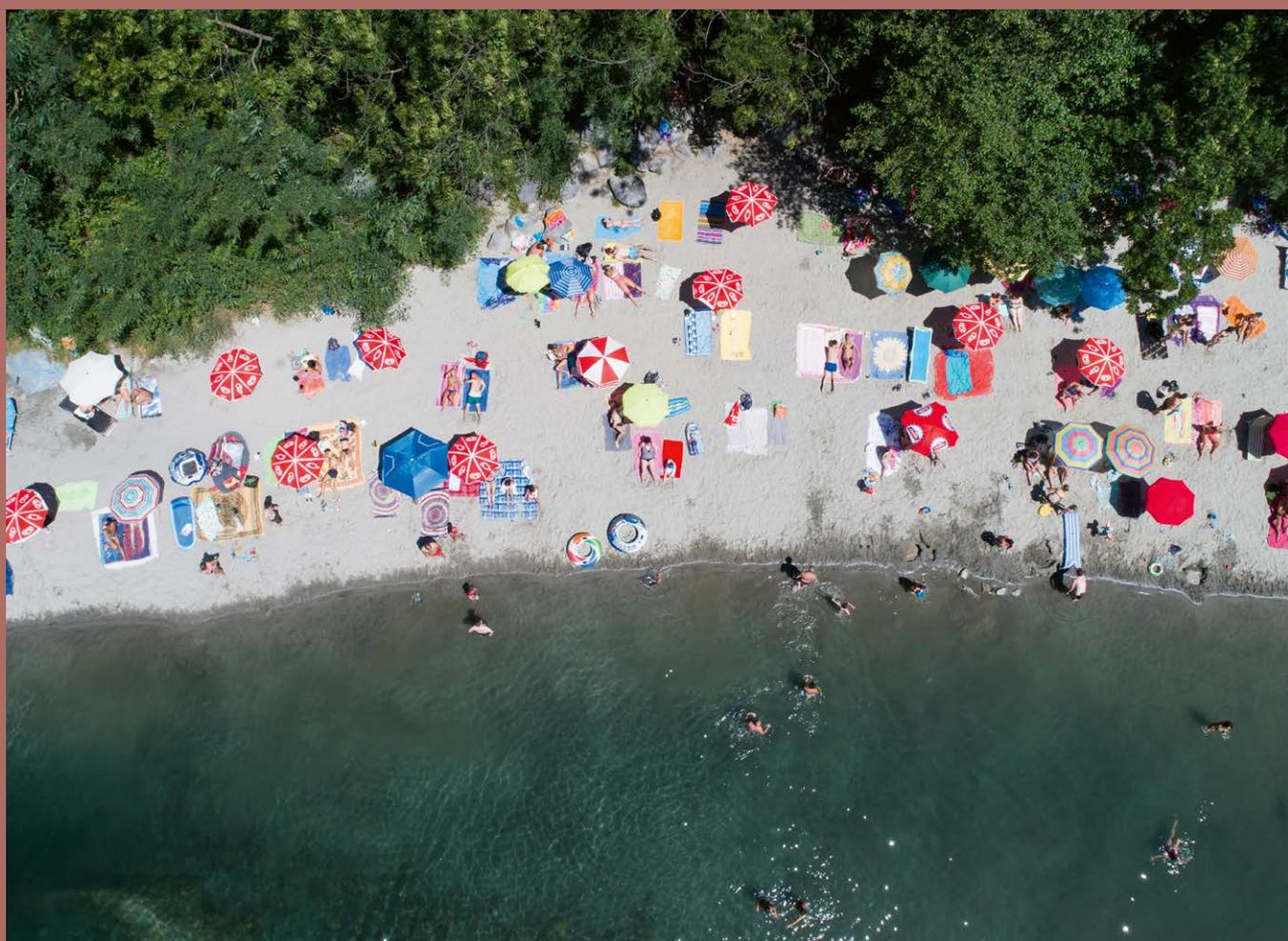


La canicule et la sécheresse de l'été 2018

Impacts sur l'homme et l'environnement



La canicule et la sécheresse de l'été 2018

Impacts sur l'homme et l'environnement

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

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

Co-production

Office fédéral de météorologie et de climatologie (MétéoSuisse)

Office fédéral de la santé publique (OFSP)

Office fédéral de la protection de la population (OFPP)

Office fédéral de l'agriculture (OFAG)

Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Swiss Tropical and Public Health-Institut Swiss (TPH)

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL)

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

Auteurs

Lukas Denzler (chap. 2, 3 et 4 ainsi que les textes «zoom»),

Roland Hohmann, Sabine Kleppek, Lukas Denzler (chap. 1 et 5)

Direction du projet

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Groupe d'accompagnement

Roland Hohmann (direction du projet), Sabine Augustin, Richard

Ballaman, Martin Barben, Anne Dax, Caroline Kan, Sabine

Kleppek, Markus Müller, Barbora Neversil, Edith Oosenbrug,

Corin Schwab et Gian-Reto Walther (tous OFEV)

Stephan Bader, Stefanie Gubler (MétéoSuisse)

Esther Walter (OFSP)

Christoph Werner, Wilhelm Möller (OFPP)

Daniel Felder (OFAG)

Lukas Gutzwiller und Leonie Jossen (OFEN)

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Référence bibliographique

OFEV et al. (éd.) 2019: La canicule et la sécheresse de l'été 2018. Impacts sur l'homme et l'environnement. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1909: 91 p.

Mise en page

Cavetti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Photo aérienne d'une plage de la Maggia, près d'Avegno, prise le dimanche 9 juillet 2018.

© KEYSTONE/Ti-Press/Alessandro Crinari

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF

OFCL, Vente des publications fédérales, CH-3003 Berne

www.publicationsfederales.admin.ch

N° d'art. 810.400.129f

www.bafu.admin.ch/uz-1909-f

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

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2019

10.19 700 860450181

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les services cantonaux qui ont participé au sondage portant sur les effets de l'été 2018 et toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à l'élaboration du présent rapport.

Table des matières

Abstracts	5
-----------	---

Avant-propos	6
--------------	---

1	Introduction	8
---	---------------------	----------

2	Canicule et sécheresse de l'été 2018	9
	Températures, canicules et précipitations	9
	Pollution de l'air	15
	Cours d'eau, lacs et eaux souterraines	18
	Glaciers, pergélisol et éboulements	22
	Zoom sur le Tessin	25

3	Effets de la canicule et de la sécheresse	27
	Santé	27
	Gestion des eaux	34
	Zoom sur le canton de Vaud	39
	Agriculture	41
	Forêts	46
	Zoom sur Bâle	53
	Faune et flore	55
	Production d'électricité	59
	Infrastructures de transport et transport de marchandises	63
	Zoom sur le canton de Thurgovie	69

4	Communication, médias et perception	71
	Zoom sur Schaffhouse	77

5	Récapitulatif et perspectives	79
---	--------------------------------------	-----------

Liste des abréviations	86
------------------------	----

Liste des tableaux	88
--------------------	----

Bibliographie	89
---------------	----

Sites Internet	91
----------------	----

Abstracts

Switzerland experienced another exceptionally hot summer in 2018. With an average temperature of 15.3°C, it was the third warmest summer (after 2003 and 2015) since records began in 1864. Precipitation levels were also very low, with mean nationwide rainfall just 69% of the 1981–2010 average. The heat and drought had some serious consequences. Because of the high temperatures, there were approximately 200 more deaths than would have been the case in a normal year. Forests were visibly affected by the drought, with broadleaved trees changing colour as early as July in many places. Conditions such as those in the summers of 2003, 2015 and 2018 are likely to become the norm as a result of climate change.

