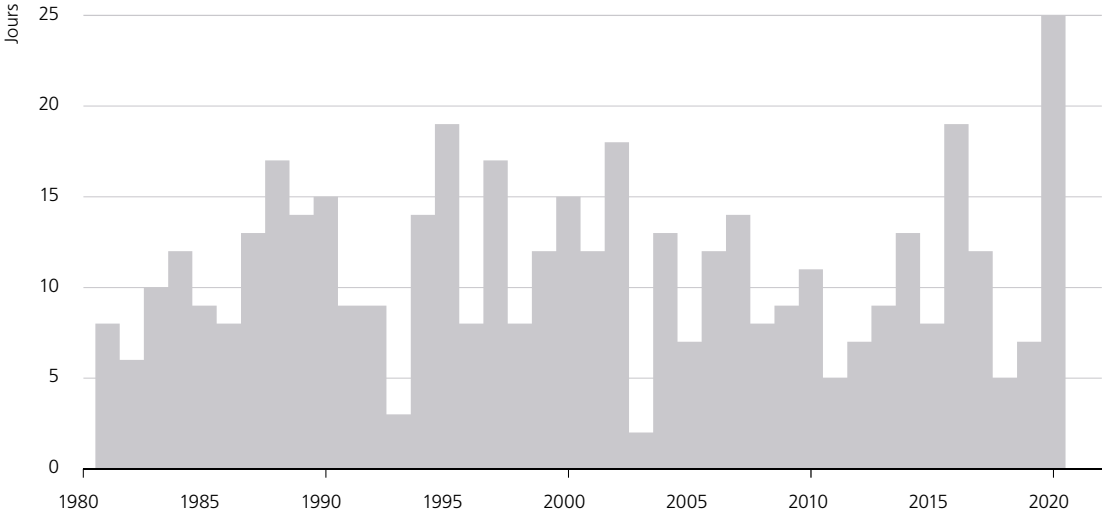
Figure 2.16
Evolution de la saison pollinique en 2020 des frênes à Locarno (en haut) et la saison pollinique des graminées à Buchs SG (en bas) en comparaison à la moyenne sur 25 ans 1993–2017 (en bleu). La saison du pollen de frêne à Locarno n'a jamais commencé aussi tôt qu'en 2020 et a duré très longtemps. A Buchs SG, le pollen de graminées a déjà été régulièrement présent dans l'air en avril. Le pollen de graminées a atteint des niveaux élevés jusqu'à la fin du mois de juillet. Les axes des concentrations polliniques ont été limités à 800, respectivement 400 pollens/m³, de sorte que les faibles valeurs qui sont importantes pour les allergies sont également visibles.

3| Particularités de l'année 2020

3.1 Un mois de février agité

Février 2020 a été exceptionnellement agité. Au Säntis et au Chasseral, 25 jours de tempête ont été comptabilisés. Pour ces deux stations, il s'agit du mois de février le plus agité depuis le début des mesures en 1981. Certaines régions de plaine au Nord des Alpes ont également été les plus agitées pour un mois de février depuis le début des mesures en 1981, comme à Zurich-Kloten avec huit jours de tempête et à Wädenswil (ZH) avec sept jours de tempête.

Figure 3.1
Nombre de jours en février avec tempête (vent supérieur ou égal à 75 km/h) depuis le début des mesures en 1981 au Säntis.

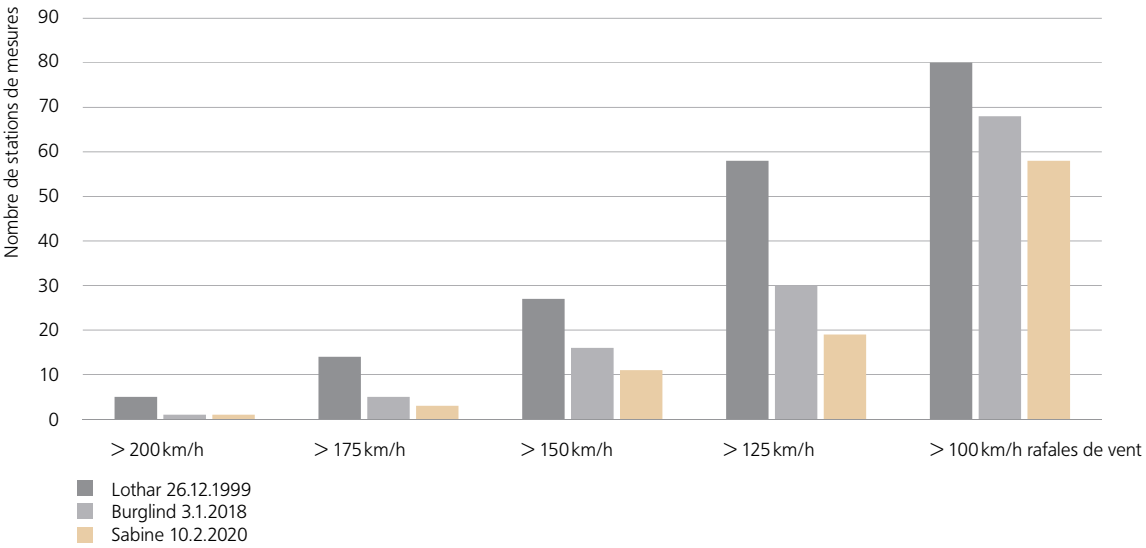


Forte tempête hivernale Ciara (Sabine)

Durant la première moitié du mois de février, trois tempêtes hivernales ont balayé la Suisse, Hervé (Petra) le 4, Ciara (Sabine) le 10 et Inès (Tomris) les 13 et 14 février. Les prénoms entre parenthèses sont donnés par l'Université libre de Berlin, alors que les autres sont donnés par les services météorologiques nationaux. La tempête la plus forte a été celle de Ciara (Sabine) du 10 février. Les rafales de vent ont souvent atteint 90–120 km/h sur le Plateau, 140–160 km/h sur les crêtes du Jura, 160–200 km/h sur les crêtes alpines. La tempête hivernale Lothar de décembre 1999 avait été nettement plus violente que celle de Ciara (Sabine). La tempête Eleanor (Burglind) de janvier 2018 a également été nettement plus sévère que celle de Ciara (Sabine).

Il y a 30 ans, la tempête hivernale Vivian du 27 février 1990 avait probablement été aussi violente que Lothar, mais les mesures de vent à cette époque n'étaient pas aussi nombreuses. Une comparaison zone par zone serait donc très incomplète.

Figure 3.2
Comparaison de la fréquence des rafales pendant les tempêtes hivernales Sabine, Burglind et Lothar. 114 stations avec des mesures disponibles pendant les trois événements ont été utilisées.



3.2
Sécheresse extrême

La Suisse a connu l'un des mois d'avril les plus chauds et, au Nord des Alpes, également l'un des plus ensoleillés depuis le début des mesures en 1864. La conséquence de ce temps ensoleillé et chaud a été le manque extrême de pluie. Jusqu'au 27 avril, la somme des précipitations moyennes nationales n'a atteint que 12 % de la norme 1981–2010. Cela correspond à 12 mm et donc à environ une seule journée fortement arrosée, alors que la norme nationale d'avril est de presque 100 mm. Avec les précipitations de la fin du mois, la somme des précipitations moyennes nationales a atteint 50 % de la norme 1981–2010

Sécheresse persistante

Au cours des trois premières semaines d'avril, il n'y a eu aucune précipitation sur le Plateau ainsi que dans le nord et le nord-ouest de la Suisse. Cependant, le manque persistant de précipitations n'a pas seulement affecté le mois d'avril. Il avait déjà débuté en mars. A Genève, la période sans pluie a duré 43 jours. La plus longue période sans précipitations à ce jour à Genève avait duré 41 jours, du 17 janvier au 26 février 1896.

C'est Neuchâtel qui a enregistré l'une des plus longues périodes sans précipitations au Nord des Alpes avec 52 jours. Cela s'est passé du 19 mars au 9 mai 1893. Sinon, les périodes les plus longues sans précipitations au Nord des Alpes sur les sites dont les mesures ont plus de 100 ans, sont de 45 jours au maximum.

Au Sud des Alpes, les longues périodes sans précipitations sont plus fréquentes qu'au Nord. Les périodes sans pluie de plus d'un mois se produisent en moyenne tous les deux ans et demi. La plus longue période sans précipitations à ce jour, de décembre 1988 à février 1989, a duré 77 jours à Lugano et 63 jours à Locarno-Monti. Comme il a plu à la fin du mois de mars et à la fin du mois d'avril, il n'y a pas eu une longue période sèche.

Une longue souffrance au Sud des Alpes

Le Sud des Alpes a souffert d'un manque massif de précipitations durant les quatre premiers mois de l'année 2020. Depuis janvier 2020, les sommes pluviométriques ont été extrêmement faibles. En revanche, au cours des trois mois précédents, d'octobre à décembre 2019, le Sud des Alpes avait été copieusement arrosé. Cependant, au cours des deux années 2019 et 2020, les mois avec des précipitations inférieures à la moyenne ou très inférieures à la moyenne ont été clairement majoritaires.

En moyenne sur les deux sites de mesures Lugano et Locarno-Monti, la somme des précipitations des mois de janvier à avril n'a atteint que 48 % de la norme 1981–2010. Au cours des dernières décennies, des périodes janvier-avril similaires avec de faibles précipitations ou encore plus pauvres en précipitations se produisent tous les 5–10 ans.

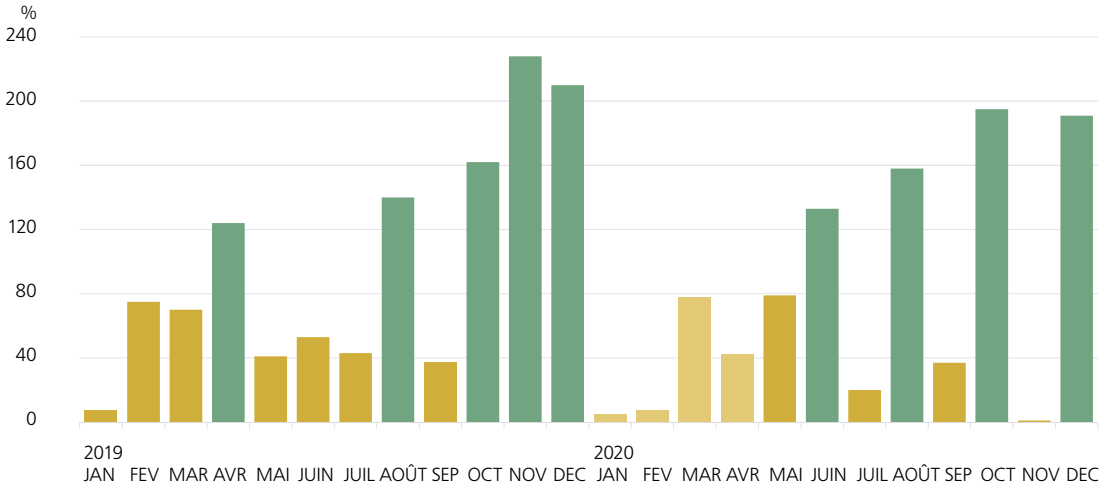


Figure 3.3
Somme des précipitations mensuelles pour 2019 et 2020 à Locarno-Monti en % de la norme 1981–2010. Les quantités supérieures à la moyenne sont indiquées en vert, celles inférieures à la moyenne en brun. Le brun plus clair montre la sécheresse de janvier à avril 2020

3.3
Intempéries à la fin du mois d'août

Du 28 au 30 août, avec un fort courant de sud-ouest, de l'air méditerranéen chaud et humide a été continuellement entraîné contre les versants sud des Alpes. Les 28 et 29 août, de fortes pluies orageuses sont tombées au Tessin et dans les régions voisines du canton des Grisons. Les 29 et 30 août, les fortes précipitations se sont également étendues sur la partie orientale des versants nord des Alpes. Ces intempéries ont été provoquées par un petit système dépressionnaire se déplaçant du golfe de Gênes vers le nord-est à travers les Alpes.

Beaucoup d'eau au Sud

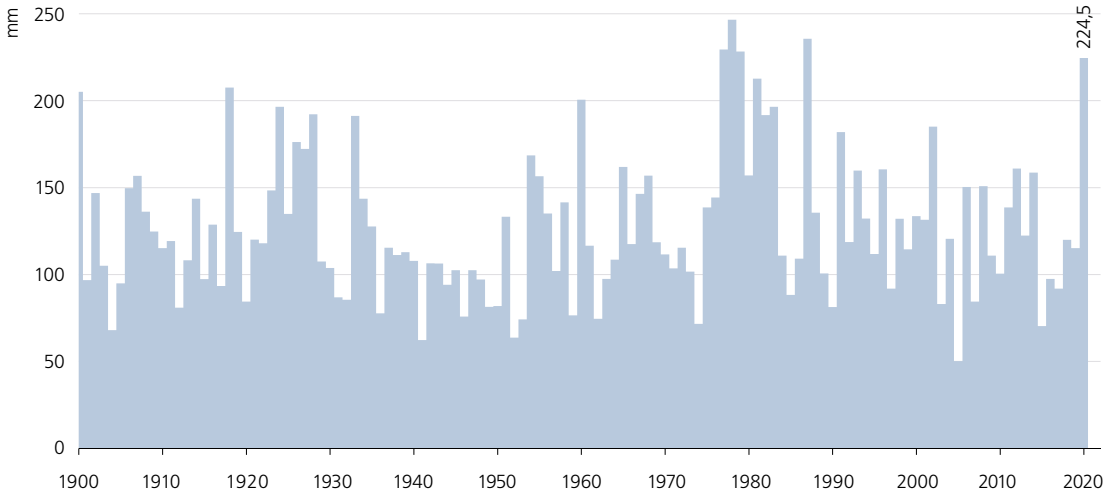
Au Sud des Alpes, les sommes sur deux jours, du matin du 28 août au matin du 30 août, ont atteint plus de 150 mm sur certains sites de mesures et localement plus de 260 mm dans la région du val Maggia. Dans les zones voisines du Nord et du Centre des Grisons, 90–140 mm ont été mesurés. Sur plusieurs sites de mesures, les pluies d'un mois d'août moyen sont tombées en deux jours. Le Mendrisiotto et le sud du Val Poschiavo ont été significativement moins touchés, avec un total sur deux jours de 40 à presque 100 mm.

Pas vu cela depuis longtemps

En comparaison climatologique, ces sommes sur deux jours ne sont pas si inhabituelles. Dans de nombreuses régions du Sud des Alpes, ainsi que du Nord et du Centre des Grisons, des précipitations de ce type se produisent plus souvent que tous les dix ans, localement tous les 10–25 ans.

Néanmoins, l'intensité de la pluie du 29 août 2020 n'a pas été courante pour certains endroits. La station de mesures de Cevio, située dans une zone régulièrement touchée par des pluies très abondantes, a enregistré une somme journalière de 224,5 mm. Les derniers cumuls quotidiens comparables à Cevio ont été enregistrés il y a plus de 30 ans, en 1987, année légendaire pour ses intempéries, où 222,7 mm étaient tombés le 18 juillet et 235,6 mm le 24 août. Depuis lors, les sommes journalières les plus élevées sont restées nettement inférieures.

Figure 3.4
Somme journalière maximale de l'année des précipitations à Cevio depuis le début des mesures en 1900.



3.4 Intempéries au début du mois d'octobre

Le 2 octobre, la profonde dépression Alex (Brigitte en Suisse alémanique) au-dessus de la Bretagne a provoqué un fort courant de sud-ouest au-dessus des Alpes, ce qui a dirigé de l'air méditerranéen humide vers le Sud des Alpes. D'énormes quantités d'eau sont localement tombées dans le massif alpin. Les précipitations les plus fortes se sont produites au Sud des Alpes, ainsi que sur la partie occidentale et centrale de la crête principale des Alpes. Les vents du sud parfois tempétueux ont aussi transporté ces précipitations vers l'Oberland bernois et la Suisse centrale, où des quantités considérables ont également été mesurées.

Des précipitations extrêmes

Au Sud des Alpes et dans les régions voisines du Valais au Nord des Grisons en passant par le massif du Gothard, la somme journalière des précipitations a souvent atteint 100 à 250 mm. Sur l'ouest du Tessin, il est même tombé près de 400 mm. La valeur la plus élevée a été mesurée à Camèdo avec 421 mm.

Des sommes de précipitations aussi élevées en un jour sont rarement enregistrées. Dans les régions les plus touchées, les quantités tombées ne sont attendues que tous les 10–30 ans. Dans le triangle Simplon-Gothard-Locarno, elles ne sont attendues que tous les 50 ans (chapitre 2 «Fortes précipitations exceptionnelles»).

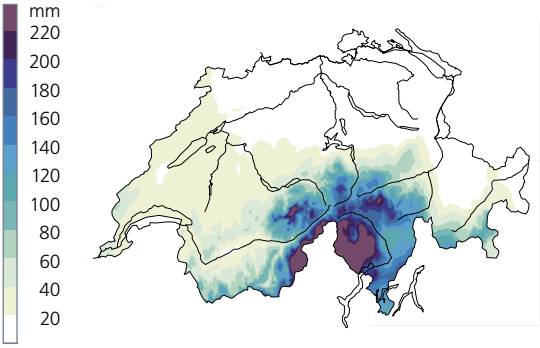


Figure 3.5
Somme journalière des précipitations du 2 octobre 2020. Les précipitations ont été mesurées entre le 2 octobre à 6h00 et le 3 octobre à 6h00 UTC.

Des sommes record

Dans deux stations ayant une série de mesures de 120 ans, de nouveaux records ont été établis sur une somme journalière: Binn, dans le Haut-Valais, a enregistré 259 mm. Le précédent record avait été de 226 mm, mesuré en octobre 2000. A Sedrun, dans le Rhin antérieur, il est tombé 145 mm. En deuxième position, on trouve les 126 mm enregistrés en mai 2002.

Deux autres stations avec des séries de mesures de 120 ans ont également enregistré les deuxièmes cumuls journaliers les plus élevés: les 421 mm de Camèdo déjà mentionnés ci-dessus n'ont été dépassés que par la valeur record de 455 mm, tombée en août 1935. Mosogno a enregistré 373 mm. Ici aussi, la valeur record de 412 mm en septembre 1983 avait été nettement plus élevée.

Tempête du sud / sirocco

En plus des énormes précipitations régionales, le fort courant de sud-ouest au-dessus des Alpes s'est également transformé en tempête méridionale. Un violent sirocco a balayé les régions de plaine du Sud des Alpes les 2 et 3 octobre avec des rafales de 70–100 km/h.

La tempête du sud a provoqué des rafales nettement plus fortes en montagne et dans les vallées à foehn du Nord des Alpes avec des pointes de 120–160 km/h. Les valeurs les plus élevées ont été relevées sur le Gütsch (2286 m) avec 169 km/h et sur le Matro (2171 m) à 181 km/h. Ici, il s'agit de la deuxième rafale la plus élevée de la série de mesures disponibles depuis 1993. La plus forte rafale de foehn a été mesurée à Elm (GL) avec 159 km/h. Il s'agit de la valeur la plus élevée de la série de mesures disponibles depuis 1997.

Même si les rafales ont localement été très violentes, elles ont été nettement moins exceptionnelles que les quantités de précipitations. Dans la plupart des zones touchées, les rafales mesurées peuvent être attendues tous les 1–3 ans, régionalement tous les 3–10 ans.

4| Climat global et événements météorologiques

Avec un écart de +0,8 °C par rapport à la norme 1961–1990, l'année 2020 conclut la décennie la plus chaude depuis le début des mesures. Il s'agit de la deuxième année la plus chaude en moyenne mondiale, derrière 2016 – et ce malgré une phase La Niña plutôt fraîche à partir du mois d'août. Les années 2014–2020 sont également les sept années les plus chaudes du jeu de données de l'université d'East Anglia. La situation décrite ci-dessous se fonde principalement sur la Déclaration annuelle de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) [9] sur l'état du climat mondial et sur le rapport climatique global de la National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) [10].

4.1 Deuxième année la plus chaude au niveau mondial

La deuxième année la plus chaude à ce jour du jeu de données de l'Université d'East Anglia, derrière 2016 et devant 2015 et 2019, a présenté un écart de +0,8 °C par rapport à la norme 1961–1990 (Figure 4.1). Par rapport à la norme 1981–2010, l'excédent a été de +0,5 °C. Les sept dernières années depuis 2014 ont été les plus chaudes jamais enregistrées. Jamais, depuis le début des relevés systématiques, une décennie n'a été aussi chaude que la dernière allant de 2011–2020.