En 2018, la Suisse a essuyé une nouvelle fois un été exceptionnellement chaud. Avec une température moyenne de 15,3°C pour les mois de juin, de juillet et d'août, ce fut le troisième été le plus chaud depuis le début des mesures en 1864, après ceux de 2003 et de 2015. De plus, les cumuls des précipitations ont été très faibles. En comparaison avec la période de référence (1981-2010), les précipitations du semestre d'été 2018, soit d'avril à septembre, n'ont en moyenne atteint que 69 % des cumuls usuels. La canicule et la sécheresse ont eu des répercussions graves. Si les températures élevées ont provoqué environ 200 décès de plus par rapport à une année normale, la sécheresse a laissé, elle, des traces visibles en forêt. En de nombreux endroits, les feuillus ont commencé à changer de couleur dès le mois de juillet. Si les changements climatiques se poursuivent ainsi, les étés 2003, 2015 et 2018 deviendront la norme.

Die Schweiz erlebte 2018 erneut einen aussergewöhnlich heissen Sommer. Mit einer durchschnittlichen Temperatur von 15,3 Grad in den Monaten Juni, Juli und August war er nach 2003 und 2015 der drittwärmste Sommer seit Messbeginn 1864. Auch die Niederschlagsmengen waren sehr gering. Im landesweiten Mittel fielen im Sommerhalbjahr von April bis September nur 69 Prozent der Normperiode 1981 bis 2010. Hitze und Trockenheit hatten gravierende Auswirkungen. Wegen der hohen Temperaturen waren ungefähr 200 Todesfälle mehr zu beklagen als in einem normalen Jahr. Im Wald hinterliess die Trockenheit deutliche Spuren. Vielerorts verfärbten sich die Laubbäume bereits im Juli. Mit dem Klimawandel dürften Verhältnisse wie in den Sommern 2003, 2015 und 2018 zum Normalfall werden.

Nel 2018 la Svizzera ha vissuto un'altra estate eccezionalmente calda. Con una temperatura media di 15,3 gradi, è stata la terza estate più calda dopo il 2003 e il 2015 registrata dall'inizio delle misurazioni nel 1864. Anche le precipitazioni sono state alquanto esigue. Nella media nazionale, sono state pari soltanto al 69 per cento delle precipitazioni cadute durante il periodo di riferimento 1981–2010. La canicola e la siccità hanno in parte avuto gravi conseguenze. Le temperature elevate hanno causato circa 200 decessi in più rispetto a un anno normale. La siccità ha infine lasciato tracce visibili nei boschi. In molti boschi le latifoglie hanno cambiato colore già a luglio. Con il cambiamento climatico, condizioni come quelle registrate nelle estati 2003, 2015 e 2018 dovrebbero diventare la norma.

Keywords:

heat, drought, climate, climate change, waters, glacier, health, water supply, agriculture, forest, biodiversity, air pollution control, hydroelectric power, adaptation

Mots-clés :

chaleur, canicule, sécheresse, climat, changements climatiques, eaux, glaciers, santé, approvisionnement en eau, agriculture, forêt, biodiversité, protection de l'air, force hydraulique, adaptation

Stichwörter:

Hitze, Trockenheit, Klima, Klimawandel, Gewässer, Gletscher, Gesundheit, Wasserversorgung, Landwirtschaft, Wald, Biodiversität, Luftreinhaltung, Wasserkraft, Anpassung

Parole chiave:

canicola, siccità, clima, cambiamento climatico, corsi e specchi d'acqua, ghiacciai, salute, approvvigionamento idrico, agricoltura, bosco, biodiversità, lotta contro l'inquinamento atmosferico, forza idrica, adattamento

Avant-propos

Avant même que le présent rapport «La canicule et la sécheresse de l'été 2018» ait été achevé et que des conclusions aient pu en être tirées, nous avons vécu en Suisse, fin juin 2019, une nouvelle vague de chaleur intense et des températures record. La question est donc justifiée : l'évolution climatique nous dépasse-t-elle ?

Depuis le début du millénaire, les vagues de chaleur et les périodes de sécheresse, dont l'ampleur était encore insoupçonnée dans les années 1990, se multiplient. L'été 2003 est resté gravé dans notre mémoire comme l'été caniculaire par excellence. Si l'été 2015 a lui aussi été hors du commun, la population ne l'a pas identifié comme le signe alarmant des changements climatiques. Il a fallu attendre l'été 2018 pour que le grand public impute les températures constamment élevées et l'absence de précipitations de cette saison-là aux changements climatiques.

Le semestre d'été 2018 (d'avril à septembre) a été le plus chaud depuis le début des mesures systématiques en 1864. Les températures élevées se sont alors accompagnées d'une pénurie de précipitations hors du commun, qui s'est muée en véritable événement centennal à certaines stations de mesure de Suisse orientale. La canicule et la sécheresse ont eu des répercussions graves. Tout comme en 2003 et en 2015, la Suisse a déploré des décès dus à la chaleur. Des différences régionales sont alors apparues, avec en tête du classement l'agglomération zurichoise et, dans une mesure moindre, la Suisse du nord-ouest ainsi que la Suisse orientale. Ayant chacun activé son plan canicule, les cantons romands et le Tessin n'ont pas enregistré de hausse dans le nombre de décès pendant l'épisode de fortes chaleurs : les plans semblent donc avoir porté leurs fruits. La canicule a également eu un impact sur la vie aquatique, et les températures élevées de l'eau en décollant ont mis sous pression, entre autres, de nombreuses espèces de poissons. Ainsi, malgré les mesures urgentes engagées, le nombre de poissons morts retrouvés en août dans le Rhin a été en forte hausse. La navigation rhénane a dû être réduite en raison des bas niveaux d'eau et le transport des marchandises, dévié. Il a en outre fallu libérer des réserves obligatoires d'une ampleur inédite. Par ailleurs, du fait de la sécheresse, de nombreuses forêts ont commencé à prendre des couleurs automnales dès le mois de juillet. L'ampleur des dégâts qu'ont subi les arbres du fait de la sécheresse n'apparaît que progressivement. La sécheresse a en outre provoqué des pertes de récolte dans l'agriculture, notamment en matière de foin et de fourrage.