Dans de nombreuses régions du monde, 2020 a été l'année la plus chaude ou la deuxième plus chaude jamais enregistrée. Toutes les grandes surfaces terrestres, à l'exception des Territoires du Nord-Ouest canadien, de l'Alaska et du nord de l'Inde, ont connu des températures annuelles moyennes élevées en 2020 par rapport à la norme 1961–1990. Une grande partie de la Russie (+3 °C ou plus) et de l'Europe (+2–3 °C) se sont particulièrement écartées de la norme en 2020. Sur le Pacifique équatorial oriental, la température globale a été légèrement inférieure à la norme à partir du milieu de l'année en raison des conditions La Niña.

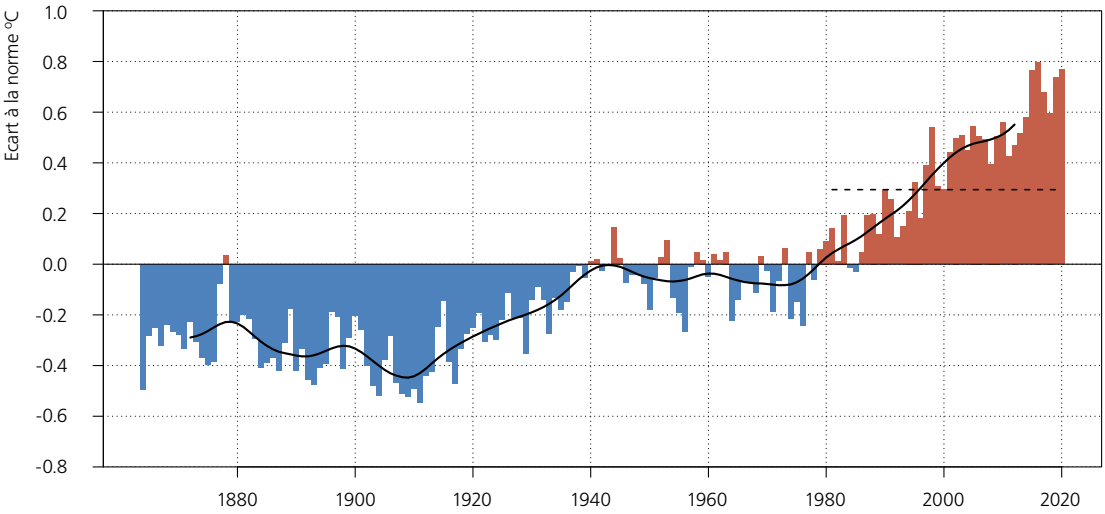


Figure 4.1
Evolution à long terme de la température globale moyenne (terres émergées et océans). Le graphique indique l'écart annuel de la température à la norme 1961–1990 (rouge = écarts positifs, bleu = écarts négatifs). La courbe noire indique la moyenne pondérée sur 20 ans. La ligne pointillée montre la norme 1981–2010.

Données: University of East Anglia, 2020 [11], nouveau jeu de données HadCRUT4.6.0.0

Le changement total de la température annuelle mondiale (terre et eau) entre les deux périodes de référence 1871-1900 et 1981-2010 est de +0,60 °C selon le jeu de données de l'Université d'East Anglia [11]. La température moyenne mondiale est d'environ 15 °C. La tendance générale de l'évolution de la température globale à long terme, avec l'accumulation d'années très chaudes ces derniers temps, se retrouve également dans la série de températures pour la Suisse (Figure 5.3).

4.2
El Niño et La Niña

Comme les deux années précédentes, 2020 a également été une année très chaude avec des conditions plutôt neutres, voire La Niña. Des épisodes El Niño et La Niña alternent avec une périodicité moyenne d'environ quatre à sept ans. El Niño, ou El Niño Southern Oscillation (ENSO), est un facteur principal qui contribue aux variations annuelles de la température globale. Ainsi, les années marquées par les conditions El Niño sont souvent plus chaudes à l'échelle mondiale, tandis que les années marquées par La Niña ont tendance à être plus fraîches.

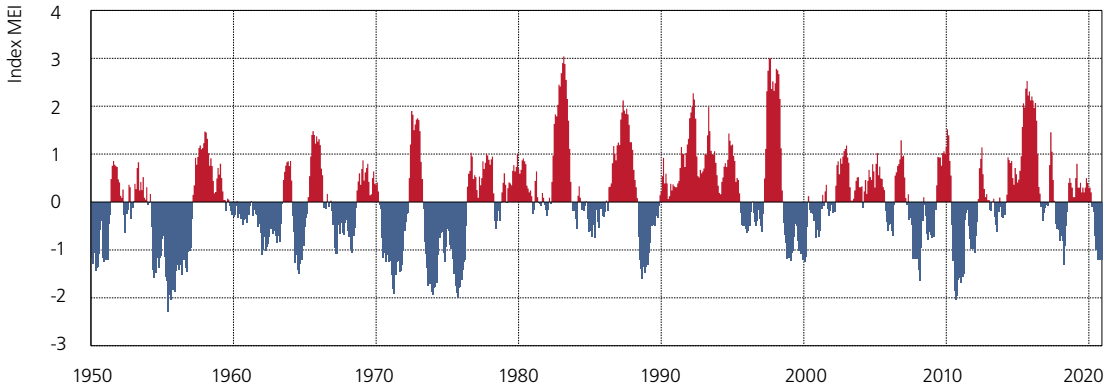


Figure 4.2
Indice multivarié d'El Niño Southern Oscillation (MEI) 1950–2020. Les valeurs indicielles de la phase El Niño (phase chaude) sont indiquées en rouge, les valeurs indicielles de la phase La Niña (phase froide) en bleu. Le MEI est calculé à partir de la pression de surface, des composantes est-ouest et nord-sud du vent de surface, de la température de surface de la mer, de la température de l'air au niveau de la mer et de la couverture nuageuse. Les mesures sont effectuées dans la partie équatoriale de l'océan Pacifique. Les données sont disponibles sous [12].

4.3
Evénements particuliers

Pour les pays d'Europe, 2020 a été largement l'année la plus chaude ou la deuxième plus chaude depuis le début des mesures systématiques. En août, l'Europe occidentale a connu une vague de chaleur marquée avec de nouveaux records de température dans le nord de la France et aux Pays-Bas. La station de mesures néerlandaise de De Bilt, par exemple, a enregistré pour la première fois huit jours consécutifs avec plus de 30 °C. En septembre, la chaleur s'est déplacée vers la région méditerranéenne orientale. Jérusalem et Eilat ont établi de nouveaux records historiques avec respectivement 42,7 °C et 48,9 °C le 4 septembre 2020.

En 2020, l'Europe a de nouveau connu une sécheresse, mais pas aussi prononcée que les deux années précédentes. En Europe centrale et orientale, le mois d'avril a été particulièrement peu arrosé. La Roumanie et le Belarus ont connu le mois d'avril le moins arrosé jusqu'à présent, tandis que l'Allemagne et la République tchèque ont connu le deuxième mois d'avril le plus sec depuis le début des relevés.

Des vagues de chaleur et des sécheresses se sont également produites dans de nombreux autres endroits du globe, comme à l'intérieur de l'Amérique du Sud, dans les Caraïbes et au Mexique ou en Sibérie. Sur le continent sud-américain, elle a principalement touché le nord de l'Argentine, le Paraguay et l'ouest du Brésil, où l'agriculture a subi d'énormes pertes dues à la sécheresse. A Cuba, un nouveau record national de température a été établi à 39,7 °C à Veguitas le 12 avril 2020. Au Mexique, une valeur de 48,8 °C a été mesurée le même jour. En Russie, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en juin. Verkhoyansk a enregistré 38,0 °C, ce qui est, en l'état actuel des choses, la température la plus élevée jamais enregistrée au-dessus du cercle polaire. En Sibérie, mais aussi dans l'ouest des Etats-Unis et en Australie, la sécheresse a provoqué des feux de forêt et de brousse exceptionnellement importants et destructeurs. La chaleur extrême a conduit à une température de 54,4 °C dans la Vallée de la Mort le 16 août 2020, soit la température mondiale la plus élevée depuis plus de 80 ans. En Australie, la sécheresse prolongée qui sévit depuis 2017 s'est poursuivie en 2020, entraînant à nouveau des feux de brousse.

L'Amérique du Sud a connu un hiver froid. En août, par exemple, de nouveaux records de froid ont été établis dans certains endroits du Paraguay. En Patagonie, la hauteur de la neige a été la deuxième plus importante depuis 2000. Dans d'autres endroits, les hivers ont été relativement doux et la couverture neigeuse extrêmement mince, par exemple en Europe du Nord.

L'Asie et l'Afrique, notamment, ont été touchées par de grosses inondations en 2020. La Corne de l'Afrique a reçu des précipitations supérieures à la moyenne de mars à mai. Dans la zone du Sahel, entre le Sénégal et le Soudan, la mousson d'été a apporté des précipitations supérieures à la normale. Les inondations associées ont causé de nombreux décès, directement par la force des masses d'eau et indirectement par la propagation d'agents pathogènes.

En Inde, la saison de la mousson en 2020 a été l'une des plus fortes depuis 1994. Des pluies diluviennes et des inondations ont fait plus de 2000 morts en Inde, au Pakistan, au Népal, au Bangladesh et au Myanmar. En Chine, la région autour du barrage des Trois-Gorges a été touchée par de fortes pluies et d'importantes inondations. Certains pays d'Asie du Sud-Est ont également reçu d'énormes masses d'eau. Le Vietnam a été le plus touché, avec une série de systèmes tropicaux s'ajoutant aux pluies de mousson, dont pas moins de huit ont touché terre en cinq semaines. A Huê, 1800 mm de précipitations sont tombés dans la semaine du 7 au 13 octobre. Cela correspond à environ une année de précipitations dans les Préalpes suisses.

Les conditions La Niña, telles qu'elles ont prévalu à partir d'août 2020, sont associées à une activité cyclonique supérieure à la moyenne dans l'Atlantique Nord, qui s'est manifestée par un nombre record de systèmes tropicaux nommés dans cette région en 2020. Au total, 30 systèmes tropicaux ont été recensés dans l'Atlantique Nord jusqu'au 17 novembre, soit plus du double de la moyenne à long terme. Le précédent record pour une saison entière, établi en 2005, a également été dépassé. L'ouragan Laura a causé les plus gros dégâts aux Etats-Unis.

5| Surveillance du climat

Le chapitre «Surveillance du climat» fournit un aperçu de l'évolution à long terme du climat en Suisse, en référence à l'année du rapport. Pour les paramètres principaux, la température et les précipitations, l'évolution du climat peut être retracée depuis le début des mesures officielles à l'hiver 1863/64. Pour la plupart des autres paramètres, des séries de mesures existent depuis 1959.

Le chapitre est structuré selon les variables climatiques essentielles du Système mondial d'observation du climat (Global Climate Observing System GCOS) [13]. A partir de là, l'atmosphère et la surface terrestre sont traitées, l'accent étant mis sur les observations au niveau du sol (Tableau 5.1). Il s'agit des séries de mesures classiques de la température et des précipitations et des paramètres qui en sont dérivés. L'origine des données et les méthodes sont traitées séparément au point 5.3.

Tableau 5.1
Variables climatiques essentielles selon le GCOS Second Adequacy Report [14], complétées par les variables s'appliquant spécifiquement à la Suisse. Tiré de [13].

Domaine		Variables climatiques essentielles
Atmosphérique	Mesures au sol	Température de l'air, précipitations, pression atmosphérique, bilan du rayonnement en surface, vitesse et direction du vent, vapeur d'eau
	Atmosphère libre	Bilan radiatif (rayonnement solaire incl.), température, vitesse et direction du vent, vapeur d'eau, nuages
	Composition	Dioxyde de carbone, méthane, ozone, autres gaz à effet de serre, aérosols, pollen
Océanique	Variables de surface	Température de surface de la mer, salinité, niveau de la mer, état de la mer, glaces marines, courants, activité biologique, pression partielle en CO_2
	Variables sub-superficielles	Température, salinité, courants, nutriments, carbone, traceurs océaniques, phytoplancton
Terrestre		Ecoulement, lacs, eaux souterraines, utilisation de l'eau, isotopes, couverture neigeuse, glaciers et calottes glaciaires, pergélisol, albédo, couverture terrestre (y compris le type de végétation), indice de surface foliaire, activité photosynthétique, biomasse, perturbation par le feu, phénologie

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a établi un ensemble d'indicateurs climatiques spécifiquement définis à partir de la température et des précipitations dans le but d'enregistrer l'évolution du régime des températures et des précipitations de façon détaillée et uniforme à l'échelle mondiale [15]. En outre, d'autres indicateurs climatiques spécifiques à la Suisse sont abordés ici. Selon une recommandation de l'OMM concernant les analyses de l'évolution du climat, la période de référence 1961–1990 est utilisée dans ce chapitre [15], [16].

Tableau 5.2
Indicateurs climatiques utilisés dans le domaine atmosphérique et le domaine terrestre. Les indicateurs OMM sont définis dans l'OMM/ETCCDI [15].

Désignation	Définition	Signification/caractéristique
Température	Température moyenne journalière conventionnelle (du matin au matin suivant), agrégée en température mensuelle et annuelle	Indicateur clé des changements climatiques et variable climatique essentielle [13].
Jours de gel (OMM)	Jours de l'année civile affichant une température minimale $T_{min} < 0$ °C	Le nombre de jours de gel dépend essentiellement de l'altitude de la station. Indicateur climatique particulièrement pertinent à haute altitude.
Journées d'été (OMM)	Jours de l'année civile affichant une température maximale $T_{max} \geq 25$ °C	Le nombre de jours d'été dépend essentiellement de l'altitude de la station. Indicateur climatique particulièrement pertinent à basse altitude
Limite du zéro degré	Altitude à laquelle le thermomètre affiche zéro degré, déterminée sur la base des mesures effectuées par les stations au sol et au moyen de ballons-sondes	L'altitude de la limite du zéro degré est un indicateur de la température de l'atmosphère compte tenu du facteur altimétrique.
Précipitations	Somme journalière conventionnelle (du matin au matin suivant), agrégée en somme mensuelle et annuelle	Indicateur clé des changements climatiques et variable climatique essentielle [13].
Jours de fortes précipitations (OMM)	Jours de l'année civile présentant des précipitations journalières $P \geq 20$ mm	Le seuil de plus de 20 mm ne correspond pas à un niveau de précipitations extrêmes rares. Des niveaux de 20 mm sont enregistrés plusieurs fois par an en Suisse.
Précipitations des jours très humides (OMM)	Somme des précipitations des jours de l'année civile où les précipitations journalières atteignent $P > 95^{ème}$ percentiles des précipitations journalières (référence: 1961–1990)	Une journée est considérée comme très humide lorsque la somme des précipitations est supérieure à la moyenne à long terme des 18 jours les plus humides de l'année.
Nombre max. de jours consécutifs sans précipitations (OMM)	Nombre maximum de jours consécutifs dans l'année civile où les précipitations journalières sont inférieures à $P < 1$ mm	Période ininterrompue de jours consécutifs sans précipitations (moins de 1 mm de précipitations).
Indice de sécheresse	SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index); Ecart par rapport au bilan hydrique moyen (différence entre les précipitations et l'évaporation potentielle)	La valeur indicielle d'un mois déterminé indique le déficit d'eau accumulé / l'excédent d'eau accumulé au cours de la période qui précède par rapport à la norme.
Somme de neige fraîche	Somme de neige fraîche des mois d'octobre à mars (semestre d'hiver)	Les quantités de neige et les chutes de neige fraîche dépendent – dans un rapport complexe – de la température et des précipitations. Elles réagissent donc de manière très sensible aux changements climatiques à long terme [17], [18], [19], [20], [21].
Jours de neige fraîche	Nombre de jours de neige fraîche mesurable des mois d'octobre à mars (semestre d'hiver)	

5.1 Atmosphère

5.1.1 Mesures au sol

Les indicateurs climatiques de l'OMM utilisés ici (Tableau 5.2) sont représentés essentiellement à titre d'exemple à la lumière des séries de mesures des stations de Berne (zone de plaine du Nord des Alpes), Sion (vallée alpine), Davos (région alpine) et Lugano (Tessin). Ils sont calculés en tant que valeurs annuelles (nombre de jours de gel par an par exemple), étant entendu que l'on se réfère toujours à l'année civile (du 1er janvier au 31 décembre).

Informations complémentaires sur les indicateurs climatiques: meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/indicateurs-de-climat.html

Température

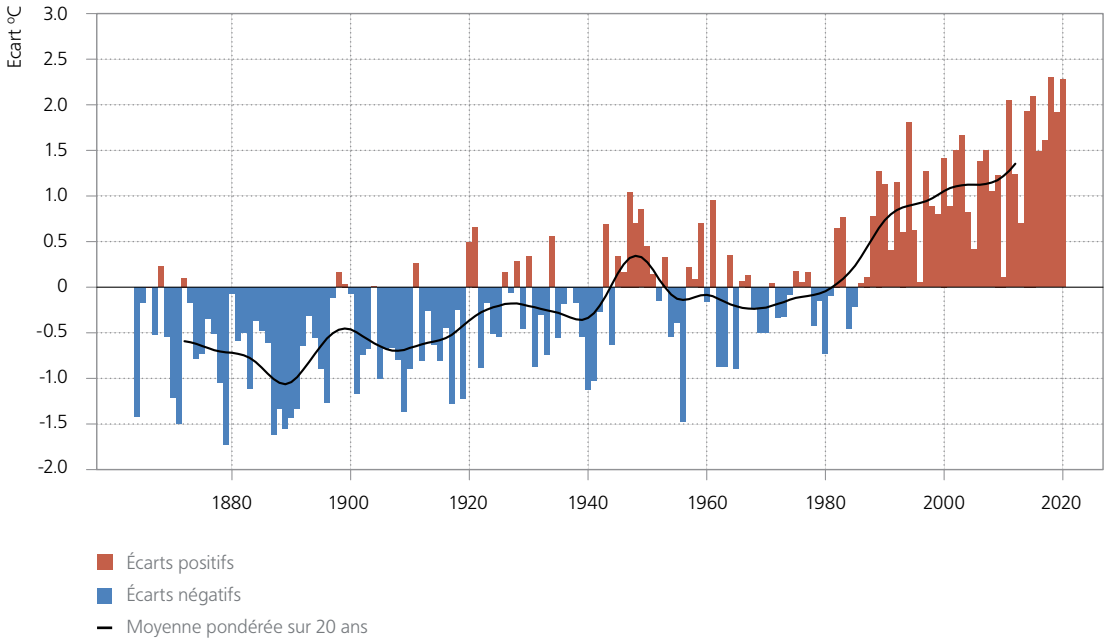
A égalité avec 2018, 2020 a été l'année la plus chaude depuis le début des mesures en 1864, avec un écart de +2,3 °C par rapport à la norme 1961–1990 en moyenne nationale. La différence entre les deux températures annuelles n'a été que de 0,03 °C, 2020 ayant été légèrement plus bas que 2018, mais avec une marge non significative.

Trois mois et deux saisons de l'année 2020 ont figuré parmi les quatre plus chauds depuis le début des mesures en 1864, avec leurs températures bien supérieures à la moyenne. L'hiver 2019/20 a été le plus chaud jamais enregistré, avec un écart de +3,5 °C par rapport à la norme 1961–1990. Il a été suivi par le troisième printemps le plus chaud avec un écart thermique de +2,9 °C. L'été 2020 a également été nettement supérieur à la norme 1961–1990 avec +2,0 °C.

Avec -0,7 °C, octobre a été le seul mois de l'année 2020 où la température a été inférieure à la moyenne. Cependant, comme les mois de septembre et de novembre ont été bien supérieurs à la moyenne, cela a également donné lieu à un automne plus chaud de +1,4 °C par rapport à la norme 1961–1990. En moyenne nationale, le semestre d'hiver 2019/20 a été le deuxième le plus chaud depuis le début des mesures en 1864, tandis que le semestre d'été a été le quatrième le plus chaud.

Le changement climatique mondial entraîne également une hausse de température fortement significative en Suisse. La tendance à long terme de la température annuelle est de +1,4 °C/100 ans, ce qui correspond à un changement total de +2,2 °C (1864–2020). Pour la période à partir de 1961, la tendance linéaire est plus forte. Le réchauffement s'est accéléré au cours des dernières décennies. Le Tableau 5.3 donne un aperçu de l'évolution des températures.

Figure 5.1
Evolution à long terme de la température annuelle moyenne pour l'ensemble de la Suisse. Le graphique indique l'écart annuel de la température à la norme 1961–1990.



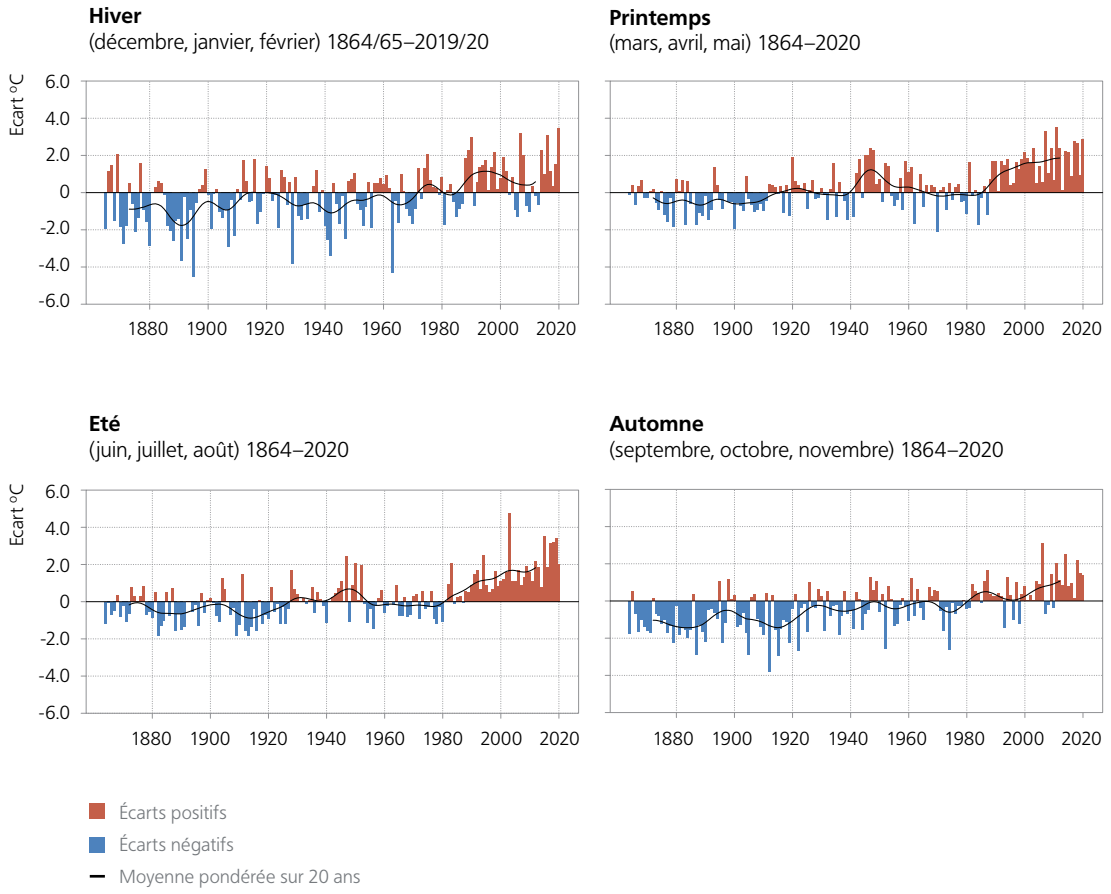


Figure 5.2

Evolution à long terme de la température saisonnière moyenne pour toute la Suisse. Le graphique indique l'écart annuel de la température saisonnière à la norme 1961–1990.

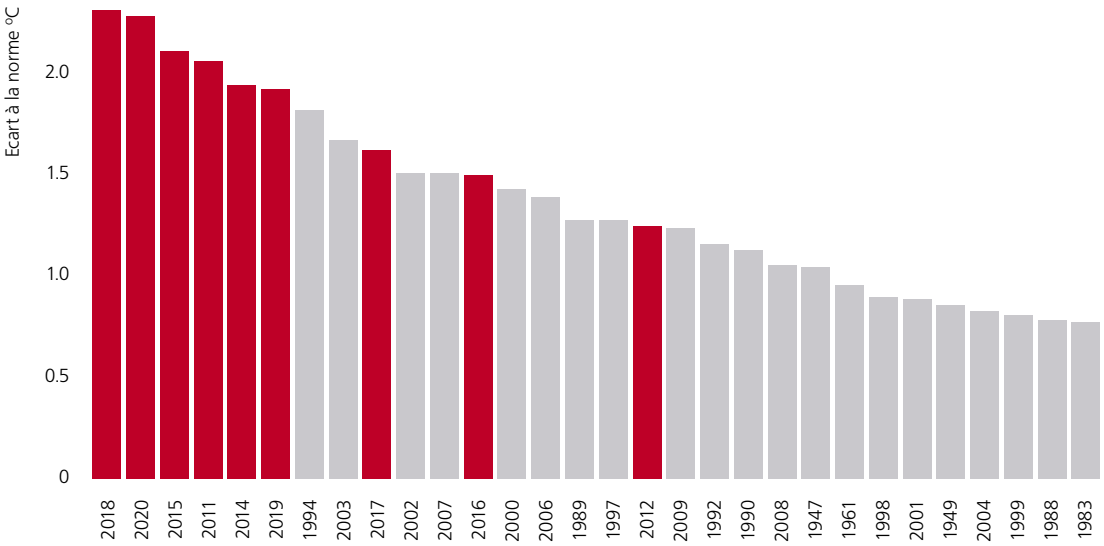
Tableau 5.3
Tendances des températures saisonnières et annuelles en °C par tranche de 10 ans au cours des périodes 1864–2020, 1901–2020 et 1961–2020, (valeurs moyennes pour toute la Suisse). Les données de signification sont expliquées dans la section température sous 5.3 origine des données et méthodes.

Période	Printemps mars–mai	Eté juin–août	Automne septembre–novembre	Hiver décembre–février	Année janvier–décembre
1864–2020	+0,14 °C fortement significatif	+0,15 °C fortement significatif	+0,14 °C fortement significatif	+0,13 °C fortement significatif	+0,14 °C fortement significatif
1901–2020	+0,17 °C fortement significatif	+0,21 °C fortement significatif	+0,18 °C fortement significatif	+0,16 °C fortement significatif	+0,18 °C fortement significatif
1961–2020	+0,48 °C fortement significatif	+0,53 °C fortement significatif	+0,26 °C fortement significatif	+0,35 °C fortement significatif	+0,40 °C fortement significatif

Les années affichant les températures les plus élevées sont fréquentes au cours des dernières décennies. Parmi les 30 années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1864, seules quelques-unes ont été enregistrées avant 1990 (1989, 1947, 1961, 1949, 1988, 1983). Les six premières années ayant toutes eu lieu après 2010 (Figure 5.3). Seules les années 2010 et 2013 ne figurent pas parmi les 30 plus chaudes en Suisse. L'évolution à long terme de la température en Suisse avec une accumulation d'années très chaudes récemment se retrouve également dans la série des températures globales (Figure 4.1).

En l'absence de mesures efficaces de protection du climat à l'échelle mondiale, on s'attend à une poursuite du net réchauffement en Suisse en raison du changement climatique anthropique. Selon les scénarios climatiques CH2018, l'augmentation annuelle moyenne de la température d'ici la fin du 21e siècle devrait se situer entre 3,3 et 5,4 °C par rapport à la moyenne 1981-2010. Le plus fort réchauffement saisonnier de 4,1–7,2 °C est attendu en été, dans le au cas où les émissions mondiales de gaz à effet de serre continueraient comme avant [8].

Figure 5.3
Classement des 30 années les plus chaudes depuis 1864. Les barres montrent l'écart de la température annuelle moyenne en Suisse à la norme 1961–1990. Les années de chaleurs record depuis 2010 sont représentées en rouge.



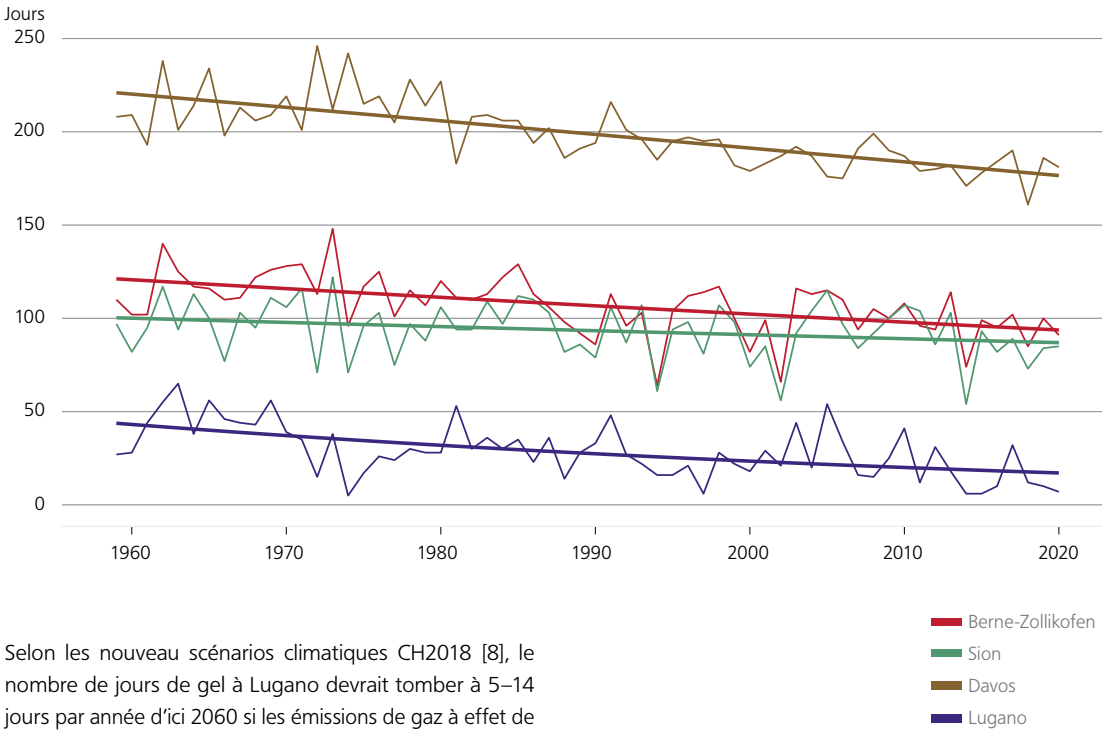
Informations complémentaires sur l'évolution de la température en Suisse:
meteosuisse.admin.ch/home/climat/changement-climatique-suisse/evolution-de-la-temperature-et-des-precipitations.html
meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/tendances-observees-aux-stations.html
nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisses/commander-la-brochure-ch2018.html
nccs.admin.ch/nccs/fr/home/bibliotheque-de-donnees-et-de-medias/daten/atlas-web-ch2018.html

Jours de gel

En raison de l'hiver le plus chaud depuis le début des mesures, le nombre de jours avec une température minimale inférieure à 0 °C en 2020 a été bien inférieur à la moyenne sur tous les sites de mesures énumérés ici. A la station de Davos, la plus élevée en altitude des quatre, 181 jours de gel ont été atteints (norme 210). A Berne, il a été enregistré 91 jours de gel (norme 115), à Sion 85 jours de gel (norme 97). A Lugano, avec sept jours, cela n'a représenté que 20 % de la norme 1961–1990 (35 jours de gel).

Suite au net réchauffement des hivers des dernières décennies, on constate une diminution significative du nombre de jours de gel dans les séries de mesures de Berne, Davos, Sion et Lugano. Entre deux (dans le cas de Sion) et sept (Davos) jours de gel en moins sont enregistrés par décennie.

Figure 5.4
Evolution dans le temps des jours de gel (jours de l'année civile affichant une température minimale <0 °C) pour les stations de Berne, Sion, Davos et Lugano.



Selon les nouveau scénarios climatiques CH2018 [8], le nombre de jours de gel à Lugano devrait tomber à 5–14 jours par année d'ici 2060 si les émissions de gaz à effet de serre ne diminuent pas. Sur ce site, l'hiver 2019/20 s'est donc placé dans la fourchette de ce qui sera considéré comme normal vers 2060 dans le cadre d'un scénario de fortes émissions. A Berne, 53–69 jours de gel par année sont encore attendus. Il y aurait donc une nouvelle réduction significative du nombre moyen de jours de gel par rapport à un hiver comme 2019/20.

Journées d'été

L'été 2020 a été plus chaud que la moyenne. Par conséquent, un grand nombre de journées d'été a été enregistré dans de nombreux endroits en Suisse. Ces jours-là, la valeur maximale a atteint 25 °C ou plus. Sur les sites de Berne, Lugano et Davos, les chiffres de l'année précédente n'ont pas été dépassés. A Berne, 53 jours d'été ont été enregistrés (norme 31), à Lugano 84 (norme 50) et à Davos 5 (norme 1). En 2019, il y a eu 13 jours d'été à cet endroit situé en altitude. Seul Sion a connu plus de jours d'été en 2020 (101 jours) que l'année précédente (90), alors que la norme 1961–1990 est de 55 jours d'été.

Dans les quatre séries de mesures présentées, la tendance à l'augmentation du nombre de jours d'été est significative. Chaque décennie Berne affiche environ cinq journées d'été de plus, Sion sept et Lugano presque huit de plus. A Davos, à 1600 mètres, la hausse est de deux journées d'été par décennie.

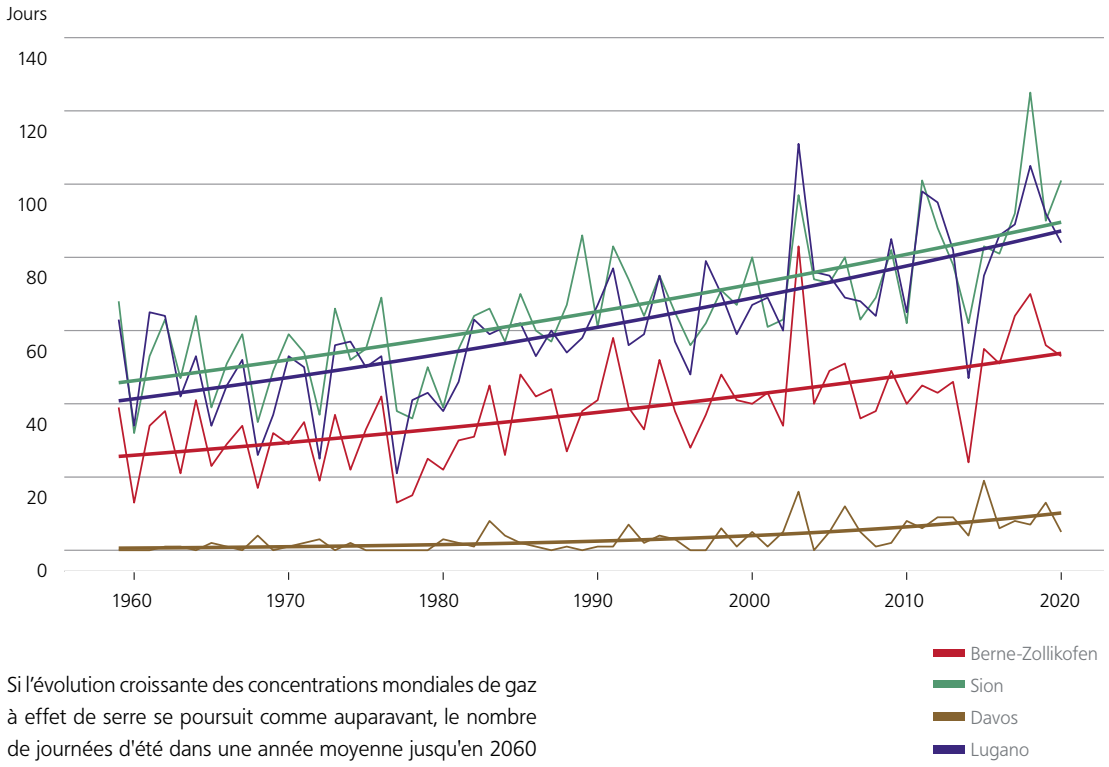


Figure 5.5
Evolution dans le temps des journées d'été (jours de l'année civile affichant une température maximale ≥25 °C) pour les stations de Berne, Sion, Davos et Lugano.

Si l'évolution croissante des concentrations mondiales de gaz à effet de serre se poursuit comme auparavant, le nombre de journées d'été dans une année moyenne jusqu'en 2060 dans les régions basses du pays devrait plus que doubler par rapport à la norme 1961–1990. Pour Berne, 68–90 journées d'été pourraient devenir la norme. Pour Davos, il est attendu 15-40 journées d'été d'ici 2060, ce qui correspond approximativement à l'amplitude des fluctuations de la norme 1961–1990 à Berne [8].

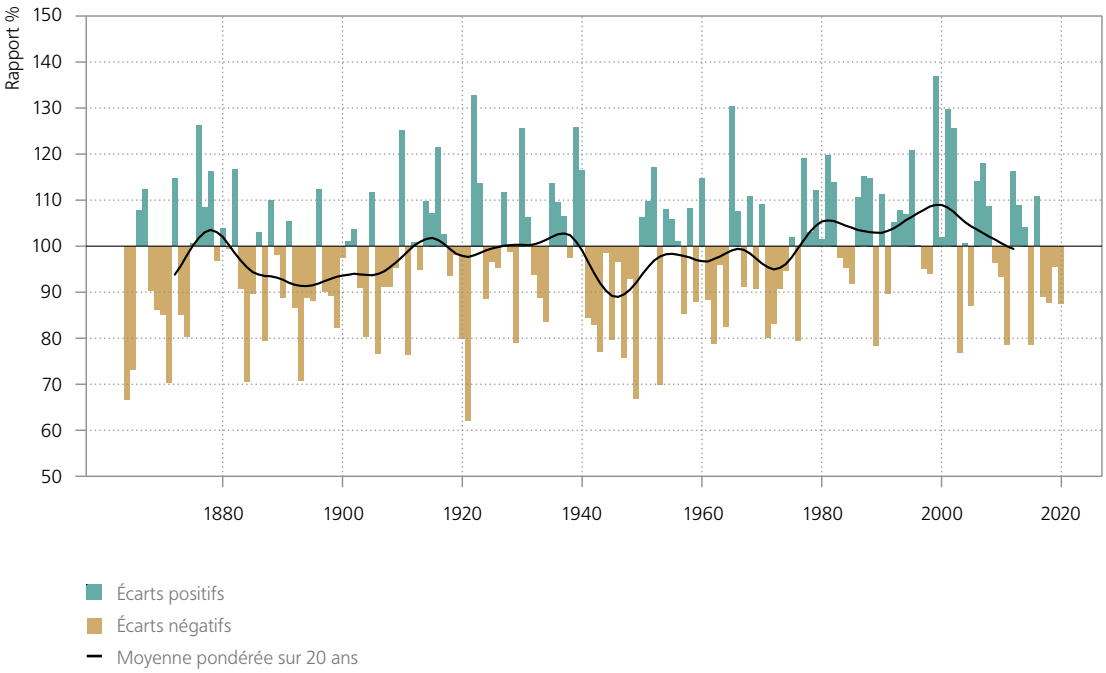
Précipitations

En 2020, les précipitations ont représenté 88 % de la norme 1961–1990 sur le Plateau, soit la quatrième année consécutive avec des conditions moyennes trop sèches (Figure 5.6). Les précipitations les plus faibles par rapport à la norme ont été enregistrées au printemps 2020, avec 71 %. L'été et l'automne 2020 ont enregistré des précipitations légèrement inférieures à la norme 1961–1990, avec 93 % et 89 %. Les précipitations hivernales sont restées proche de la normale avec 103 % (Figure 5.7).

Dans le Sud de la Suisse, les précipitations en 2020 ont été exactement conforme à la norme 1961–1990. Les différentes saisons ont également plus ou moins correspondu à la normale. L'hiver, le printemps et l'automne sont restés très proches de la norme avec respectivement 98 %, 92 % et 101 %, seul l'été a été légèrement trop humide avec 115 % de la norme (Figure 5.9).

Sur le Plateau, on observe une tendance à long terme (1864–2020) des précipitations annuelles à la hausse de +0,6 %/10 ans. Sur le plan saisonnier, cependant, une tendance significative n'apparaît toutefois qu'en hiver (+2,1 %/10 ans). Au printemps, en été et en automne, il n'y a pas de tendance significative vers des précipitations plus ou moins importantes. Le Sud de la Suisse ne présente aucune tendance significative, ni annuelle, ni saisonnière. Le Tableau 5.4 et le Tableau 5.5 donnent un aperçu général des tendances des précipitations au Nord et au Sud des Alpes.

Figure 5.6
Evolution à long terme des sommes des précipitations annuelles moyennes sur le Plateau. Le rapport des sommes des précipitations annuelles à la norme 1961–1990 est représenté. Les séries de mesures homogènes de Genève, Bâle, Berne et Zurich servent de base de données.