L'armée a dû voler au secours d'un grand nombre d'alpages en les approvisionnant en eau par hélicoptère. Le risque d'incendie de forêt était accru dans tout le pays, mais heureusement aucun sinistre de grande ampleur n'est survenu.

Les vagues de chaleur et les épisodes de sécheresse se sont multipliés, si bien qu'il est légitime de se demander s'ils constituent la nouvelle donne climatique. Le réchauffement mondial depuis le début de l'ère industrielle s'élève à 1 °C – et même à 2 °C en moyenne sur l'année pour la Suisse. Étant donné qu'il n'est pas possible de faire machine arrière, il est d'autant plus important que nous n'acceptons pas les changements climatiques avec fatalisme, mais au contraire que nous prenions des mesures ciblées pour les enrayer et nous adapter à leurs répercussions. La Suisse a ratifié l'Accord de Paris, par lequel la communauté des États s'engage à contenir le réchauffement mondial nettement en dessous de 2 °C et même à limiter la hausse de la température à 1,5 °C. Sachant que, dans notre pays, les températures montent deux fois plus qu'ailleurs et que les risques climatiques peuvent se multiplier et s'intensifier, il est également primordial de renforcer la résilience de l'homme, mais aussi des écosystèmes et des infrastructures critiques. C'est là notre unique chance d'empêcher que, à l'avenir, les vagues de chaleur et les épisodes de sécheresse plus intenses ne se traduisent par des dégâts plus importants encore que ceux de l'été 2018.

Marc Chardonens, Directeur
Office fédéral de l'environnement
(OFEV)

Pascal Strupler, Directeur
Office fédéral de la santé publique
(OFSP)

Benno Bühlmann, Directeur
Office fédéral de la protection de la
population (OFPP)

Peter Binder, Directeur
Office fédéral de météorologie et de
climatologie (MétéoSuisse)

1 Introduction

Les étés chauds et secs se multiplient et posent un nombre croissant de défis. L'été 2018 a constitué un bel exemple de ce phénomène. Impossible désormais d'ignorer les changements qui s'opèrent. La société et l'économie doivent donc s'adapter et planifier en amont.

Quand pourra-t-on à nouveau profiter d'une nuit fraîche ? Quand reviendra la pluie, qui ne tombe plus depuis des semaines ? De nombreuses personnes se sont posé ce type de questions au cours de l'été 2018. À la fin du moins de juillet et pendant la première moitié du mois d'août, une vague de chaleur a frappé la Suisse durant plusieurs jours. À partir de juillet, les sols se sont progressivement asséchés. De nombreux petits cours d'eau ont vu leur débit presque réduit à néant. Beaucoup de distributeurs d'eau ont invité les utilisateurs à réduire leur consommation d'eau.

Après ceux de 2003 et de 2015, l'été 2018 (de juin à août) a été le troisième été le plus chaud jamais enregistré en Suisse depuis le début des mesures en 1864. Si l'on considère l'ensemble du semestre d'été (d'avril à septembre), l'été 2018 a même été le plus chaud jamais répertorié. De plus, les précipitations étaient faibles pendant cette période sur tout le territoire et en particulier en Suisse orientale. La sécheresse s'est progressivement installée à partir d'avril, pour atteindre son paroxysme au cours de l'été. Elle a également touché l'ouest de la Suisse en automne. Les manques de précipitations se sont succédé, si bien qu'à partir d'octobre le Rhin a connu une longue période d'étiage engendrant des effets particulièrement néfastes sur le transport de marchandises par voie fluviale.

En été 2018, de nombreuses personnes ont pris conscience que les changements climatiques ne relèvent pas de la fiction. L'évolution dont il est question n'est pas celle d'un avenir lointain, mais s'opère bien aujourd'hui et se poursuivra demain. La société et l'économie doivent donc s'intéresser à ses répercussions, planifier en amont des mesures d'adaptation et les mettre en œuvre.

L'Office fédéral de l'environnement avait déjà publié en 2015, en collaboration avec d'autres offices fédéraux, un rapport concernant les impacts de la canicule et de la sécheresse. Le présent document constitue un nouvel

état des lieux, qui intervient seulement trois ans après. Le chapitre 2 (p. 9) s'intéresse au climat, à la pollution atmosphérique, aux plans d'eau et aux cours d'eau ainsi qu'aux glaciers, au pergélisol et aux éboulis. Le chapitre 3 (p. 27) aborde en particulier les secteurs vraisemblablement les plus touchés. Il présente les problèmes majeurs qui se sont posés, les mesures qui ont été prises pour y remédier ainsi que les éléments ayant permis de faire face aux défis rencontrés. Il porte une attention particulière aux nouvelles difficultés identifiées ainsi qu'aux lacunes dans la gestion des problèmes liés à la sécheresse et à la canicule. Le chapitre 4 (p. 71) traite des activités médiatiques au sujet de l'été 2018, qui ont atteint un nouveau record après les années 2003 et 2015.

Le présent rapport donne par ailleurs la parole à des acteurs des échelons cantonal et communal. Leurs voix doivent pouvoir se faire entendre, car ces acteurs ont souvent des idées pour combattre les problèmes et mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques. Le rapport propose également des zooms sur certaines régions : les approches et les expériences des cantons du Tessin, de Vaud, de Bâle, de Schaffhouse et de Thurgovie font figure d'exemples de gestion de la canicule et de la sécheresse, de la phase de préparation jusqu'aux mesures à prendre pendant l'événement.

Si la canicule de l'été 2003 avait été perçue comme un cas exceptionnel, il est désormais évident que d'autres vagues de chaleur et périodes de sécheresse sont à prévoir. La véritable question est donc de savoir à quel moment et avec quelle intensité de tels événements se produiront. Ces événements sont voués à se multiplier, mais il reste difficile dans de nombreux domaines et secteurs d'en évaluer les répercussions. Il s'agit également d'accorder une attention accrue aux infrastructures essentielles telles que l'approvisionnement en eau potable, en énergie et en biens ainsi qu'aux infrastructures de transport.

Une chose est certaine : si plusieurs domaines sont concernés par les changements et si ceux-ci sont liés, les solutions passent inévitablement par une collaboration de toutes les parties concernées et un partage des connaissances.

2 Canicule et sécheresse de l'été 2018

Températures, canicules et précipitations

En 2018, la Suisse a connu non seulement le semestre d'été (d'avril à septembre) le plus chaud depuis le début des mesures systématiques des températures, mais également, comme l'a indiqué MétéoSuisse, l'année la plus chaude depuis le début des mesures. Les années chaudes deviennent de plus en plus fréquentes. Comme en 2015, de nombreuses régions du pays ont de nouveau été touchées par des vagues de chaleur pendant plusieurs jours, accentuées par une quantité exceptionnellement faible de précipitations. D'avril à septembre, la Suisse dans son ensemble a enregistré 31 % de précipitations en moins que d'habitude. Cette proportion a même atteint 40 % dans certaines régions de Suisse orientale. Les scénarios climatiques CH2018 risquent un regard vers l'avenir: ils représenteront ces prochaines années une base de décision importante pour élaborer et mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques.