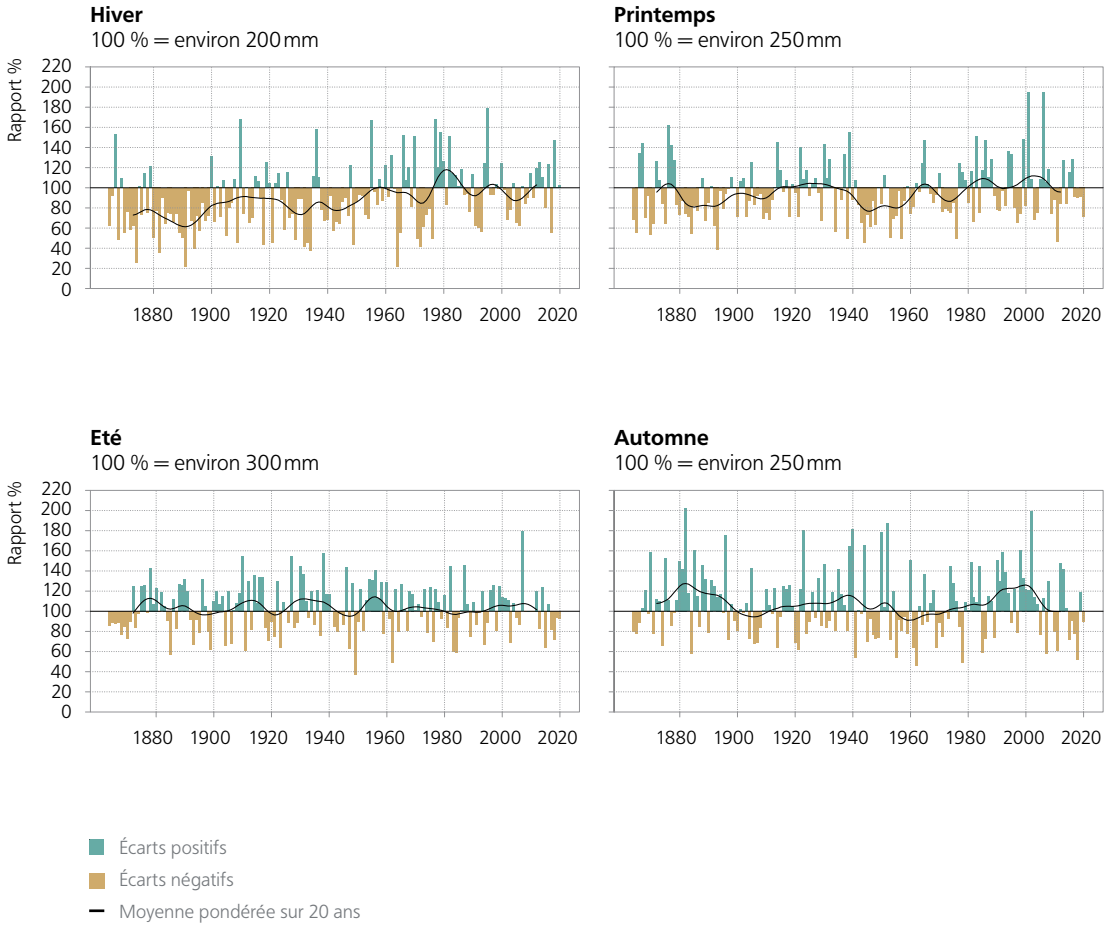


Figure 5.7

Evolution à long terme des sommes des précipitations saisonnières moyennes sur le Plateau. Le rapport des sommes des précipitations saisonnières à la norme 1961–1990 est représenté. Les séries de mesures homogènes de Genève, Bâle, Berne et Zurich servent de base de données. Il est à noter que les étés 2008 à 2011 ont produit 100 % de précipitations, d'où les colonnes «manquantes» dans le graphique.

Figure 5.8

Evolution à long terme des sommes des précipitations annuelles moyennes en Suisse méridionale. Le rapport des sommes des précipitations annuelles à la norme 1961–1990 est représenté. La série de mesures homogène de Lugano sert de base de données.

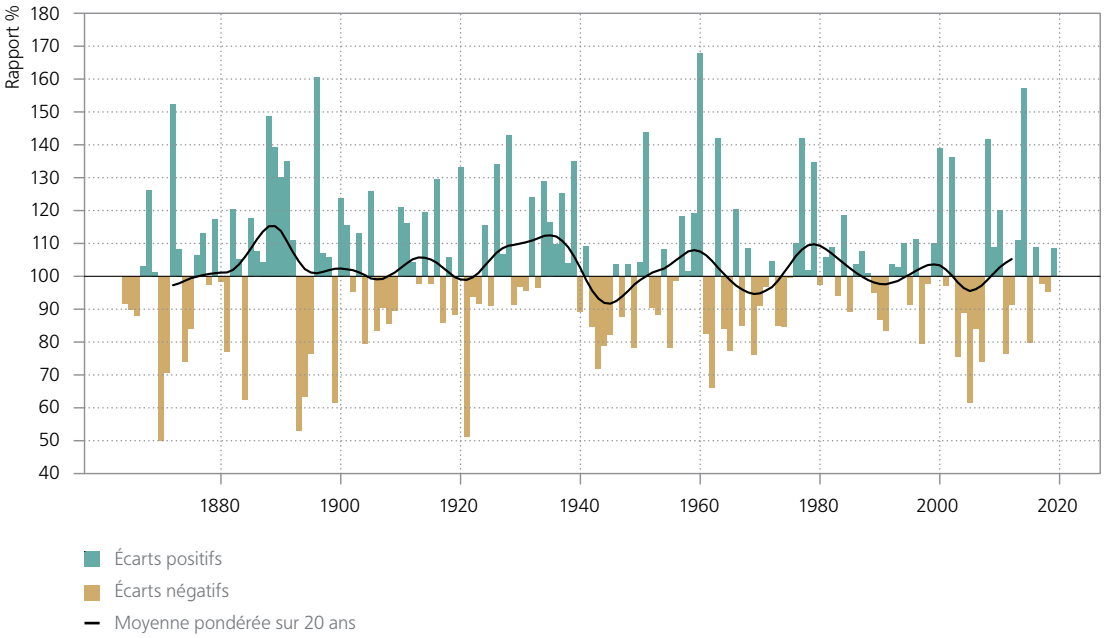
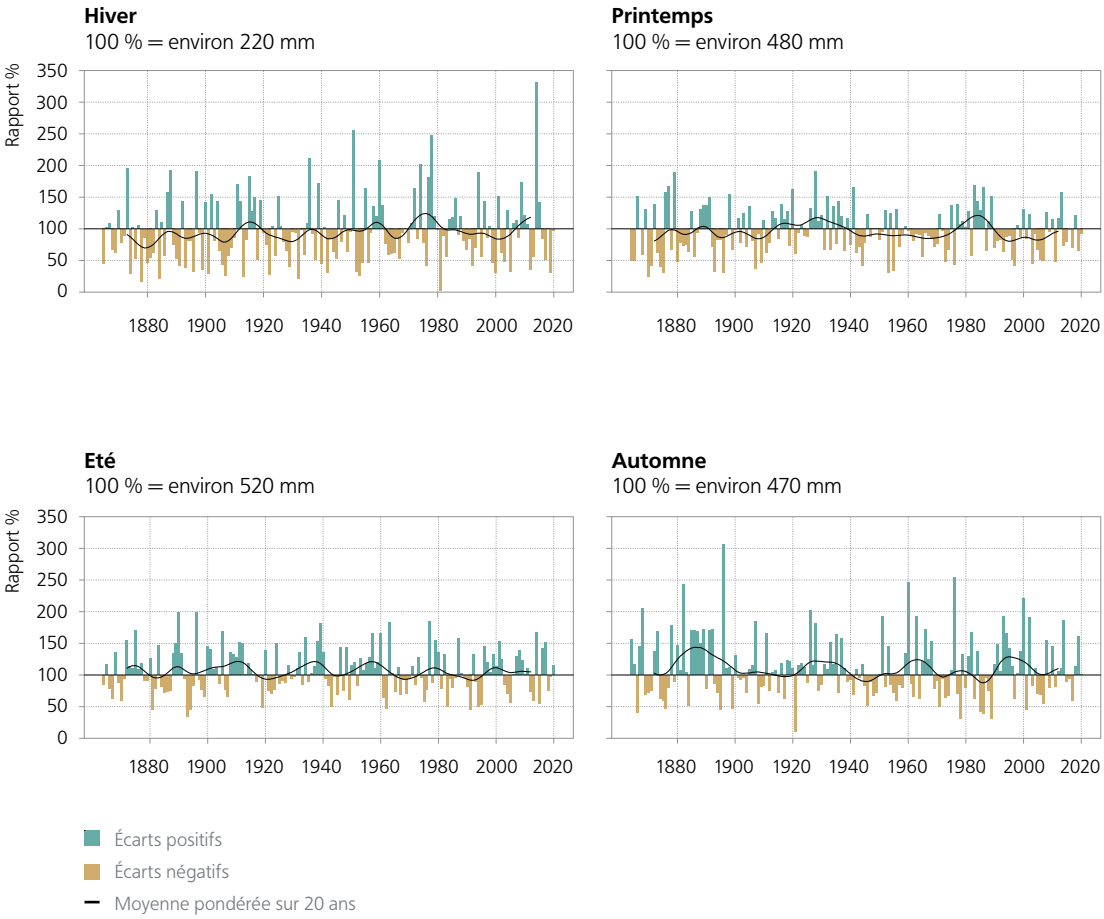


Figure 5.9

Evolution à long terme des sommes des précipitations saisonnières en Suisse méridionale. Le rapport des sommes des précipitations saisonnières à la norme 1961–1990 est représenté. La série de mesures homogène de Lugano sert de base de données.



Période	Printemps mars-mai	Eté juin-août	Automne septembre-novembre	Hiver décembre-février	Année janvier-décembre
1864–2020	+0,7 % non significatif	0,0 % non significatif	-0,3 % non significatif	+2,1 % fortement significatif	+0,6 % significatif
1901–2020	+0,6 % non significatif	-0.6 % non significatif	non significatif	+1,7 % significatif	+0,5 % non significatif
1961–2020	+0,3 % non significatif	+0,1 % non significatif	+1,4 % non significatif	+0.8 % non significatif	+0,5 % non significatif

Tableau 5.4
Tendances de précipitations saisonnières et annuelles en % par tranche de dix ans au cours de périodes 1864–2020, 1901–2020 et 1961–2020, calculées pour le Plateau. Les données de signification sont expliquées dans la section précipitations sous 5.3 origine des données et méthodes.

Période	Printemps mars-mai	Eté juin-août	Automne septembre-novembre	Hiver décembre-février	Année janvier-décembre
1864–2020	0,0 % non significatif	-0.13 % non significatif	-0,73 % non significatif	+1,23 % non significatif	-0,03 % non significatif
1901–2020	-0,93 % non significatif	-0,73 % non significatif	+0,63 % non significatif	+0,83 % non significatif	-0,23 % non significatif
1961–2020	-0,63 % non significatif	+2,33 % non significatif	+1,23 % non significatif	+1,43 % non significatif	+1,13 % non significatif

Tableau 5.5
Tendances de précipitations saisonnières et annuelles en % par tranche de dix ans au cours de périodes 1864–2020, 1901–2020 et 1961–2020, calculées pour la Suisse méridionale. Les données de signification sont expliquées dans la section précipitations sous 5.3 origine des données et méthodes.

Sans mesures efficaces d'intervention à l'échelle mondiale, une diminution des précipitations est attendue en été. Selon les scénarios climatiques CH2018, des changements de précipitations entre +2 % et -39 % par rapport à la norme 1981–2010 sont possibles d'ici à la fin de ce siècle. Pour l'hiver, en revanche, il est attendu une augmentation des précipitations qui pourrait se situer entre +2 % et +24 %[8].

Informations complémentaires sur l'évolution des précipitations en Suisse:
meteosuisse.admin.ch/home/climat/changement-climatique-suisse/evolution-de-la-temperature-et-des-precipitations.html
meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/tendances-observees-aux-stations.html
nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisses/commander-la-brochure-ch2018.html
nccs.admin.ch/nccs/fr/home/bibliotheque-de-donnees-et-de-medias/daten/atlas-web-ch2018.html

Jours de fortes précipitations

Comme pour les quantités précipitations plutôt dans la moyenne en 2020, le nombre de jours de fortes précipitations est également resté dans la norme sur les quatre sites de mesures que sont Berne, Sion, Davos et Lugano. A Berne (norme 10 jours) et à Sion (norme 5), il y a eu exactement le même nombre de jours de fortes précipitations que dans la norme 1961–1990. Davos a compté 12 jours au lieu de 10, et à Lugano 22 jours (norme 26). Comme pour le régime des précipitations en général (à l'exception de l'hiver sur le Plateau, voir Tableau 5.4), aucune tendance significative ne peut être observée en ce qui concerne les jours de fortes précipitations pour trois des quatre sites de mesures énumérés ici pour la période considérée à partir de 1959. Davos montre une augmentation significative de 0,5 jour par décennie. Si on remonte jusqu'en 1901, 92 % des 185 séries de mesures montrent une augmentation et 35 % une augmentation significative des fortes précipitations. Par ailleurs, 91 % montrent une augmentation et 31 % une augmentation significative dans l'intensité des fortes précipitations [22].

Les scénarios climatiques CH2018 montrent également une augmentation des précipitations extrêmes et fortes à l'avenir. Les plus fortes précipitations sur une journée par an devraient augmenter de 10 % d'ici 2060 par rapport à la norme 1981–2010 [8].

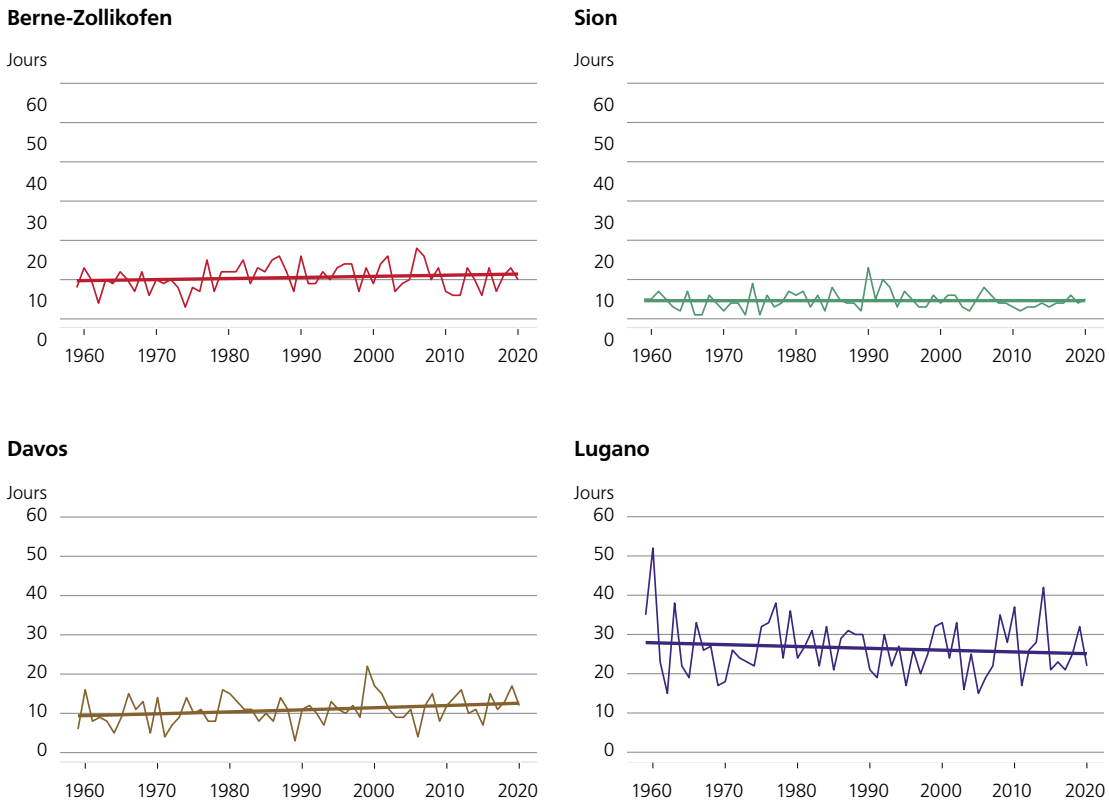
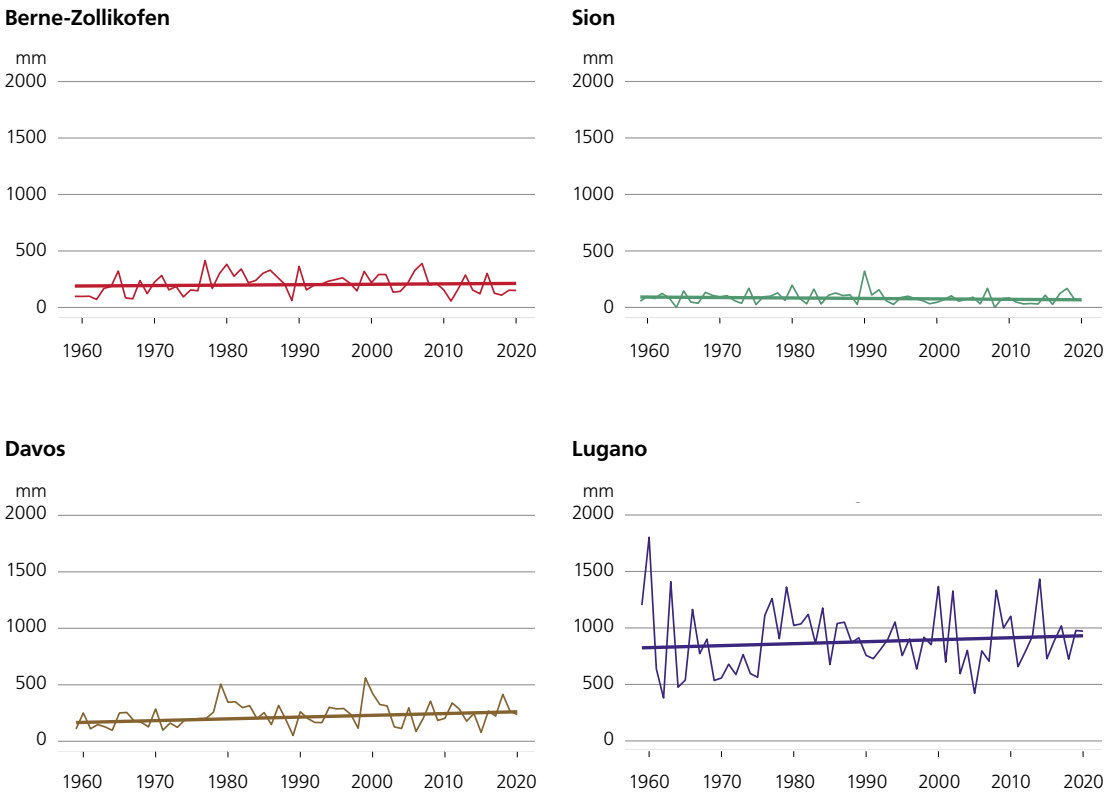


Figure 5.10
Nombre de jours de fortes précipitations (≥ 20 mm) au cours de l'année civile.

Précipitations des journées très humides

La somme des précipitations des journées très humides a été inférieure à la moyenne sur les sites de mesures de Berne et de Sion. A Berne, 150 mm ont été mesurés (norme 216 mm), à Sion 60 mm (norme 98 mm). Davos a enregistré des précipitations supérieures à la moyenne lors des journées très humides de 2020 avec 236 mm (norme 214 mm), tout comme Lugano avec 972 mm (norme 858 mm). Dans l'évolution à long terme, Berne, Sion et Lugano ne montrent aucune tendance significative. Une augmentation significative de 15 mm par décennie peut être observée dans la série de mesures de Davos.

Figure 5.11
Somme des précipitations annuelles de toutes les journées très humides. Sont considérées celles dont la somme des précipitations journalières fait partie des 5 % des précipitations quotidiennes maximales. La période de référence va de 1961–1990.



Périodes de sécheresse

En 2020, l'une des six plus longues phases sèches depuis 1959 a été enregistrée sur le site de mesures de Sion, avec 44 jours sans précipitations (norme 30 jours). Un maximum de 27 jours consécutifs sans précipitations a été enregistré à Berne (norme 22) et 34 jours à Lugano (norme 33). Sur le site de mesure de Davos, il y a eu un maximum de seulement 13 jours consécutifs sans précipitations au lieu de la norme attendue de 22 jours. Dans l'évolution à long terme, aucune des séries de mesures mentionnées ne fait apparaître une tendance significative indiquant un allongement ou un raccourcissement des périodes de sécheresse.

Selon les scénarios climatiques CH2018, la plus longue période de sécheresse d'une année devrait augmenter de neuf jours d'ici 2060 si les émissions mondiales de gaz à effet de serre ne sont pas considérablement réduites [8].

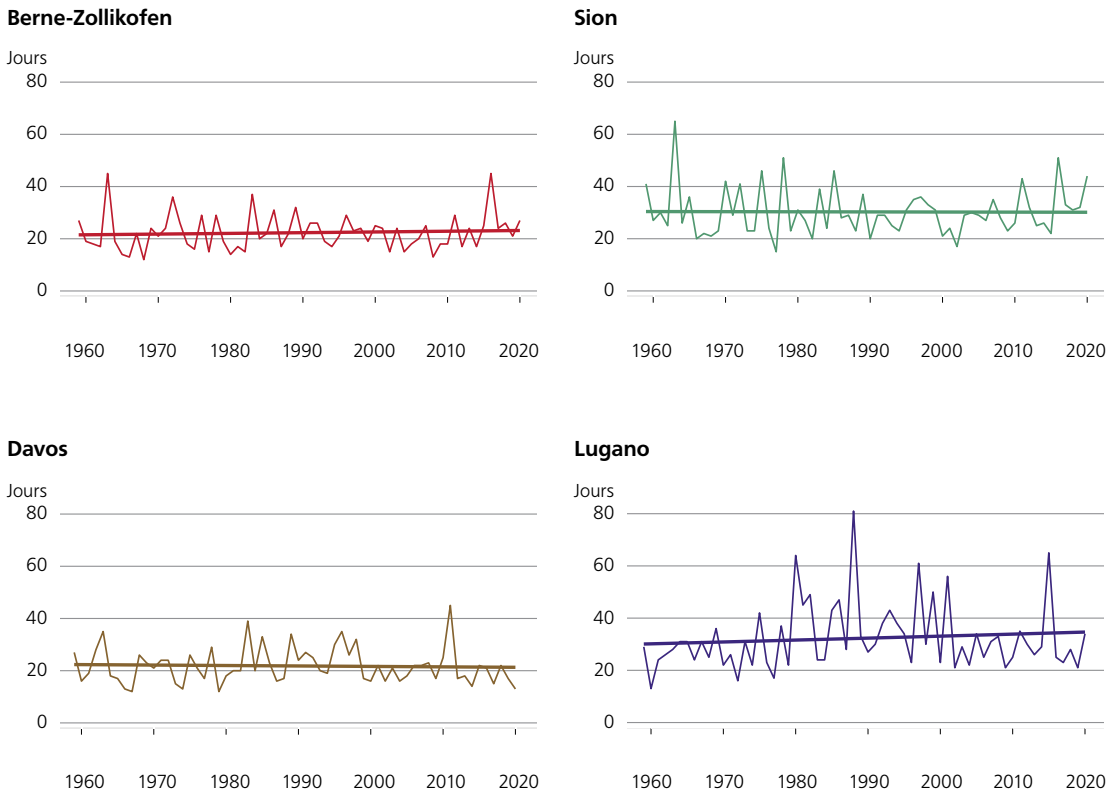


Figure 5.12
Durée de la plus longue période de sécheresse par année civile.

Indice de sécheresse

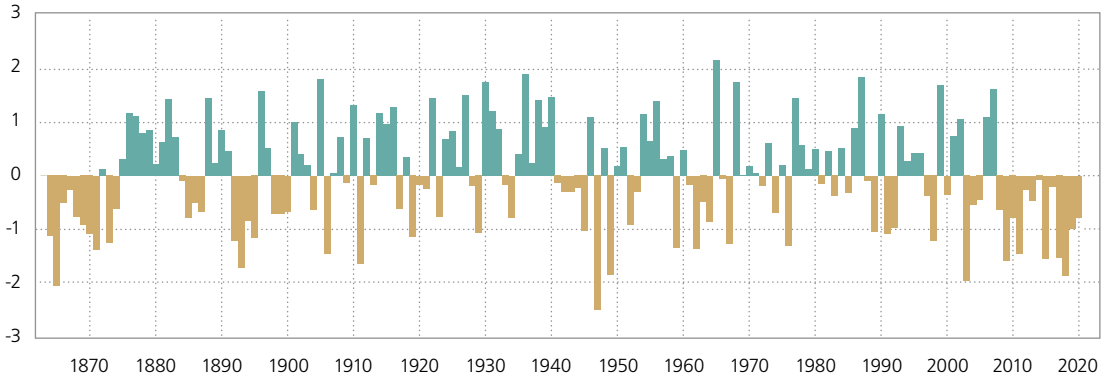
La sécheresse peut être définie de différentes manières. De manière tout à fait générale, elle se définit comme un déficit de précipitations sur une longue période pouvant aller de plusieurs mois à plusieurs saisons. Selon la durée de la sécheresse, la pénurie d'eau peut affecter diversement différents domaines (agriculture et sylviculture, approvisionnement en eau et en énergie, navigation). Le graphique ici présente le bilan hydrique des mois d'avril à septembre sur la base du SPEI («standardized precipitation evapotranspiration index»).

Le semestre d'été (période de végétation) est la période déterminante pour l'agriculture. Les mesures effectuées à Berne montrent que les 13 dernières années de la période de végétation ont toutes été plus sèches que la médiane à long terme. Il s'agit d'un cas unique dans la série de mesures depuis 1864. La sécheresse estivale persistante et souvent prononcée de ces dernières années est apparemment une conséquence typique des étés de plus en plus chauds et à forte évaporation en Suisse.

L'année 2020 a également été sèche, mais elle ne fait pas partie des années extrêmement sèches comme en 2018 [1]. D'autres années avec des valeurs SPEI très faibles (1947, 1865, 2003, 1949, 1893, 1911) dans cette série correspondent exactement aux années où les dégâts agricoles ont été les plus importants. Les périodes prononcées avec un SPEI négatif correspondent bien aux épisodes de sécheresse connus au cours des 150 dernières années [23], [24].

Figure 5.13
SPEI durant toute la période de végétation. Les valeurs positives indiquent des conditions plus humides que la médiane (1864–2020), les valeurs négatives, des conditions plus sèches.

SPEI à la station de mesures de Berne (6 mois, d'avril à septembre)



5.1.2
Atmosphère libre

Limite du zéro degré

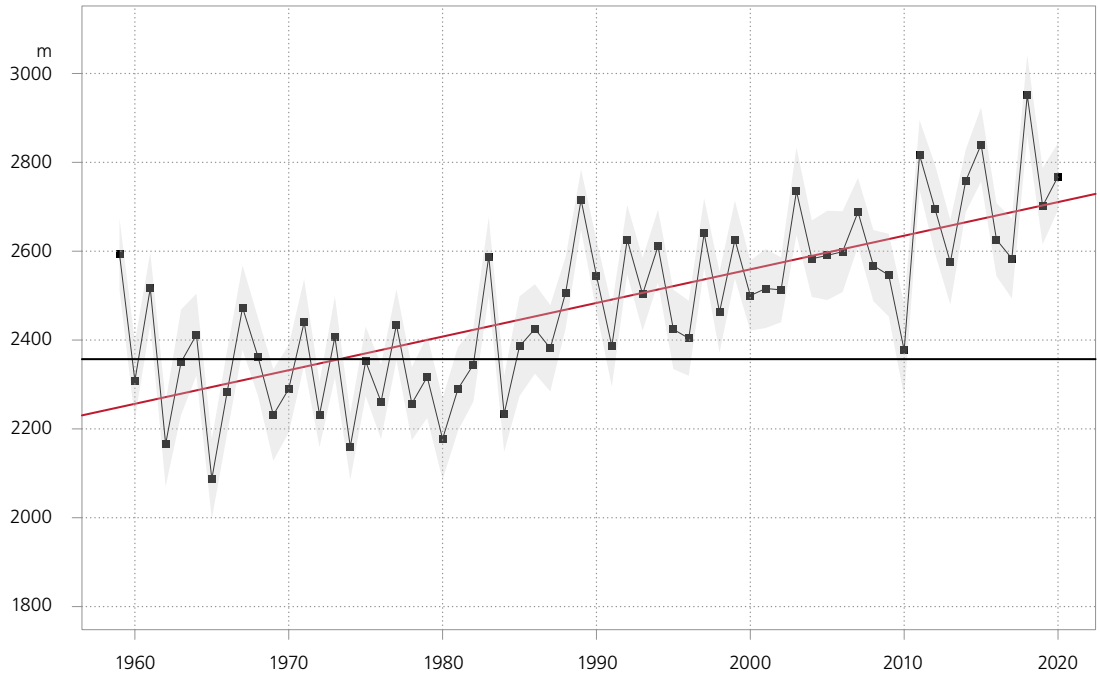
La série temporelle de la limite du zéro degré est déterminée par calcul de la valeur médiane des altitudes de zéro degré sur un an pour chaque année depuis 1959. Les données utilisées sont celles des radiosondages lâchés quotidiennement depuis Payerne à 11 h et 23 h UTC. L'altitude médiane relevée en 2020 est de 2770 m, une valeur plus élevée de 70 m par rapport à l'année 2019.

La Figure 5.14 montre la tendance à l'augmentation de la limite de zéro degré (tendance linéaire tracé en rouge) durant la période 1959–2020. La tendance linéaire obtenue sur toute la série des données représente donc la tendance générale des valeurs d'altitude du zéro degré sur la période 1959–2020, mais ne fournit pas l'information par rapport aux changements qui se produisent sur des plus courts intervalles temporels et qui peuvent être en contre-tendance avec la tendance générale (par exemple la période 1959–1987). La figure montre la dispersion interannuelle autour de la tendance linéaire ainsi que l'incertitude des valeurs annuelle liée à la variabilité intra-annuelle (zone grise autour des valeurs annuelles).

La tendance à l'augmentation des médianes annuelles est particulièrement prononcée à partir des années 1990. Dans ce cadre de forte augmentation, l'année 2018 marque le record de toute la série temporelle avec une valeur de 2951 m, supérieure de 593 m à la médiane calculée sur la période de référence 1961–1990. Par opposition à la valeur maximale de la série, la valeur minimale a été obtenue en 1965 avec une valeur de 2087 m, soit 270 m au-dessous de la médiane de référence. L'année 2020 marque une légère hausse de l'altitude du zéro degré par rapport à l'année 2019, mais toujours en ligne avec la tendance générale. A noter qu'au cours des 30 dernières années, les valeurs annuelles ont systématiquement été au-dessus de la médiane de référence. La période 1959–1990 montre une tendance neutre très bien représentée par la médiane de référence.

Figure 5.14
Série temporelle 1959–2020 des valeurs médianes annuelles de la limite de zéro degré. La série est obtenue sur la base des valeurs journalières mesurées pendant des radiosondages quotidiens lâchés de la station aérologique de Payerne. La zone grise autour des valeurs médianes correspond à l'incertitude des mesures.

Limite du degré zéro
Tendance [1959–2020] = 76 m/10 ans
Norme [1961–1990] = 2357 m



L'évolution de la limite du zéro degré suit de près l'évolution de la moyenne annuelle de la température au sol en Suisse. Les valeurs annuelles montrées en Figure 5.14 ont augmenté de manière stable au cours de la période 1990–2020, une tendance en bon accord aussi avec les tendances saisonnières (Figure 5.15).

Spécialement pendant les saisons chaudes, au printemps et en été, l'évolution des valeurs saisonnières et sa tendance linéaire correspond assez bien à la tendance des valeurs annuelles, bien que caractérisée par des taux d'augmentation par décennies plus élevés (92 m/10 ans en été et printemps). Les deux séries saisonnières sont en accord avec la série globale y compris pour la présence d'un point de rupture autour de 1990. Au contraire, pendant les mois d'hiver et d'automne l'évolution temporelle des valeurs saisonnières est caractérisée par une tendance positive moins prononcée (75 m/10 ans, hiver), voire neutre comme c'est le cas pour l'automne (47 m/10 ans, automne). Le Tableau 5.6 montre les valeurs extrêmes des séries saisonnières.

	Hiver décembre–février	**Printemps** mars–mai	**Eté** juin–août	**Automne** septembre–novembre
Minimum (année)	310 m (1963)	1470 m (1962)	3090 m (1977)	1530 m (1974)
Maximum (année)	2190 m (2016)	2610 m (2007)	3950 m (2015)	3380 m (2018)

Tableau 5.6
Minima et maxima saisonniers de la limite du zéro degré.

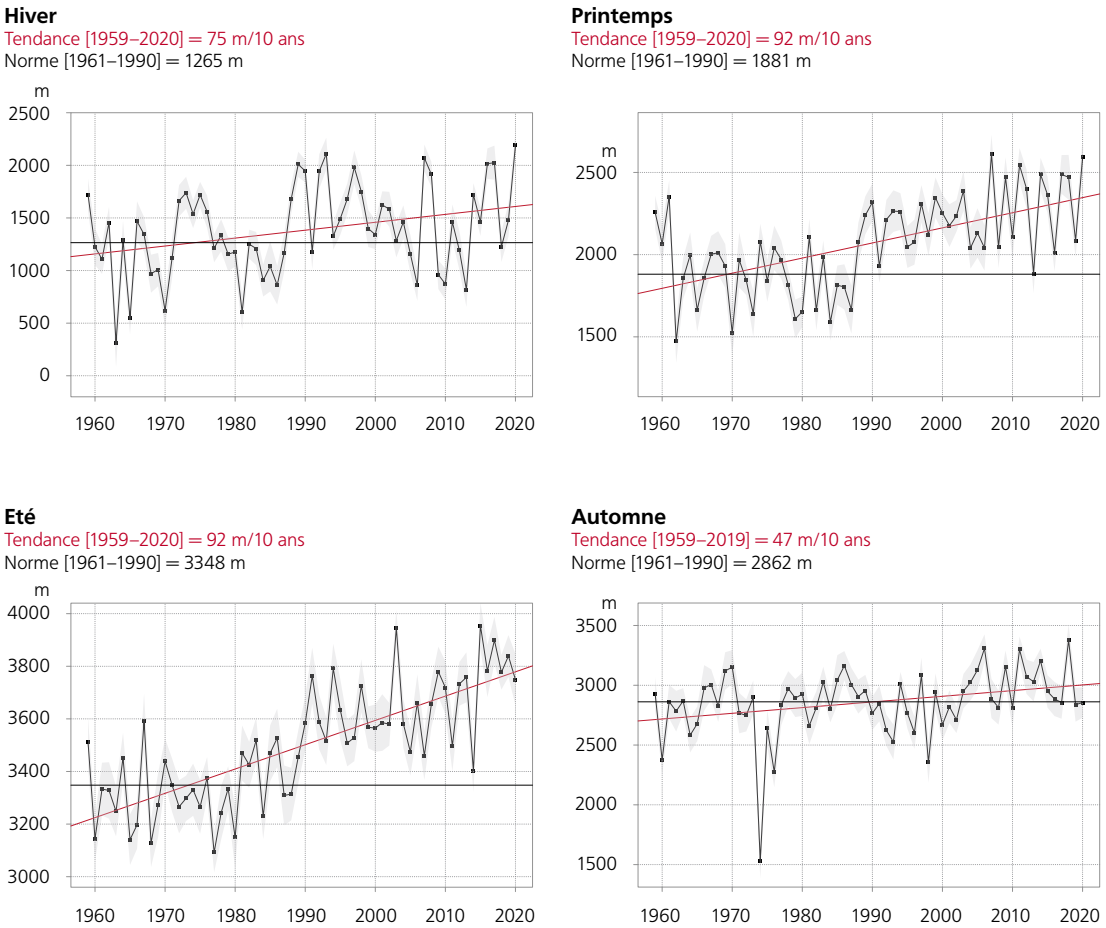


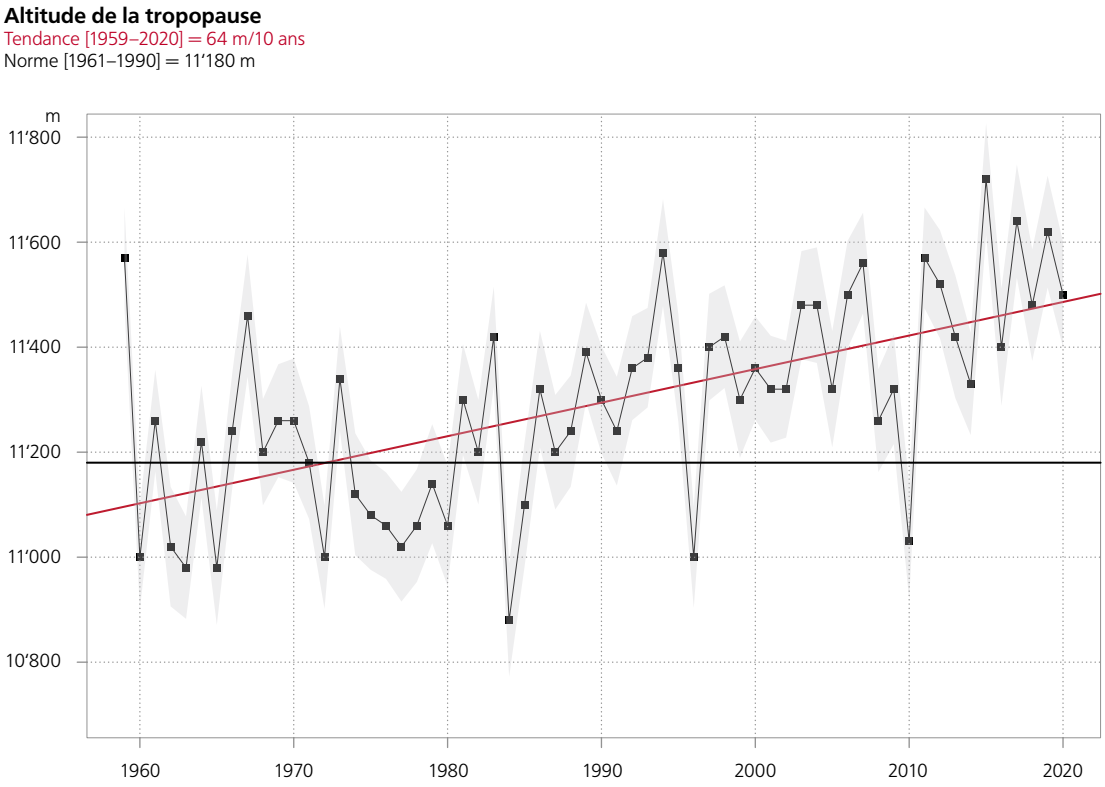
Figure 5.15
Valeurs médianes saisonnières de la limite du zéro degré sur la période de mesure 1959–2020. La zone grise autour des valeurs médianes correspond à l'incertitude des mesures.

Altitude de la tropopause

L'altitude de la tropopause est calculée conformément à la définition de l'OMM de la tropopause thermique [36] à partir de température mesurés par radiosondage à Payerne. Les valeurs annuelles représentées dans la Figure 5.16 sont déterminées en calculant la valeur médiane des altitudes de la tropopause pour chaque année depuis 1959. Comme pour la limite du zéro degré, aussi l'altitude de la tropopause montre la tendance à l'augmentation durant toute la période 1959–2020 (régression linéaire tracée en rouge). La zone grise montre la variabilité intra-annuelle et correspond à l'incertitude des valeurs médianes annuelles. La valeur médiane de référence (ligne noir horizontale) est la médiane des valeurs annuelles sur la période 1961–1990.

En 2020, la tropopause a atteint une altitude médiane de 11'500 m, soit 320 m plus haut que la valeur médiane de référence à 11'180 m. L'augmentation linéaire de la hauteur de la tropopause depuis 1959 est statistiquement significative, malgré la forte variabilité interannuelle et plusieurs valeurs extrêmes en dessous de la valeur de référence qui apparaissent le long de la série temporelle, comme en 1984 (minimum absolu), 1996 et 2010. Le maximum de la série est de 11'720 m atteint en 2015. Au cours de la période 1959–2020, la hauteur de la tropopause a augmenté de 64 m tous les dix ans. De manière générale cette tendance est en accord avec l'évolution de l'altitude du zéro degré (Figure 5.14).

Figure 5.16
Altitude annuelle médiane de la tropopause 1959–2020 obtenue grâce aux lâchers quotidiens de ballons-sondes à la station aérologique de Payerne. La ligne noire indique la valeur médiane de référence 1961–1990 (11'180 m). La zone grise autour des valeurs médianes correspond à l'incertitude des mesures.



La hauteur de la tropopause a augmenté de manière significative spécialement pendant la période 1990–2020, une tendance qui se recoupe avec les tendances saisonnières montrées en Figure 5.17. Pendant l'hiver (décembre 2019, janvier et février), le printemps (mars, avril, mai) et l'été (juin, juillet et août), les valeurs annuelles sur la période 1990–2020 dépassent souvent la valeur médiane de référence. Seul l'automne (septembre, octobre, novembre) ne montre pas une tendance statistiquement significative et reste plutôt autour de la valeur de référence. Le Tableau 5.7 montre les valeurs extrêmes des séries saisonnières.