À différents égards, 2018 a été une année de tous les superlatifs. Pendant dix mois sur douze (février et mars constituant les deux exceptions), les températures moyennes dépassaient largement les normes de la période 1981-2010 (fig. 3, p. 11). Par ailleurs, six mois ont enregistré des valeurs extrêmes, avec des écarts de températures de deux degrés ou plus. Sur l'année, la température était en moyenne supérieure de 1,5 °C par rapport à la norme de 1981-2010. La température moyenne en Suisse calculée par MétéoSuisse a presque atteint 7 °C, ce qui fait de 2018 l'année la plus chaude depuis le début des mesures. Depuis 2011, 2018 est déjà la quatrième année à établir de nouveaux records annuels.

Semestre d'été le plus chaud depuis le début des mesures

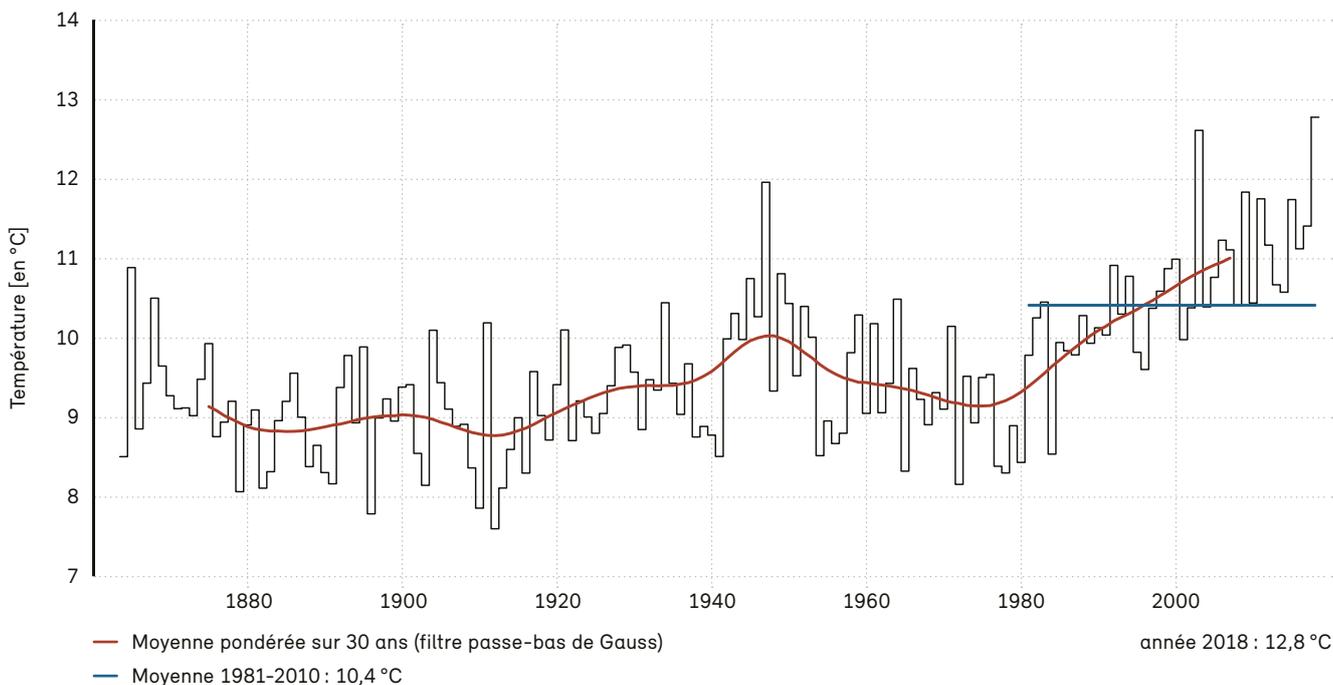
Outre janvier, les mois ayant présenté un excédent thermique considérable sont avril, juin, juillet, août et septembre. Par conséquent, le semestre d'été (avril à

Fig. 1 : Lit asséché de la Töss à Wila, le 26 juillet 2018



Fig. 2 : Températures moyennes des semestres d'été

Températures moyennes en Suisse pour la période d'avril à septembre, de 1864 à 2018. La ligne rouge indique la moyenne lissée sur 30 ans, la ligne bleue, la norme de la période 1981-2010, qui s'élève à 10,4 °C.



Alertes canicule lancées par MétéoSuisse

La sensation de chaleur est influencée par plusieurs paramètres météorologiques : la température de l'air, le rayonnement solaire, l'humidité relative de l'air et le vent. L'être humain supporte mieux la chaleur si l'humidité relative de l'air est faible. Pour évaluer si une alerte canicule doit être lancée, MétéoSuisse se fonde donc sur une valeur reflétant à la fois la température et l'humidité relative de l'air, appelée indice de chaleur (« heat index »), qui représente la température ressentie.

Une alerte canicule est lancée aux niveaux de danger 3 et 4.

- Le niveau 3 (« danger marqué ») signifie que l'indice de chaleur va probablement dépasser la valeur de 90 pendant trois jours au moins.
- Le niveau 4 (« danger fort ») indique que l'indice de chaleur va vraisemblablement grimper au-dessus de 93 durant cinq jours au moins.

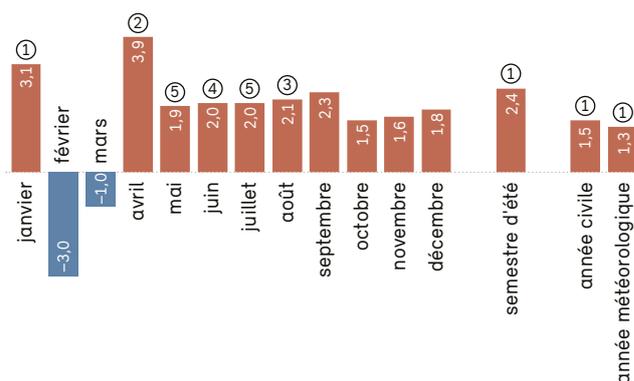
septembre) a été plus chaud que jamais, enregistrant un excédent de températures de 2,4 °C. En 2018, les écarts par rapport aux moyennes de températures normales étaient plus ou moins semblables dans toutes les régions du pays. Le sud des Alpes a enregistré l'automne le plus chaud depuis le début des mesures.

Avec une température moyenne de 15,3 °C à l'échelle suisse, les mois d'été à proprement parler (juin, juillet et août) n'ont pas tout à fait atteint les valeurs records de 2003 ni de 2015. Si l'on considère ces trois mois estivaux uniquement, l'été caniculaire de 2003 reste le plus chaud. Globalement, une tendance à des étés plus chauds s'est dessinée : avant le passage au XXI^e siècle, les étés dépassant une température moyenne de 14 °C étaient considérés extrêmes et ceux franchissant le seuil des 15 °C, inexistantes. Le climat suisse ne connaît plus l'été moyen qui prévalait sur la période 1961-1990, avec ses 12 °C environ.

Vagues de chaleur importantes et ensoleillement généreux

Des vagues de chaleur ont frappé la Suisse vers la fin du mois de juillet et le début du mois d'août. Au nord des Alpes, la vague de chaleur a débuté le 30 juillet avec des températures de plus de 30 °C. Elle a perduré pendant dix jours, avec des températures maximales entre 32 °C à 34 °C dans les régions de basse altitude. À Bâle, à Zurich et à Lucerne, cette vague de chaleur de dix jours a été la troisième ou quatrième plus intense depuis le début des mesures. Au cours de l'été 2003, ces villes ont connu des températures caniculaires de 34 °C à 37 °C. Selon MétéoSuisse, Genève a enregistré, avec une valeur de 33,1 °C, la sixième vague de chaleur de dix jours la plus chaude depuis le début de ses mesures. Les valeurs atteignaient 34,5 °C en 2015 et 36,5 °C en 2003. Au total, l'été 2018 a

Fig. 3 : Écart entre les températures mensuelles et la norme
Rétrospective de l'année 2018 : moyenne suisse des températures pour les mois du semestre d'été (d'avril à septembre) ainsi que pour l'année civile; écart par rapport à la norme de la période 1981-2010. Les numéros encadrés correspondent aux rangs : (1) = le mois de janvier le plus chaud depuis le début des mesures en 1864).



Scénarios climatiques CH2018

Les nouveaux scénarios climatiques CH2018 montrent, sur la base des connaissances actuelles, l'évolution prévue du climat ainsi que la fréquence et l'intensité des événements extrêmes qui se produiront à l'avenir. Ils constituent donc une base essentielle pour élaborer et mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques.

Après un semestre d'été chaud et sec en 2018, le timing était parfait pour présenter, en novembre, les nouveaux scénarios climatiques CH2018, élaborés par l'Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse et l'École polytechnique fédérale de Zurich, en collaboration avec l'Université de Berne et ProClim. Ces scénarios montrent les évolutions potentielles à l'horizon 2060, et au-delà, par comparaison avec la période de référence 1981-2010. Fruits de la collaboration de 39 auteurs, ils se fondent sur un rapport technique de base et reflètent l'état actuel de la science (entretien, p. 14).

Les principaux résultats sont les suivants: la Suisse connaîtra un climat plus chaud et plus sec, un enneigement moindre et des précipitations plus violentes. La quantité moyenne de précipitations diminuera en été, mais l'évaporation augmentera en raison de la hausse des tem-

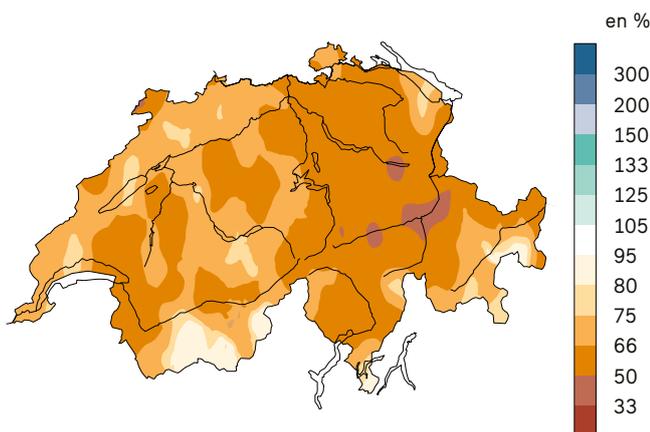
pératures, ce qui assèchera les sols. La fréquence et l'intensité des vagues de chaleur augmenteront. Les épisodes de fortes précipitations seront plus intenses qu'à l'heure actuelle et les hivers considérablement plus chauds. La limite hivernale du zéro degré augmentera tandis que la couverture neigeuse diminuera dans les régions de basse altitude. Les scénarios climatiques montrent toutefois que les évolutions attendues seront bien moins prononcées si la société parvient à faire baisser rapidement les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale.

La Confédération a mandaté MétéoSuisse pour préparer régulièrement des scénarios climatiques. C'est dans ce cadre que les scénarios climatiques CH2018 ont vu le jour. Ceux-ci constituent des bases de planification pour les décideurs chargés de la protection du climat et des adaptations aux changements climatiques. Ils sont conçus pour répondre aux besoins des utilisateurs issus des administrations ainsi que des milieux politiques et économiques et sont présentés de manière claire et conviviale.

Les scénarios sont édités par le National Centre for Climate Services (NCCS). Ils sont disponibles pour tous les intéressés sur une nouvelle plate-forme Internet: www.scenarios-climatiques.ch et www.nccs.ch

Fig. 4 : Déficit de précipitations au semestre d'été

Les précipitations en Suisse d'avril à septembre 2018, en % de la norme de la période 1981–2010.



compté un nombre moindre de journées de canicule par rapport à 2003 et à 2015.

Dans la partie sud du pays, la température a régulièrement dépassé 30 °C dès le 22 juillet. La vague de chaleur a duré 18 jours, avec une température maximale moyenne de 32,6 °C, ce qui représente la troisième plus longue période de canicule prolongée de ce type depuis 1935, année où MétéoSuisse avait commencé à mesurer à la station de Locarno-Monti. En 2003 et en 2015, les températures maximales moyennes avaient atteint respectivement 32,8 °C et 33,1 °C.

Comme les villes sont des îlots de chaleur, celles-ci ont enregistré un plus grand nombre de nuits tropicales (nuits où la température ne descend pas en dessous de 20 °C) que les régions environnantes. La ville de Zurich a enregistré entre 15 et 18 nuits tropicales, en fonction des stations de mesure. En zone périurbaine, l'effet d'îlot thermique s'est rapidement estompé : la station de mesure d'Affoltern, située en dehors de la ville de Zurich, n'a enregistré aucune nuit tropicale. En 2015, Zurich a mesuré environ dix nuits tropicales de plus qu'en 2018 (fig. 5, p. 13).

Pour les personnes appréciant le soleil, 2018 était une année splendide. Avec 908 heures au total, Genève a connu son été le plus ensoleillé depuis le début des séries de mesures en 1897. En 2003, la ville avait enregistré

Îlots de chaleur urbains

En général, la température est plus élevée dans les villes qu'à la campagne. Ce phénomène est connu sous le nom d'îlot de chaleur urbain. La forte densité du bâti en milieu urbain modifie les bilans thermique et hydrique. Le phénomène se produit avant tout le soir et pendant la nuit. Les villes stockent plus longtemps la chaleur et la libèrent lentement. Elles se refroidissent donc moins rapidement. Ce phénomène est considérablement moins marqué en journée.