	Hiver décembre-février	**Printemps** mars-mai	**Eté** juin-août	**Automne** septembre-novembre
Minima (année)	9980 m (1963)	10'060 m (1984)	11'220 m (1977)	10'600 m (1974)
Maxima (année)	11'510 m (2016)	11'400 m (2017)	12'400 m (2003)	12'300 m (1970)

Tableau 5.7
Minima et maxima saisonniers de la hauteur de la tropopause.

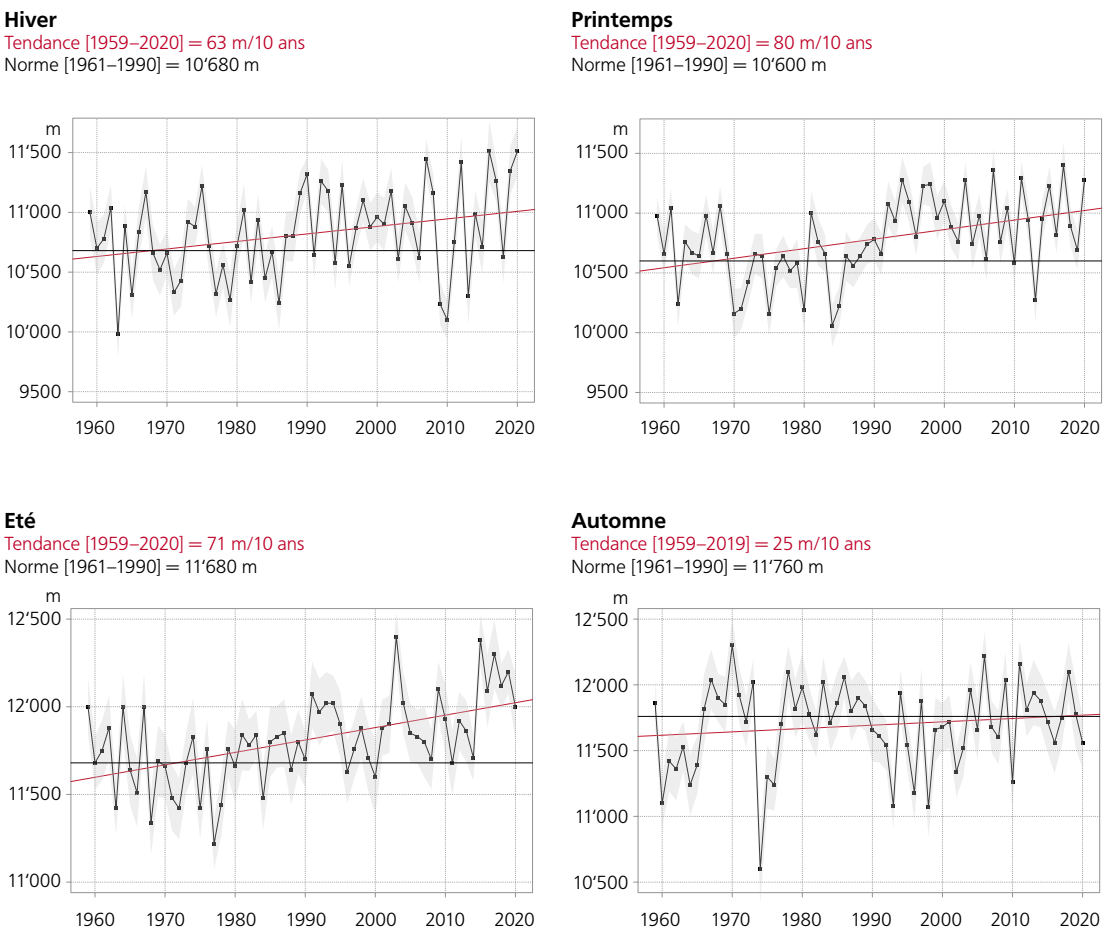


Figure 5.17
Valeur médianes saisonnières de l'altitude de la tropopause sur la période de mesure 1959–2020. La ligne noire indique la médiane des altitudes saisonnières sur la période de référence 1961–1990, la ligne rouge représente la tendance linéaire des valeurs sur toute la série de données. La zone grise autour des valeurs médianes correspond à l'incertitude des mesures.

Tendance de la température à plusieurs niveaux standards

En 1980, Isaksen et al., présentaient une étude qui montrait la corrélation entre l'augmentation de la concentration du gaz à effet de serre CO_2 dans la troposphère, le refroidissement de la stratosphère et la diminution de la concentration d'ozone dans la stratosphère [33]. Quarante ans plus tard, nous connaissons le lien étroit qui existe entre réactions chimiques et climat, où les chlorofluorocarbures (CFC), le rayonnement ultraviolet, la présence de l'ozone dans la basse stratosphère et les gaz à effet de serre dans la troposphère jouent un rôle clé dans l'équilibre thermique à différents niveaux atmosphériques.

La Figure 5.18 montre les tendances de la température, par rapport à la médiane de la période climatologique de référence 1961–1990, en correspondance de huit niveaux atmosphériques (quatre dans la troposphère et quatre dans la basse stratosphère). L'augmentation ininterrompue de la concentration des gaz à effet de serre dans la troposphère et en partie aussi dans la stratosphère [34] à partir des années 1990, domine la tendance générale provoquant une augmentation de la température d'environ 0,4 °C par décennie dans la basse troposphère avec un effet qui se réduit progressivement jusqu'à la tropopause (200 hPa). La tendance de la température s'inverse au-dessus de la tropopause qui se traduit en une tendance générale de plus en plus négative et qui atteint -0,4 °C par décennie à 20 hPa.

Comme pour les tendances de la hauteur de la tropopause et du niveau de zéro degré, aussi les séries d'anomalies de température dans la troposphère et dans la stratosphère peuvent être divisées en deux parties qui révèlent deux tendances différentes. Dans la troposphère, entre 1959 et 1990, la température montre une tendance neutre, en revanche, la partie de la série 1990–2020 reflète la forte augmentation des concentrations des gaz à effet de serre qui a eu lieu ces quarante dernières années.

Dans la stratosphère, deux tendances peuvent aussi être identifiées: une négative à tous les niveaux entre 1959 et 1990 et une globalement neutre à partir d'environ 1990 et visible spécialement aux niveaux de pression plus élevés. La tendance négative pendant la période 1959–1990 est principalement due à la dégradation de la couche d'ozone qui conduit à un refroidissement de la stratosphère. La tendance neutre à partir d'environ 1990, s'explique par la forte diminution de la production des CFCs et à la reprise du réchauffement de l'atmosphère par réchauffement de la couche d'ozone dû au rayonnement ultraviolet. Cette double tendance dans la stratosphère a été observée par Philipona et ses collègues dans leur étude publiée en 2018 [35].

La figure montre que pour les niveaux à 200 et 100 hPa, juste au-dessus de la tropopause, la forte augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans la troposphère, contrebalance la reconstitution de la couche d'ozone et impose un refroidissement général tout au long de la période 1959–2020. Les anomalies de température à tous les niveaux pendant l'année 2020 s'alignent bien avec les tendances linéaires calculées sur l'ensemble de la série temporelle.

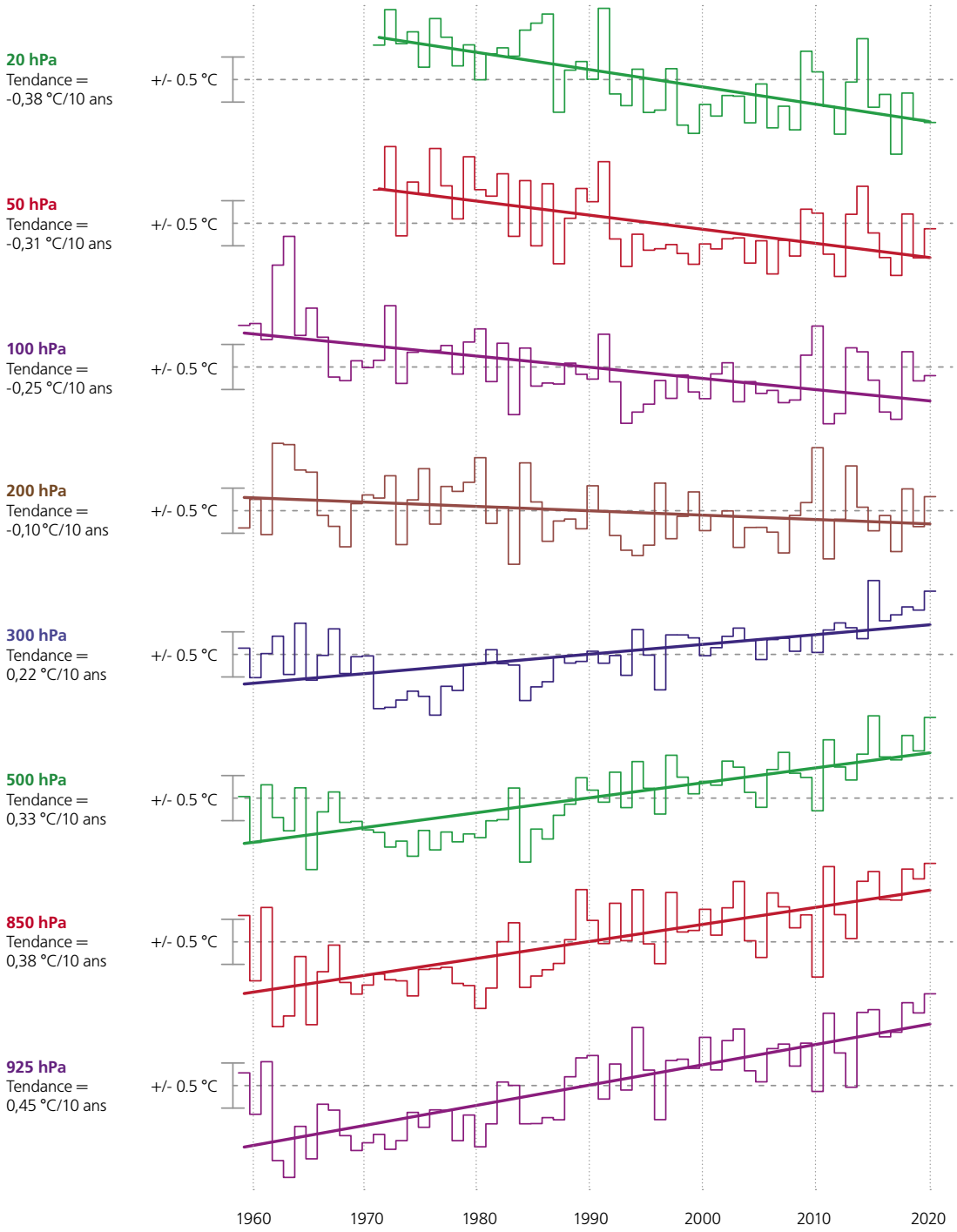


Figure 5.18

Tendances des anomalies de température mesurée par radiosondage à différents niveaux atmosphériques dans l'atmosphère au-dessus de Payerne pendant la période 1959–2020. Les anomalies sont calculées par rapport à la médiane de la période climatologique de référence 1961–1990 sur quatre niveaux troposphériques et quatre niveaux stratosphériques.

5.1.3
Composition de l'atmosphère

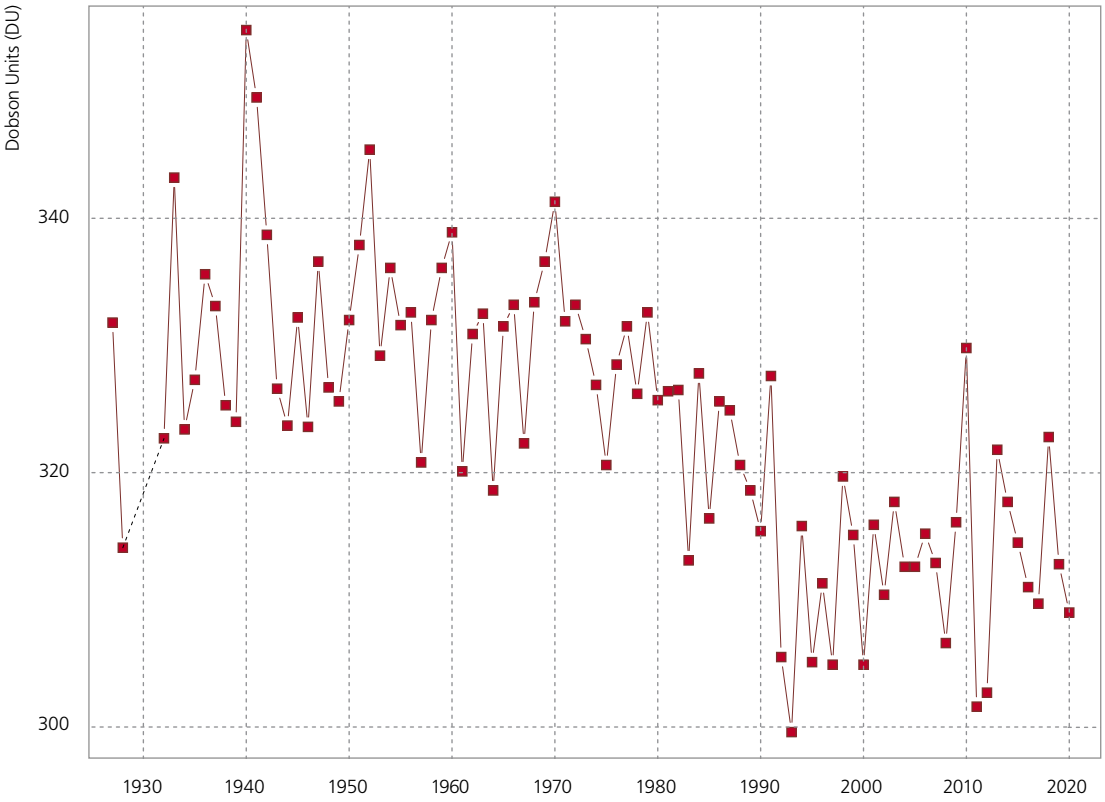
Série de mesures de l'ozone d'Arosa

Avec la série de mesures d'Arosa, la Suisse dispose de la plus longue série au monde de mesures de la colonne d'ozone dans l'atmosphère. Du début des mesures en 1926 à environ 1975, cette série de mesures fournit une moyenne à long terme d'environ 330 DU (Figure 5.19). Entre 1975 et 1995, les mesures indiquent une baisse significative de l'ozone total qui a diminué d'environ 15 DU. Le recul continu de l'ozone total au-dessus d'Arosa a débuté dans les années 1970. C'est à cette époque que l'on a relevé une forte augmentation des émissions de substances ayant pour effet de détruire la couche d'ozone. Ces dernières années, on observe une stabilisation de l'ozone total [25] avec une valeur moyenne entre 1995 et aujourd'hui se situant aux alentours de 310–315 DU.

Cependant, si les années 2010, 2013 et 2018 présentent une moyenne annuelle relativement élevée (resp. 330, 322 et 323 DU), celles des années 2011 et 2012 sont proches de 300 DU (resp. 302 et 303 DU). Ceci démontre la grande variabilité de l'ozone total selon les années. La moyenne annuelle 2020 de 309 DU est comparable à celles des années 2000–2010 qui signifie une absence de signe clair de reconstitution de la colonne d'ozone en dessus d'Arosa.

Figure 5.19
Moyennes annuelle de la colonne d'ozone à Arosa au cours de la période 1926–2020.

100 unités Dobson (Dobson Unit) = 1 mm d'ozone pur à 1013 hPa et 0 °C.



Mesures de l'ozone à Payerne

Depuis 1968, l'ozone est mesuré par ballon-sonde à la station aérologique de MétéoSuisse à Payerne. Les mesures antérieures (1966–1968) proviennent de l'EPF de Zurich. Cette série ininterrompue de mesures permet de déterminer l'évolution temporelle de la quantité d'ozone dans les différentes couches de l'atmosphère. Sur la figure suivante, trois niveaux d'altitudes (3, 22 et 27 km) sont illustrés à titre d'exemple (Figure 5.20).

Comme le souligne les trois droites horizontales, depuis le début des années 2000 l'ozone n'a plus changé de manière significative. Pour les années avant 2000, une diminution de l'ozone était observée dans la stratosphère (illustré par les niveaux 22 et 27 km), alors qu'une augmentation de l'ozone était observée dans la troposphère (illustrée ici par le niveau 3 kilomètres).

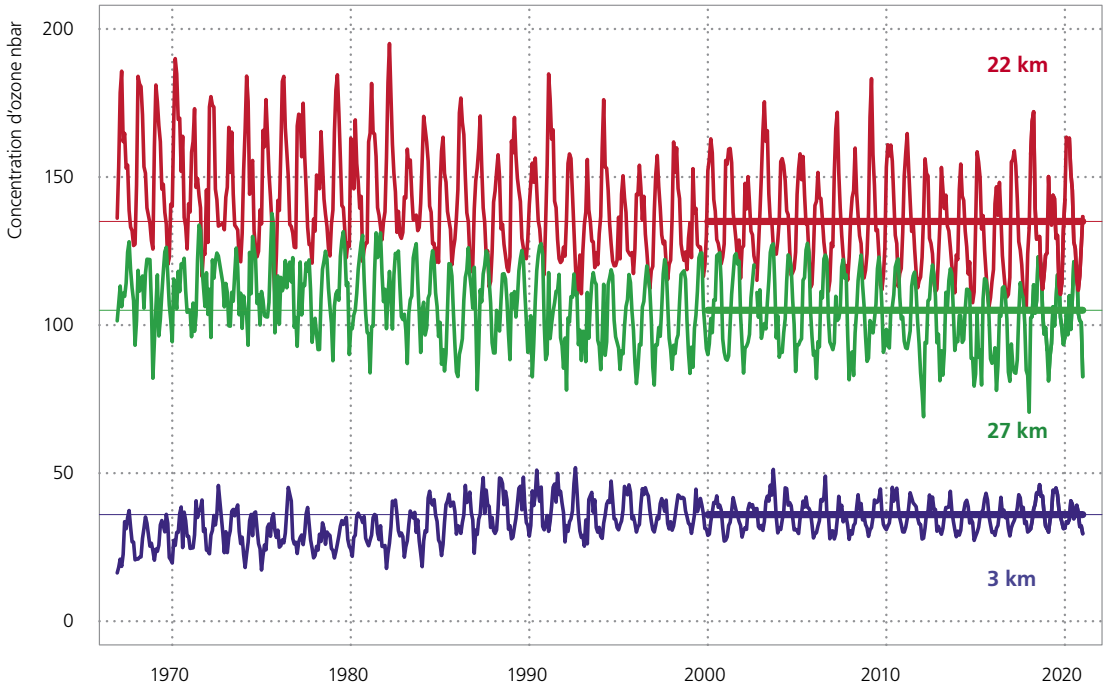


Figure 5.20
Concentration mensuelle d'ozone à trois altitudes durant la période 1967–2020. La concentration d'ozone est donnée en pression partielle exprimée en nanobars (nbar).

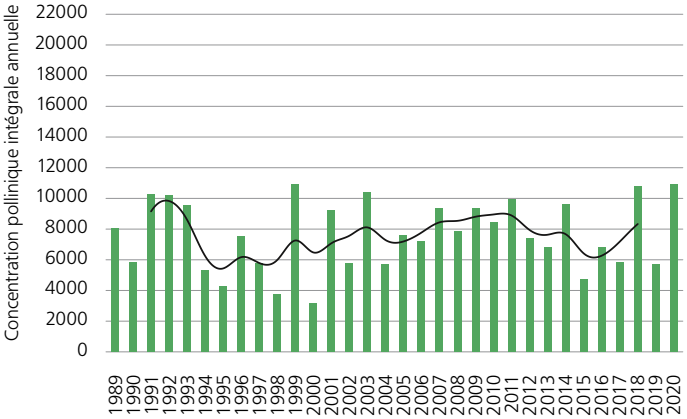
Intensité des pollens

L'intensité de la saison des pollens varie d'année en année et peut être tantôt très forte, tantôt très faible. Cela a une incidence sur la gravité des symptômes du rhume des foins chez les personnes allergiques aux pollens.

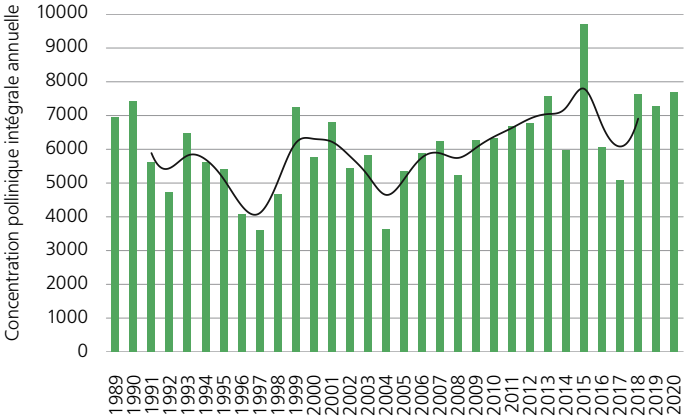
Dans le cas du bouleau, l'intensité de la saison des pollens dépend, d'une part, de la météo de l'année précédente, étant donné que les chatons de fleurs se forment dès l'été de l'année précédente. Un temps chaud se traduit par un plus grand nombre de chatons. Par ailleurs, l'intensité dépend aussi du temps qu'il fait pendant la floraison ainsi que la physiologie du végétal, car les bouleaux ont tendance à fleurir tous les deux ans. Dans le cas des pollens de graminées, l'intensité de la saison dépend essentiellement de la météo durant la floraison des graminées.

La saison pollinique du bouleau en 2020 a été très intense et l'une des plus fortes au Nord des Alpes depuis le début des mesures polliniques. Le rythme bisannuel de la floraison des bouleaux au Tessin est très bien visible. L'intensité de la saison des pollens de graminées a été plus forte que la moyenne au Tessin et au Nord des Alpes, tandis qu'en Suisse romande et à Bâle, elle a été dans la moyenne ou légèrement plus faible. Les valeurs absolues sont nettement plus faibles au Tessin qu'au Nord des Alpes.

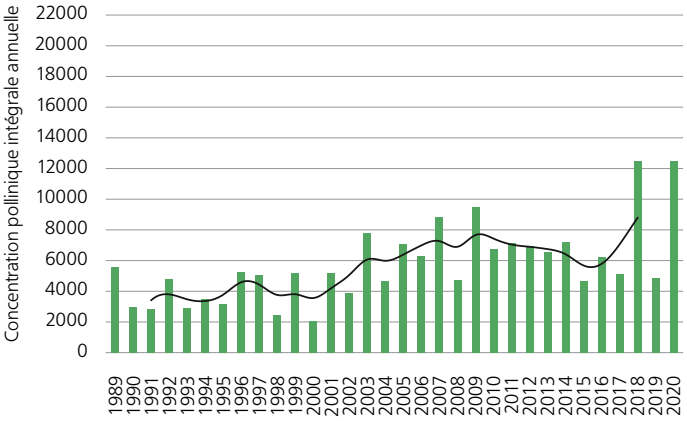
Bouleau Suisse centrale et Suisse orientale



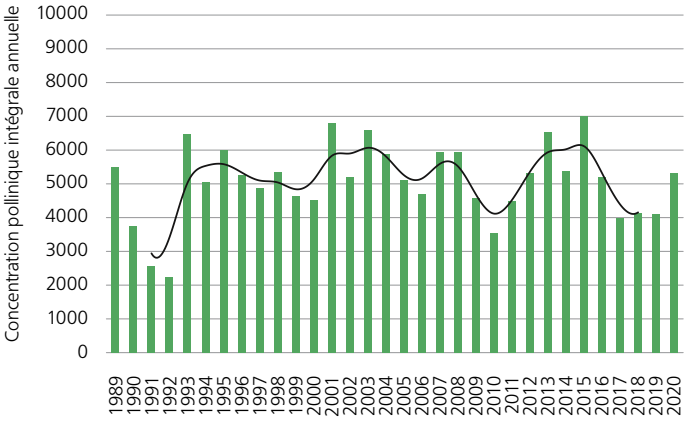
Graminées Suisse centrale et Suisse orientale



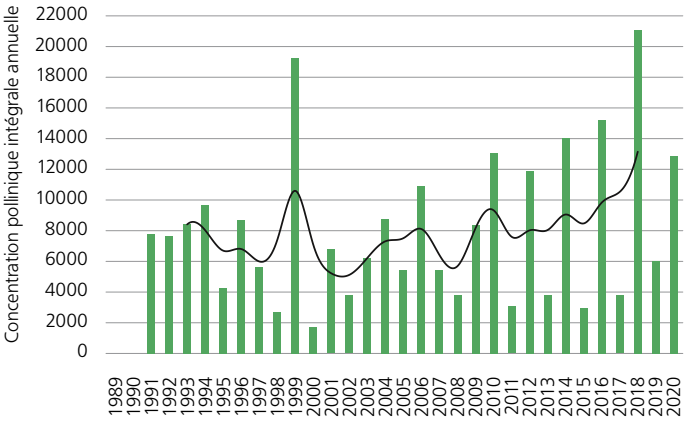
Bouleau Suisse romande



Graminées Suisse romande



Bouleau Tessin



Graminées Tessin

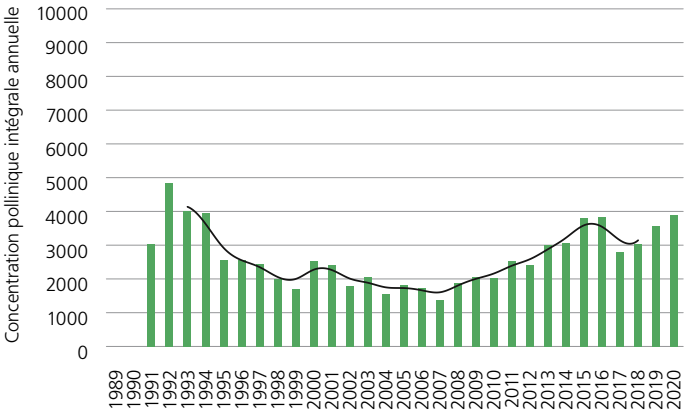


Figure 5.21

Intensité de la dispersion des pollens de bouleau (à gauche) et de graminées (à droite) dans les régions au Nord des Alpes entre 1989–2020 et au Tessin entre 1991–2020. L'indice pollinique saisonnier est la somme des concentrations quotidiennes de pollen. La courbe noire indique la moyenne pondérée sur cinq ans.

5.2
Terres émergées

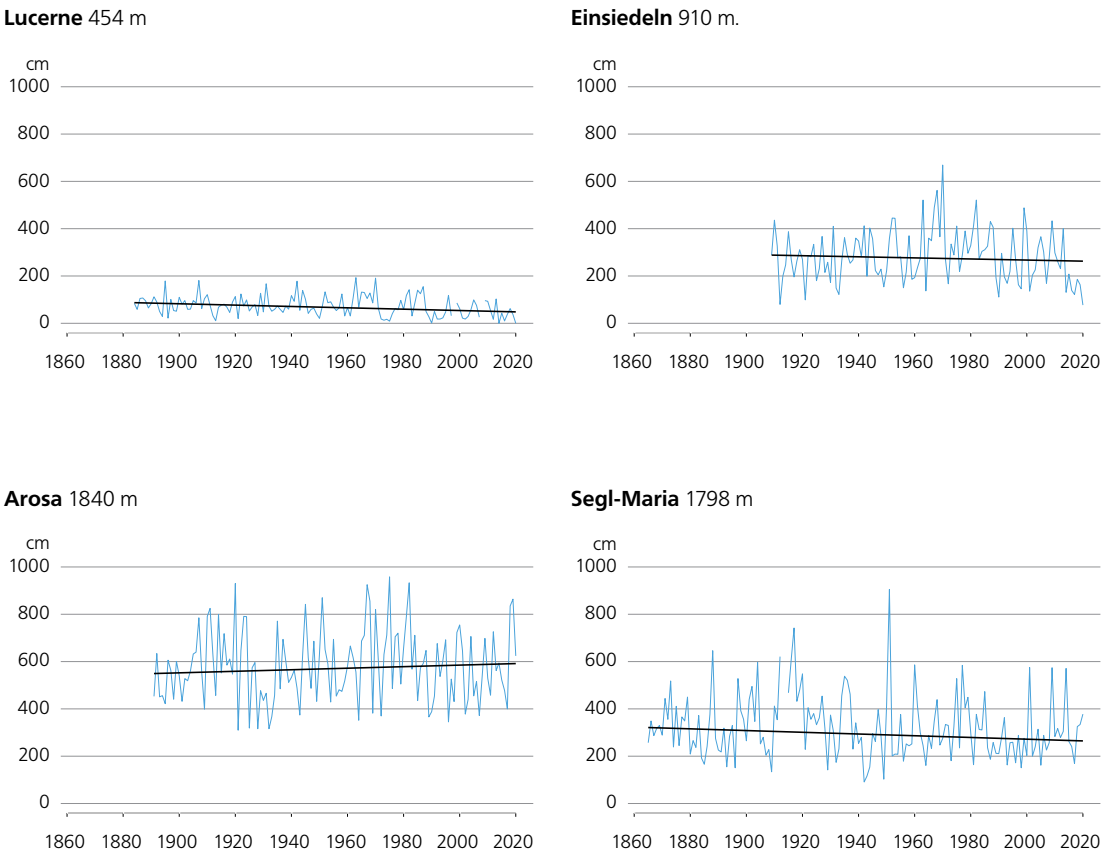
Sommes de neige fraîche

Au cours du semestre d'hiver 2019/20, la neige dans les Alpes est tombée dans des quantités proches de la normale. Arosa a enregistré un total de 624 cm de neige fraîche (norme 631 cm) et Segl-Maria 378 cm (norme 312 cm). Pour le Plateau et les Préalpes, en revanche, l'hiver a été très peu enneigé. A Lucerne, il n'y a pas eu du tout de neige fraîche mesurable durant l'hiver 2019/20 (norme 83 cm). Cela ne s'était produit qu'une seule fois auparavant à Lucerne en 2014. En 1990, il y a eu un centimètre à cet endroit. Il y a deux années manquantes. A Einsiedeln, un total de 77 cm de neige fraîche s'est accumulé (norme 341 cm). Il s'agit d'un nouveau minimum dans cette longue série chronologique débutant en 1909. La valeur la plus basse précédente a été de 80 cm en 1912.

En ce qui concerne les sommes de neige fraîche tombées au cours du semestre d'hiver, aucune tendance significative ne peut être relevée aux stations de mesures de Segl-Maria, Arosa et Einsiedeln. A Lucerne, on observe une diminution significative de 2,8 cm/10 ans. Il est toutefois à noter que les enregistrements journaliers et mensuels des quantités de neige ne sont pas disponibles sous la forme de données homogénéisées.

Figure 5.22
Sommes de neige fraîche en cm durant le semestre d'hiver depuis le début des mesures jusqu'en 2020.

Source pour Arosa: MétéoSuisse/ Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF, Davos.



Journées de neige fraîche

Le nombre de jours de neige fraîche de l'hiver 2019/20 présente une image similaire aux sommes de neige fraîche. Il a neigé à Arosa pendant 69 jours, ce qui est proche de la norme (71 jours). Le nombre de jours de neige fraîche à Segl-Maria a également été proche de la norme avec 44 jours (norme 42 jours). A Lucerne, il n'a pas neigé un seul jour durant la période hivernale d'octobre 2019 à mars 2020. Einsiedeln a connu 16 jours de neige fraîche (norme 46). La dernière fois qu'un nombre aussi faible de jours a été enregistré, c'était en 1912.

La série de mesures d'Arosa indique une tendance significative à l'augmentation du nombre de jours de neige fraîche. Ce nombre est d'environ +1,6 jour par décennie. En revanche, Lucerne montre une tendance plus faible mais significative à la diminution du nombre de jours de neige fraîche avec -0,5 jour par décennie. Aucune tendance significative ne se dégage pour les deux stations de mesures d'Einsiedeln et Segl-Maria. Ici aussi, il faut mentionner que les enregistrements journaliers et mensuels des quantités de neige ne sont pas disponibles sous la forme de données homogénéisées.

Les scénarios climatiques CH2018 prévoient une diminution significative de la couverture neigeuse d'ici 2060 [8]. Entre 500 et 1000 m d'altitude, il faut s'attendre à une réduction de la quantité totale de neige d'environ 50 %. En dessous, la diminution relative attendue est encore plus importante.

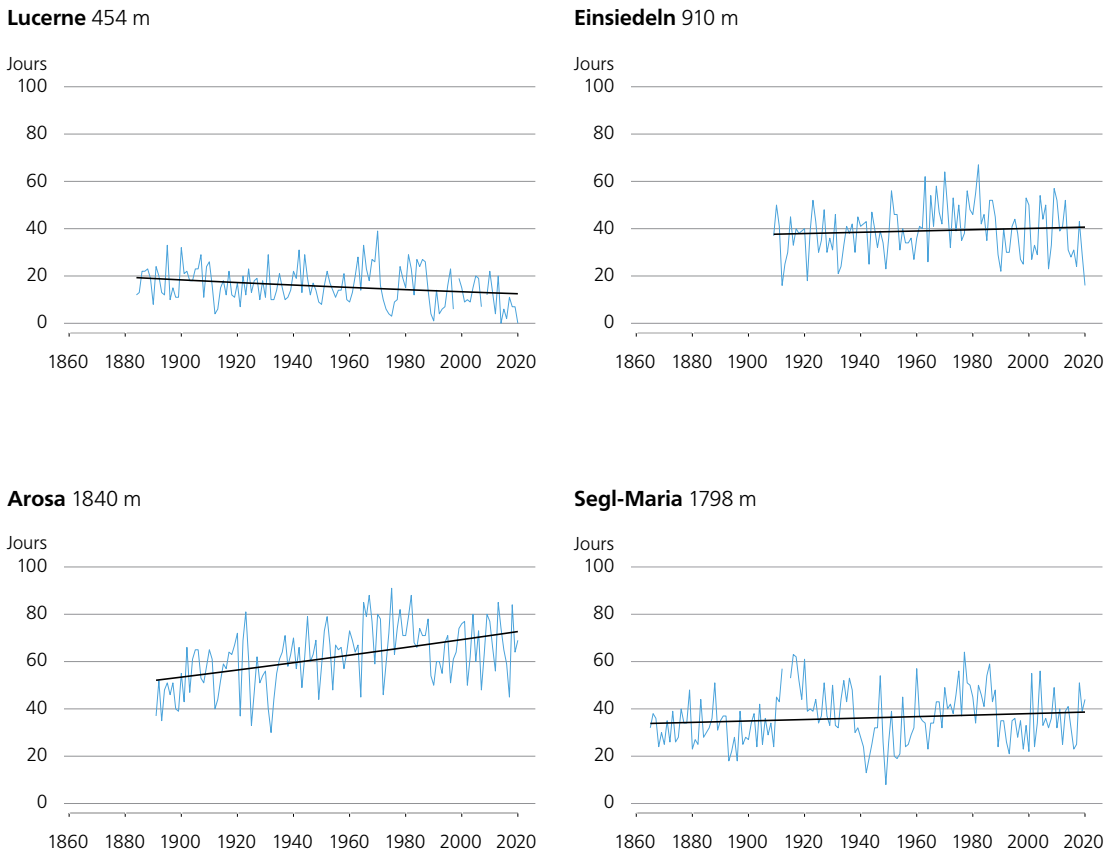


Figure 5.23
Nombre de jours de neige fraîche au semestre d'hiver depuis le début des mesures jusqu'en 2020.

Source pour Arosa: MétéoSuisse/ Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF, Davos.

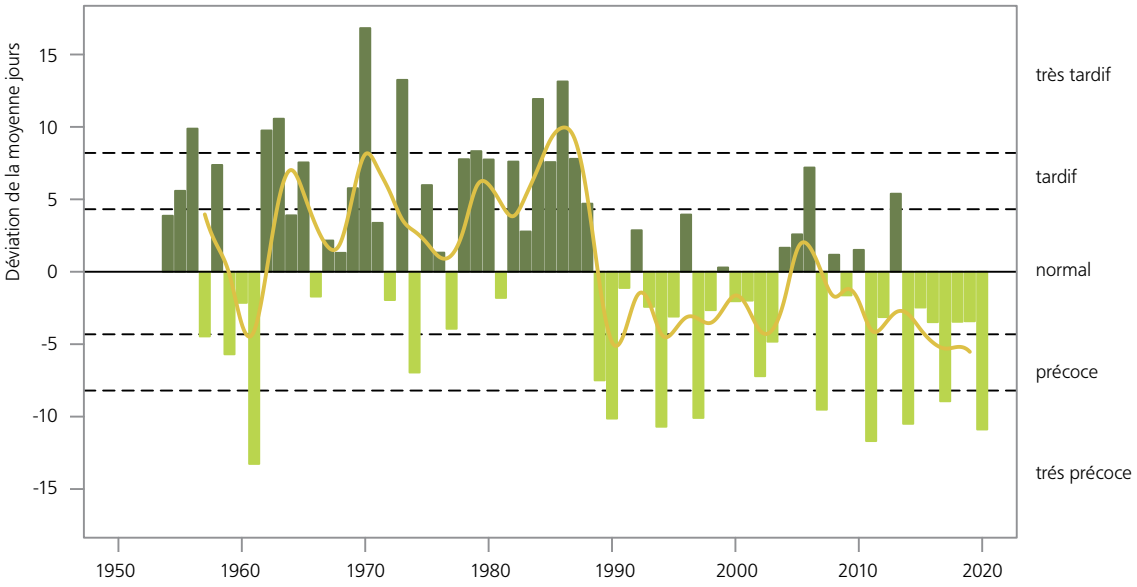
Indice du printemps

L'indice du printemps est une valeur permettant de caractériser le développement de la végétation au printemps par rapport aux années précédentes et à la moyenne pluriannuelle. Le développement de la végétation au printemps dépend essentiellement des températures relevées au cours de l'hiver et au printemps [26].

En 2020, la végétation printanière s'est développée très tôt. De janvier à mars, la végétation a connu une avance de 2–4 semaines sur la moyenne de la période 1981–2010. La floraison des arbres fruitiers au début du mois d'avril a fait partie du groupe d'années avec la floraison la plus précoce et a montré une avance de 14–16 jours. Dès le début du mois d'avril, les forêts ont reverdi très rapidement. Dès la troisième décade d'avril, même les stations phénologiques les plus élevées ont signalé le déploiement des feuilles du hêtre. Le deuxième mois de février le plus chaud et le troisième printemps le plus chaud (mars à mai) ont permis ce développement très précoce de la végétation.

Parallèlement aux températures plus élevées mesurées en hiver mais plus encore au printemps à partir du milieu des années 1980, l'indice du printemps indique lui aussi, depuis la deuxième moitié des années 1980, une évolution comparable, par saccades, vers un développement plus précoce de la végétation au printemps.

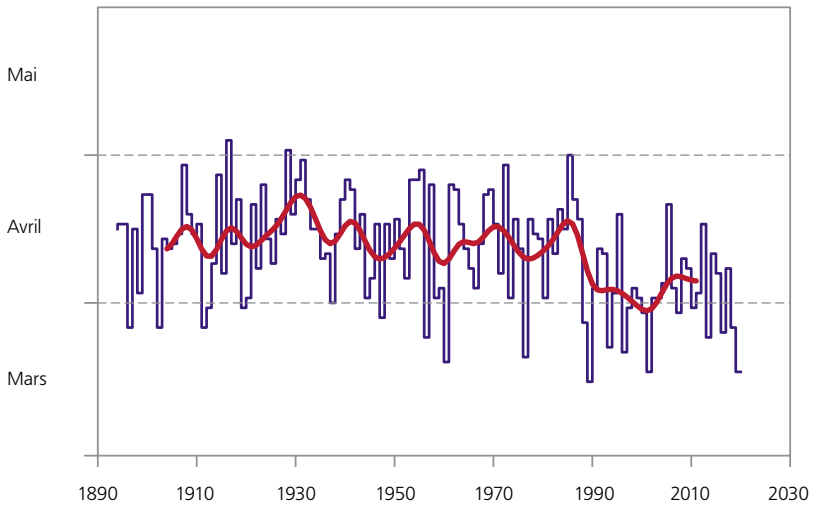
Figure 5.24
Etat annuel du développement de la végétation en Suisse (indice du printemps) 1954–2020 présenté comme un écart par rapport à la moyenne à long terme de l'état de développement de la végétation. La courbe montre la moyenne pondérée sur cinq ans.



Floraison des cerisiers près de Liestal et apparition de la première feuille du marronnier à Genève

La date de floraison des cerisiers dans les environs de la station de Liestal, à Liestal-Weideli, est notée depuis 1894. On observe depuis 1990 environ une tendance à une floraison plus précoce dans cette série. La date d'observation du 17 mars 2020 a été en avance de 20 jours par rapport à la moyenne de la période 1981–2010, en raison des températures élevées en février et mars. Après le 16 mars 1990, il s'agit de la deuxième date la plus précoce, à égalité avec le 18 mars 2002 (année bissextile en 2020). Par rapport à l'ensemble de la période de mesures, la date a été de 25 jours en avance sur la moyenne.