Dans un rapport paru récemment, MétéoSuisse a analysé les données de l'été 2015 pour plusieurs stations situées dans les villes de Bâle, de Berne, de Genève et de Zurich. Les résultats relatifs aux nuits tropicales, lors desquelles le thermomètre ne descend pas au-dessous de 20 °C, sont intéressants. La ville de Bâle en a enregistré le plus grand nombre (34 à 40 nuits tropicales), suivie de Zurich (25 à 28), de Genève (22 à 24) et de Berne (20). Les stations de MétéoSuisse situées en périphérie des villes ont mesuré un nombre bien moindre de nuits tropicales. Les valeurs du rapport pour les villes du Plateau sont comparables à celles obtenues pour le Tessin. Durant l'été 2015, les stations de mesure du Tessin ont mesuré respectivement 29 nuits tropicales pour Locarno et 28 pour Lugano.

Un nouveau rapport des offices fédéraux de l'environnement et du développement territorial (bibliographie, p. 89) s'intéresse également aux canicules en milieu urbain et pose les bases d'un développement urbain adapté aux changements climatiques.

presque 900 heures. Le soleil a été généreux à Bâle également. Avec 835 heures, la ville a mesuré une heure d'ensoleillement de plus par rapport à 2003.

Important déficit de précipitations

À la chaleur s'est ajouté un important manque de pluie. D'avril à septembre 2018, la Suisse dans son ensemble a enregistré 31 % de précipitations en moins que d'habitude. En 2003, le déficit de précipitations (28 %) était moins

élevé. Celui de 2018 était plus marqué dans certaines régions, notamment la région de Suisse orientale située entre Zurich et les lacs de Walenstadt et de Constance, où il a atteint 40%. Cette région a ainsi enregistré son troisième taux le plus élevé en matière de déficit de précipitations depuis 1864.

Au niveau suisse, le déficit était extrême en particulier les mois d'avril, de juin et de juillet (les cumuls n'ayant atteint que 20 à 40% des précipitations usuelles pour la saison). Le mois de mai a lui été légèrement plus arrosé. Les cumuls ont fortement varié en raison de fréquents orages : la région de Bâle, par exemple, a enregistré des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne au mois de mai, puis très faibles en juin et en juillet. Dans l'ensemble, on peut affirmer que certaines régions du pays ont mesuré, au cours du semestre d'été 2018, des quantités de précipitations moindres par rapport aux années extrêmes 2003 et 2015.

Au nord des Alpes, les précipitations sont restées peu abondantes jusqu'à l'automne. L'énorme déficit de précipitations en Suisse orientale d'avril à novembre est devenu un événement séculaire, qui s'est répercuté notamment sur le

débit du Rhin. La navigation a vu sa situation s'aggraver de plus en plus à l'automne. Il a fallu attendre le mois de décembre pour constater une amélioration. Au sud des Alpes, le mois d'octobre a en revanche enregistré une quantité telle de précipitations que le lac Majeur a été en crue.

Sécheresse persistante

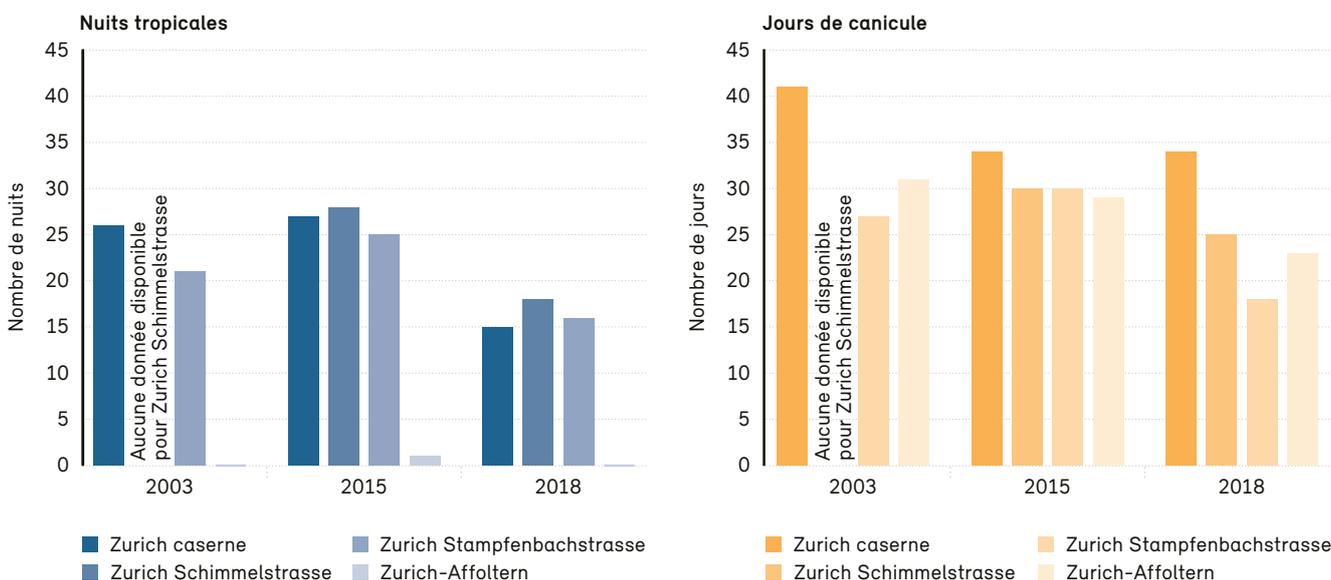
La sécheresse ne se résume pas à une raréfaction des précipitations. Elle se définit plutôt en termes de disponibilité de l'eau dans le sol. L'évaporation de l'eau joue donc un rôle important en la matière. La sécheresse peut se mesurer par un bilan hydrique, soit l'écart entre les précipitations et l'évaporation. Si le bilan hydrique est positif, le sol reçoit une quantité d'eau plus importante que celle qu'il perd par évaporation. Si le bilan hydrique est négatif, le sol s'assèche, car il perd davantage d'eau par évaporation qu'il n'en reçoit par les précipitations. Selon les calculs de MétéoSuisse, c'est avant tout la Suisse orientale qui a affiché des bilans hydriques fortement négatifs.

Une situation touchant presque toute l'Europe mais aussi d'autres continents

De nombreux pays européens ont également été touchés par la canicule et la sécheresse. L'Allemagne, par

Fig. 5: Nuits tropicales et jours de canicule

Nombre de nuits tropicales et de jours de canicule à Zurich-Affoltern (périphérie) et en ville de Zurich pendant les mois de juin, de juillet et d'août; comparaison entre les étés caniculaires de 2003, de 2015 et de 2018 (aucune donnée pour l'année 2003 s'agissant de la station Zürich Schimmelstrasse).



exemple, a enregistré pendant l'été une quantité de précipitations correspondant à seulement 54 % des quantités sur la période de référence 1981-2010. L'année 1911 avait mesuré une quantité encore légèrement plus faible de précipitations. Selon le suivi des sécheresses du centre

Helmholtz à Leipzig, spécialisé dans la recherche environnementale, l'été et l'automne 2018 ont été les plus secs depuis le début des mesures en 1951. En Allemagne, la dernière sécheresse à grande échelle s'était produite en 1976.

« Quand j'ai vu les résultats, j'ai cru que nous nous étions trompés dans les calculs. »

Erich Fischer est chercheur en climatologie à l'École polytechnique fédérale de Zurich. Il est le principal auteur du chapitre consacré aux extrêmes climatiques dans le rapport sur les nouveaux scénarios climatiques. Dans cet entretien, il s'exprime sur les avancées par rapport aux scénarios climatiques élaborés en 2011.

Comment avez-vous vécu l'été 2018 ?

Dans mon temps libre, j'apprécie quand il fait chaud. Mais quand il fait trop chaud, cela devient pénible. Au cours de l'été 2018, il devenait par exemple presque impossible d'aller courir à midi ou le soir. Dans nos bureaux qui donnent au sud, il faisait beaucoup trop chaud, si bien que nous étions nombreux à déplacer nos postes de travail dans d'autres parties du bâtiment, à la bibliothèque notamment.

Quels sont les progrès majeurs depuis les scénarios climatiques publiés en 2011 ?

Une des avancées majeures concerne les informations au sujet des événements extrêmes comme les épisodes de fortes précipitations, les vagues de chaleur et les périodes de sécheresse. Nous avons déjà prévu une augmentation de ces événements en 2011, mais notre recherche était qualitative uniquement. Aujourd'hui, les modèles ont une meilleure résolution. Nous disposons d'informations plus précises et comprenons mieux les processus physiques en cause, ce qui nous permet désormais de quantifier les évolutions probables. De plus, les évolutions observées dans l'intervalle nous ont donné raison. Nous sommes donc plus confiants qu'il y a quelques années. Autre nouveauté : nous pouvons maintenant distinguer entre une chaleur sèche et une chaleur humide. Il s'agit d'un point crucial, car les répercussions sur la population ne sont pas les mêmes. En cas d'humidité élevée, l'être humain parvient moins bien à réguler la température de son corps en transpirant.

Quels résultats vous ont particulièrement surpris ?

J'ai été étonné de découvrir qu'il y aurait trois à cinq fois plus de journées de canicule (plus de 30 °C). Dans le scénario sans mesures de protection du climat, on comptera dans 40 ans entre 17 et 38 journées de canicule à Lucerne, contre 6 en moyenne aujourd'hui, et entre 30 et 50 à Magadino, contre 12 aujourd'hui. Pour trouver une ville connaissant autant de journées de canicule aujourd'hui que Magadino à l'avenir, il faut descendre loin au sud de l'Europe, par exemple à Valence (Espagne), une ville typique du climat méditerranéen. J'ai aussi été surpris par la forte élévation de la limite hivernale du zéro degré. À la fin du XIX^e siècle, celle-ci se situait autour de 400 à 500 m (altitude de Zurich). Cette limite atteindra cependant bientôt les 900 m (altitude d'Einsiedeln) et, sans mesures de protection du climat, continuerait de grimper à 1600 m en 2060 (altitude de Davos). Quand j'ai vu les résultats, j'ai d'abord cru que nous nous étions trompés dans les calculs.

Si les valeurs moyennes augmentent, peut-on en conclure que les extrêmes seront encore plus extrêmes qu'à l'heure actuelle ?

Oui, c'est exact pour les chaleurs extrêmes et les fortes précipitations. Les températures des journées les plus chaudes augmenteront plus que les températures moyennes annuelles. L'été 2018, que nous avons qualifié d'extraordinaire, deviendra la norme dans la seconde moitié du XXI^e siècle. En d'autres termes, dans un scénario sans mesures de protection du climat, un été extraordinaire vers 2060 sera plus extrême que celui de 2018. Pendant les journées les plus chaudes, la température pourrait alors dépasser 40 °C dans tout le versant nord des Alpes.

Au cours de l'été, les forêts suédoises ont brûlé comme jamais auparavant. Au mois de juillet, une centaine de personnes ont perdu la vie dans un incendie de forêt dans les environs d'Athènes, en Grèce. Les images de ces événements ont secoué l'Europe entière. À cette période, les autorités suisses ont édicté des interdictions de faire du feu. En matière de sécheresse, en Italie, 2017 avait été encore plus extrême que 2018. Les climatologues italiens avaient alors estimé que 2017 était l'année la plus sèche depuis deux siècles.

Alors que les risques d'incendie de forêt s'amoindrissaient en Suisse à l'automne, le nord de la Californie était ravagé par des incendies de forêt de longue durée, coûtant la vie à de nombreuses personnes. Ces incendies sont considérés comme les plus ravageurs de toute l'histoire de la Californie. À la même période, de grandes régions australiennes étaient confrontées à une grave sécheresse.

Pollution de l'air

Les chaudes journées estivales sont souvent synonymes de concentrations d'ozone élevées dans l'air. L'ozone provoque une limitation de la fonction pulmonaire et peut entraîner des maladies respiratoires. Durant l'été 2018, le nombre de moyennes horaires supérieures à la valeur limite d'immission a été plus élevé que durant les cinq années précédentes. Cependant, les pics étaient moins fréquents qu'en 2015. Il est réjouissant de constater que les concentrations d'ozone à l'échelle suisse étaient considérablement plus faibles que lors de la canicule de 2003 et que durant les années 1990. Il est toutefois nécessaire de poursuivre les efforts de réduction des concentrations d'ozone pendant la saison estivale.