La série historique de la date de l'apparition de la première feuille du marronnier officiel à Genève, qui existe depuis 1808, revêt également une grande importance. C'est la plus longue série phénologique de Suisse. A partir de 1900 environ, on observe une nette tendance à l'apparition plus précoce de cette feuille. En 2020, l'apparition de la première feuille du marronnier s'est produite le 8 mars. L'apparition de la feuille du marronnier dépend très fortement des températures. D'autres facteurs comme l'âge de l'arbre ou le climat urbain peuvent aussi jouer un rôle. La raison de la manifestation plus tardive observée depuis quelques années n'est pas encore connue.



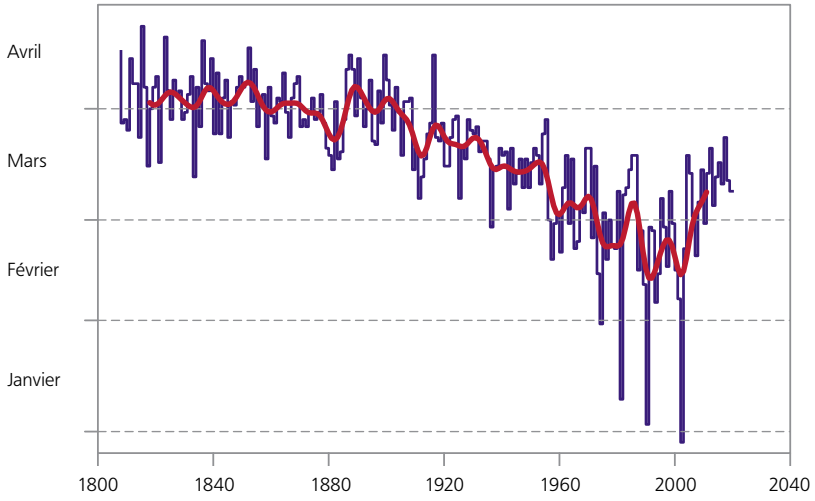


Figure 5.25
Ci-dessus:
Floraison des cerisiers près de Liestal durant la période 1894–2020.
Source: Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, Sissach et MétéoSuisse.

Ci-dessous:
apparition de la première feuille du marronnier à Genève au cours de la période 1808–2020.
Source: Grand Conseil de la République et canton de Genève.

5.3
Origine des données et méthodes

Indicateurs climatiques selon l'OMM

Les indicateurs climatiques selon l'OMM sont calculés selon les règles et avec le logiciel officiel de l'«Expert Team on Climate Change Detection and Indices» (ETCCDI) de l'OMM [15]. Les valeurs utilisées sont des séries homogénéisées à partir de 1959.

Température

En raison des différents régimes de température rencontrés sur un territoire exigu (températures plus basses en montagne, températures plus élevées en plaine), idéalement il vaut mieux ne pas définir l'évolution des températures en Suisse en températures absolues mais sous la forme d'un écart à la norme 1961–1990. La température moyenne suisse décrit la moyenne des températures mesurées en Suisse sur l'ensemble des régions de plaine et pour différentes altitudes. Les données de différentes stations de mesures du réseau suisse de mesures climatiques (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [2] sont combinées en fonction de leur représentativité.

meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/temperature-moyenne-suisse.html

Pour les analyses des tendances, il est toujours indiqué à quel point la tendance est nette. On utilise pour ce faire les niveaux «fortement significatif» et «significatif». «Fortement significatif» indique que l'on peut dire avec une très grande certitude qu'on se trouve en présence d'une tendance (valeur $p \leq 0{,}01$; la marge d'erreur est de 1 % ou moins). «Significatif» indique que l'on peut dire avec une grande certitude qu'on se trouve en présence d'une tendance (valeur $p > 0{,}01$ et $\leq 0{,}05$; la marge d'erreur se situe entre 1 % et 5 %). «Non significatif» indique qu'il n'y a pas de tendance certaine par rapport au seuil de signification choisi (valeur $p = 0{,}05$).

Précipitations

En Suisse, le régime des précipitations au Nord et au Sud des Alpes est très différent avec des caractéristiques tout à fait spécifiques dans l'évolution à long terme des précipitations. Une courbe des précipitations pour toute la Suisse peut masquer ces différences régionales considérables. C'est pourquoi nous faisons une distinction entre l'évolution des précipitations au Nord et au Sud des Alpes. L'évolution des précipitations pour toute la Suisse n'est pas représentée. Les analyses sont basées sur 12 séries de mesures homogènes [27] du réseau suisse de mesures climatiques (Swiss National Basic Climatological Network; Swiss NBCN [2]).

Pour les analyses des tendances, il est toujours indiqué à quel point la tendance est nette. On utilise pour ce faire les niveaux «fortement significatif» et «significatif». «Fortement significatif» indique que l'on peut dire avec une très grande certitude qu'on se trouve en présence d'une tendance (valeur $p \leq 0{,}01$; la marge d'erreur est de 1 % ou moins). «Significatif» indique que l'on peut dire avec une grande certitude qu'on se trouve en présence d'une tendance (valeur $p > 0{,}01$ et $\leq 0{,}05$; la marge d'erreur se situe entre 1 % et 5 %). «Non significatif» indique qu'il n'y a pas de tendance certaine par rapport au seuil de signification choisi (valeur $p = 0{,}05$).

Jours de fortes précipitations

La notion utilisée de «fortes précipitations» sur la base d'un seuil ≥ 20 mm ne doit pas être confondue avec celle des précipitations extrêmes rares. Chaque année, on enregistre plusieurs fois un volume de précipitations de 20 mm dans la plupart des régions de Suisse. Le phénomène est donc fréquent. On considère comme rare un événement attendu à peu près tous les dix ans ou davantage. A Berne, c'est le cas à partir de 65 mm environ, à Sion, à partir de 50 mm, à Davos, à partir de 70 mm et à Lugano, à partir de 130 mm de précipitations journalières. Il est toutefois difficile, par essence, de dégager des tendances pour les événements extrêmes en raison même de leur rareté. Plus les événements sont rares, plus il est compliqué de dégager une tendance [28]. Des informations détaillées sur les rares fortes précipitations se trouvent sous:

meteosuisse.admin.ch/home/climat/le-climat-suisse-en-detail/analyses-des-valeurs-extremes.html

Précipitations des journées très humides

Une journée est considérée comme très humide lorsque la somme de ses précipitations est supérieure à celle des 18 (5 %) journées les plus humides de l'année selon la norme. La période de référence va de 1961–1990. Les graphiques montrent la quantité annuelle totale de précipitations tombant les journées très humides.

Indice de sécheresse

Les indices SPI (standardized precipitation index [29])) et SPEI (standardized precipitation evapotranspiration index [30]) montrent les anomalies par rapport à la moyenne des précipitations et du bilan hydrique (différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle). Des valeurs positives signifient des conditions plus humides et des valeurs négatives des conditions plus sèches que la moyenne.

LE SPI est une mesure de l'anomalie de précipitations sur une période donnée (typiquement de 1–48 mois) et se calcule à partir des sommes mensuelles de précipitations. Les précipitations cumulées des derniers (1–48) mois sont comparées avec les sommes de précipitations relevées au même moment dans le passé. La distribution de ces sommes de précipitations est transformée en une distribution normale standard autour de zéro. La valeur ainsi transformée d'une somme de précipitations donnée constitue la valeur SPI.

Le SPEI est calculé de manière analogue au SPI. La différence réside dans le fait que le calcul s'effectue non sur la base des sommes de précipitations sur une période déterminée mais sur la base du bilan hydrique. Le bilan hydrique correspond aux précipitations moins l'évapotranspiration potentielle. Le SPEI est donc le bilan hydrique transformé en distribution normale standard.

Selon la définition de la distribution normale standard, les conditions avec un SPI/SPEI inférieur à -1 correspondent à une fréquence d'environ 15 %, celles avec une valeur inférieure à -2, à une fréquence d'environ 2 %. La sécheresse ou l'excédent hydrique peut dès lors être classé en différentes catégories en fonction des indices:

	SPEI	≤ -2,0	extrèmement sec
-2,0	<SPEI	≤ -1,5	très sec
-1,5	<SPEI	≤ -1,0	sec
-1,0	<SPEI	< 1,0	normal
1,0	≤SPEI	< 1,5	humide
1,5	≤SPEI	< 2,0	très humide
	SPEI	≥ 2,0	extrèmement humide

Limite du zéro degré en atmosphère libre

Dans des conditions atmosphériques normales, la température de l'air diminue avec une hauteur croissante par rapport à la surface de la Terre. Si la température au sol est positive, il existe en altitude une surface où la température est de 0 °C. Au-dessus de cette surface, la température est négative. La hauteur à laquelle se situe la frontière entre températures positives et négatives est qualifiée d'altitude de la limite du zéro degré. En cas d'inversion où la limite du zéro degré est franchie à deux, voire à trois reprises, le point d'intersection le plus élevé est généralement considéré comme altitude de la limite du zéro degré effective selon les directives de l'OMM. Afin d'obtenir des chiffres comparables concernant l'altitude de la limite du zéro degré, même lorsque les températures au sol sont négatives, une valeur théorique est déterminée dans de telles situations météorologiques.

Une altitude ou profondeur fictive de la limite du zéro degré située sous la surface de la Terre est calculée à partir de la température au sol indiquée dans le sondage, en supposant un gradient thermique vertical moyen de 0,5 °C par 100 mètres. De la sorte, on obtient des limites du zéro degré qui se situent sous la surface et, en cas de températures au sol de -2,5 °C ou inférieures, même au-dessous du niveau de la mer et sont donc négatives [31]. L'altitude de la limite du zéro degré figure dans le rapport de chaque radiosondage. Des moyennes mensuelles sont calculées à partir de ces valeurs et ultérieurement utilisées pour le calcul des tendances climatiques.

Altitude de la tropopause

L'altitude de la tropopause correspond au niveau le plus bas de l'atmosphère, qui présente un taux de refroidissement de 2 °C ou moins par kilomètre (0,2 °C par 100 m). En outre, la condition est que, dans une couche épaisse de 2 km au-dessus de ce niveau, le taux de refroidissement de 2 °C par km ne soit pas dépassé.

Développement de la végétation

L'observation des différentes phases phénologiques a débuté à différents moments. Les phases observées depuis 1951 sont comparées à la période normale 1981–2010. Les phases observées depuis 1996 sont comparées à l'ensemble des séries de données disponibles de 1996 à l'année précédente de l'année en cours. Ces dernières comprennent en particulier les phases de début de floraison et les phases de coloration des feuilles de nombreux arbres. Le texte mentionne toujours la période de référence à laquelle il est fait référence.

Saison pollinique et intensité des pollens

La saison pollinique actuelle est comparée à la moyenne 1993–2017.

L'indice pollinique est calculé à partir de la concentration journalière des pollens dans l'air. La quantité de pollen par mètres cubes d'air pour le type de pollen considéré est déterminé quotidiennement. Les chiffres journaliers sont ensuite cumulés pour l'ensemble de l'année.

Stations de mesures polliniques utilisées:
Suisse centrale et orientale: Bâle, Buchs, Lucerne, Münsterlingen et Zurich. Suisse occidentale: Berne, Genève et Neuchâtel. Tessin: Locarno et Lugano.

Somme de neige fraîche et journées de neige fraîche

Les mesures journalières et mensuelles de neige ne sont pas disponibles sous la forme de données homogènes. L'homogénéisation des données sur la neige n'a pas encore pu être effectuée. L'interprétation des séries de mesures doit donc se faire avec toute la prudence requise.

Indice du printemps

L'état du développement de la végétation est enregistré au moyen de phases phénologiques. La phénologie se penche sur des phénomènes d'évolution naturels se produisant régulièrement au cours de l'année. Des observations phénologiques sont effectuées dans environ 160 stations réparties sur tout le territoire suisse. Pour établir l'indice du printemps, près de 80 stations disposant des plus longues séries de mesures sont utilisées.

L'indice du printemps utilisé ici est déterminé sur la base des dix phases phénologiques suivantes: floraison du noisetier, floraison du pas-d'âne, floraison de l'anémone des bois, déploiement des feuilles du marronnier d'Inde, floraison du cerisier, déploiement des feuilles du noisetier, déploiement des aiguilles du mélèze, floraison de la cardamine des prés, déploiement des feuilles du hêtre et floraison du pissenlit.

Les différentes phases phénologiques dépendent bien entendu des aléas de la météo. Ainsi, la floraison du noisetier peut intervenir précocement s'il a fait doux à la fin de l'hiver; inversement, si elle est suivie d'une longue période de froid, cela retardera de nouveau le développement de la végétation. Le développement de la végétation est en outre tributaire de l'altitude. Dans les stations de mesures de basse altitude, où les conditions sont douces, les phases phénologiques interviennent plus tôt qu'à plus haute altitude, où il fait plus froid. Ces nombreuses données d'observation sont structurées et simplifiées par une analyse des principaux composants et fédérées, dans un souci de clarté, en un indice du printemps pour l'ensemble de la Suisse [26].

Références

[1] S. Bader, A. Burgstall, A. Casanueva, A. Duguay-Tetzlaff, R. Gehrig, S. Gubler, S. Kotlarski, S. Scherrer, C. Spirig, 2018: Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 272, 38 pp.

[2] M. Begert, G. Seiz, N. Foppa, T. Schlegel, C. Appenzeller, G. Müller, 2007: Die Überführung der klimatologischen Referenzstationen der Schweiz in das Swiss National Climatological Network (Swiss NBCN). Arbeitsbericht MeteoSchweiz, 215.

[3] IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[4] M. Collaud Coen, E. Andrews, A. Alastuey, T. P. Arsov, J.Backman, B. T. Brem, N. Bukowiecki, C. Couret, K. Eleftheriadis, H. Flentje, M. Fiebig, M. Gysel-Beer, J. L. Hand, A. Hoffer, R. Hooda, C. Hueglin, W. Joubert, M. Keywood, J. E. Kim, S.-W. Kim, C. Labuschagne, N.-H. Lin, Y. Lin, C. Lund Myhre, K. Luoma, H. Lyamani, A. Marinoni, O. L. Mayol-Bracero, N. Mihalopoulos, M. Pandolfi, N. Prats, A. J. Prenni, J.-P. Putaud, L. Ries, F. Reisen, K. Sellegri, S. Sharma, P. Sheridan, J. P. Sherman, J. Sun, G. Titos, E. Torres, T. Tuch, R. Weller, A. Wiedensohler, P. Zieger and P. Laj: Multidecadal trend analysis of aerosol radiative properties around the world, Atmos. Chem. Phys.
https://acp.copernicus.org/articles/20/8867/2020/

[5] Y. Poltera, G. Martucci, M. Collaud Coen, M. Hervo, L. Emmenegger, S. Henne, D. Brunner and A. Haefele (2017). PathfinderTURB: an automatic boundary layer algorithm. Development, validation and application to study the impact on in situ measurements at the Jungfraujoch, Atmos. Chem. Phys., 17, 10051–10070.
doi.org/10.5194/acp-17-10051-2017

[6] MeteoSchweiz, 2018: Der Wintersturm Burglind/Eleanor in der Schweiz, Fachbericht MeteoSchweiz, 268, 35 pp.

[7] MeteoSchweiz: 2018, Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, 272, 38 pp.

[8] NCCS (Hrsg.), 2018: CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2.
klimaszenarien.ch

[9] WMO 2021: State of the Global Climate 2020.
public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate

[10] NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2020, published online January 2021, retrieved on January 15, 2021.
ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013

[11] University of East Anglia, 2019: Temperature anomaly (from the base period 1961–90) datasets HadCRUT4.
www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/download.html

[12] MEI-Daten unter:
esrl.noaa.gov/psd/enso/mei

[13] G. Seiz, N. Foppa, 2007: Nationales Klima-Beobachtungssystem (GCOS Schweiz). Publikation von MeteoSchweiz und ProClim, 92 S.
https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/suche.subpage.html/de/data/publications/2007/10/nationales-klima-beobachtungssystem.html?query=seiz+foppa+GCOS&pageIndex=0&tab=search_tab

[14] WMO, 2003: GCOS-82. Second Report on the Adequacy of the Global Observing Systems for Climate in Support of the UNFCCC. WMO TD 1143.

[15] library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=138

[16] WMO, 2017: WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, No. 1203. library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20130

[17] M. Beniston, 1997: Variations of snow depth and duration in the swiss alps over the last 50 years: Links to changes in large-scale climatic forcings, Climatic Change 36 (1997), 281–300.

[18] S. C. Scherrer, C. Appenzeller, M. Laternser, 2004: Trends in Swiss Alpine snow days: The role of local- and large-scale climate variability. Geophys. Res. Lett., 31, L13215, doi: 1029/2004GL020255.

[19] M. Laternser, M. Schneebeli, 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99). International Journal of Climatology 23: 733–750.

[20] C. Marty, 2008: Regime shift of snowdays in Switzerland, Geophys. Res. Lett. 35, L12501, doi: 10.1029/2008GL033998.

[21] C. Wüthrich, 2008: Lange Schneemessreihen der Schweiz, Aufarbeitung der längsten Schneemessreihen und Trendanalyse ausgewählter Schneeparameter, Geographisches Institut der Universität Bern, Diplomarbeit.

[22] S. C. Scherrer, E. M. Fischer, R. Posselt, M. A. Liniger, M. Croci-Maspoli and R. Knutti, 2016: Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland, J. Geophys. Res. Atmos., 121, doi: 10.1002/2015JD024634.

[23] P. Calanca, 2007: Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes? Global and Planetary Change, 57, 1–2, 151–160. doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.001.

[24] C. Pfister, M. Rutishauser, 2000: Dürresommer im Schweizer Mittelland seit 1525. Workshopbericht «Trockenheit in der Schweiz», Organe Consultatif sur les Changements Climatiques (OcCC), Bern. 17 S. und 2 Anhänge. occc.ch/reports_e.html

[25] G. Favaro, P. Jeannet, R. Stübi, 2002: Re-evaluation and trend analysis of the Payerne ozone soundings. Veröffentlichungen der MeteoSchweiz Nr. 63. MeteoSchweiz, Zürich.

[26] S. Studer, C. Appenzeller and C. Defila, 2005: Inter-annual variability and decadal trends in Alpine spring phenology: A multivaritae analysis approach. Climatic Change 73: 395–414.

[27] M. Begert, G. Seiz, T. Schlegel, M. Musa, G. Baudraz and M. Moesch, 2003: Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961–1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. MeteoSchweiz, Zürich.

[28] C. Frei and C. Schär, 2001: Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitations in the Alpine region. Journal of climate 14: 1568–1584.

[29] T. B. McKee, N. J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales, Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, Jan.17–22, American Meteorological Society, Boston, pp. 179–184.

[30] S. Vicente-Serrano, S. Bugueria and J.Lopez-Moreno, 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, J of Climate, 23, 1696–1718, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1.

[31] A. Güller, 1979: Die Nullgradgrenze in der Schweiz 1951–1978, nach den Radiosondierungen von Payerne. Klimatologie in der Schweiz, Heft 21/0. Beiheft zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (Jahrgang 1978).

[32] Scott C. Sheridan and Cameron C. Lee: Temporal Trends in Absolute and Relative Extreme Temperature Events Across North America. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2018; doi: 10.1029/2018JD029150.

[33] I. Isaksen, E. Hesstvedt and F. Stordal: Influence of stratospheric cooling from CO_2 on the ozone layer. Nature 283, 189–191 (1980) doi: 10.1038/283189A0.

[34] N. Humpage, H. Boesch, P. I. Palmer, A. Vick, P. Parr-Burman, M. Wells, D. Pearson, J. Strachan and N. Bezawada: Green-House gas Observations of the Stratosphere and Troposphere (GHOST): an airborne shortwave-infrared spectrometer for remote sensing of greenhouse gases, Atmos. Meas. Tech., 11, 5199–5222. https://amt.copernicus.org/articles/11/5199/2018/

[35] R. Philipona, C. Mears, M. Fujiwara, P. Jeannet, P. Thorne, G. Bodeker, L. Haimberger, M. Hervo, C. Popp, G. Romanens, W. Steinbrecht, R. Stübi and R. Van Malderen, 2018: Radiosondes show that after decades of cooling the lower stratosphere is now warming. J Geophys Res 123(22): 12–509

[36] WMO, 1957: Definition of the tropopause. WMO Bull., 6, 136.

Adresses
Bundesamt für Meteorologie
und Klimatologie MeteoSchweiz
Operation Center 1
Postfach
CH-8058 Zürich-Flughafen

Ufficio federale di meteorologia
e climatologia MeteoSvizzera
Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno-Monti

Office fédéral de météorologie
et de climatologie MétéoSuisse
7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève 2

Office fédéral de météorologie
et de climatologie MétéoSuisse
Chemin de l'Aérologie
CH-1530 Payerne

Website
meteosuisse.admin.ch

Contact
serviceclient@meteosuisse.ch