En hiver, l'air est pollué en particulier par les poussières fines; en été, ce sont avant tout les concentrations élevées d'ozone qui se révèlent préoccupantes. Gaz incolore, l'ozone (O₃) présent dans la stratosphère protège la

Fig. 6: Smog estival conjugué à des valeurs d'ozone élevées

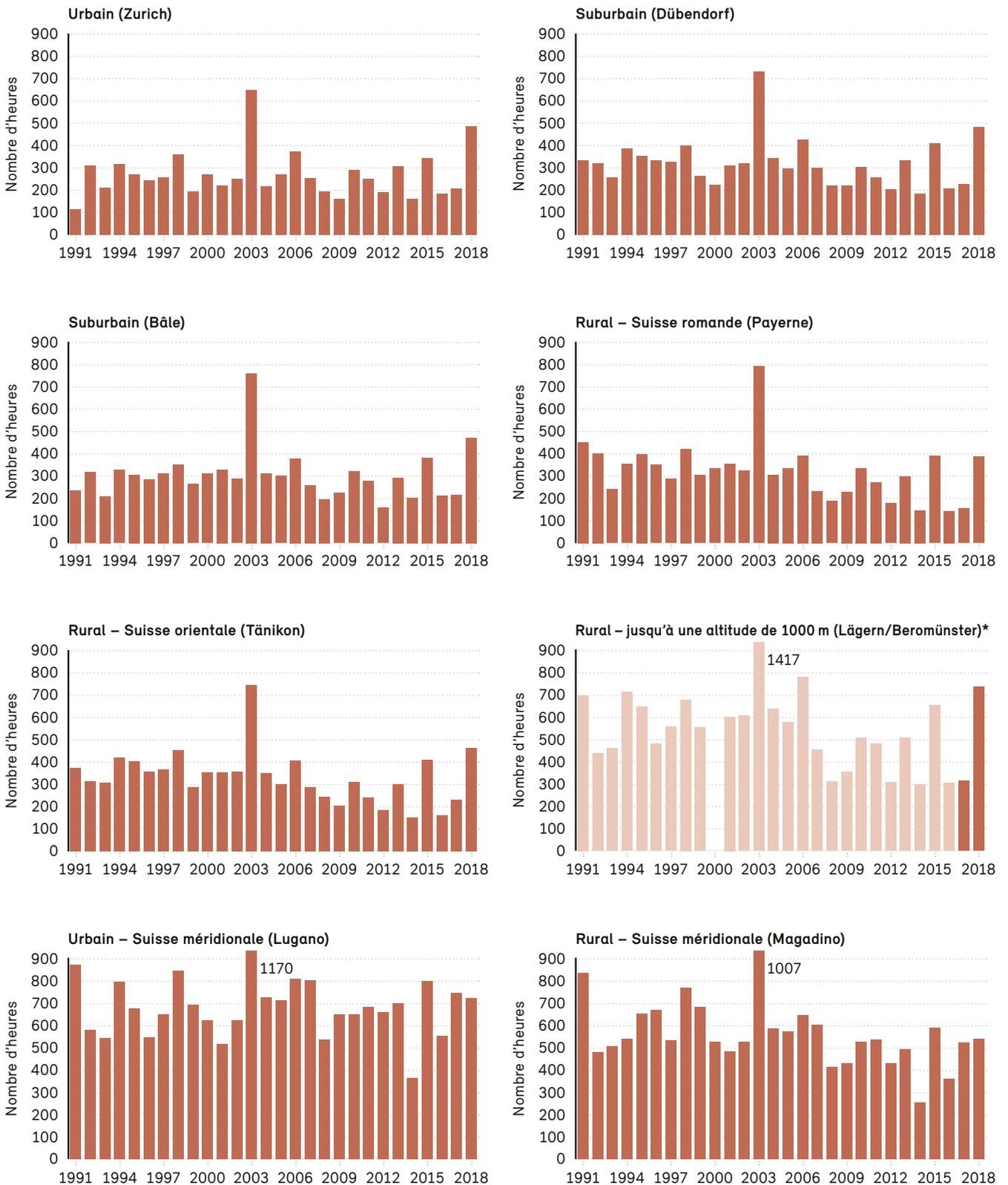
Vue depuis le Castel San Pietro en direction de Chiasso, Tessin, 25 juillet 2018. L'autoroute au milieu de la photo se trouve déjà sur sol italien.



Fig. 7 : Concentrations d'ozone en comparaison annuelle

Nombre d'heures où la concentration d'ozone a dépassé 120 µg/m³ (valeur limite d'immissions) à diverses stations de mesure NABEL.

*Jusqu'à fin 2016 : données de la station de Lägern (rouge clair) ; à partir de 2017 : données de la station de Beromünster (rouge foncé).



vie à la surface de la Terre des effets nocifs du rayonnement ultraviolet. Cependant, l'ozone dans les couches d'air proches du sol de la troposphère se transforme en gaz à effet de serre. Cet ozone endommage les voies respiratoires chez l'homme, peut entraver la croissance des végétaux et attaquer certains matériaux.

L'ozone comme composante du smog estival

Les situations anticycloniques s'accompagnent souvent de concentrations élevées d'ozone dans l'air. L'ozone se forme par une réaction photochimique à laquelle participent des oxydes d'azote et des composés organiques volatils présents dans l'air pendant les périodes à fort rayonnement solaire. Les polluants précurseurs proviennent en premier lieu du trafic motorisé et de l'industrie. Le smog estival apparaît uniquement les jours ensoleillés. Les plus fortes concentrations d'ozone sont en effet enregistrées les jours sans vent où les températures sont élevées et le rayonnement solaire intense.

L'unité utilisée pour mesurer les concentrations d'ozone est le microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). La valeur limite horaire à respecter en matière d'immissions, de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selon l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair), ne devrait pas être dépassée plus d'une fois par an. Si la valeur de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée, la population est informée du pic de pollution, conformément à la décision prise par la Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement. L'OPair dispose aussi que le 98^e percentile des moyennes semi-horaires d'un mois ne doit pas dépasser $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En d'autres termes, 98 % des moyennes semi-horaires d'un mois devraient se situer en deçà de cette limite. En été, la Suisse dépasse toutefois régulièrement ce seuil.

Valeurs enregistrées en 2018

Le Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) mesure la pollution de l'air à l'échelle de toute la Suisse. En été 2018, les stations NABEL ont mesuré des valeurs dépassant les limites d'immission beaucoup plus fréquemment qu'en moyenne sur les cinq dernières années. Contrairement à 2016 et à 2017, l'année 2018 a enregistré au nord des Alpes des valeurs excédant le seuil d'information de la population, fixé à $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dans quatre stations NABEL. Il faut toutefois relever que

Situation particulière dans le sud du pays

Les valeurs élevées de pollution de l'air dans le sud de la Suisse peuvent en partie être imputées à la région métropolitaine de Milan. « L'ensoleillement important et la proportion souvent faible d'échanges entre les masses d'air du fait de la topographie des lieux favorisent la formation d'ozone en été », explique Mirco Moser du département du territoire du canton du Tessin. En 2018, les stations de mesure tessinoises ont enregistré un dépassement de la moyenne horaire limite de l'ozone pendant 699 heures en moyenne, ce qui correspond à une augmentation de 15 % par rapport à l'année précédente. La valeur de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui déclenche une communication officielle à la population, a cependant été moins souvent dépassée qu'en 2017. Que les concentrations d'ozone soient trop élevées dès le mois de mars et jusqu'en octobre (soit huit mois par an) est cependant un phénomène nouveau selon Mirco Moser. Selon lui, il ne sera possible d'améliorer la qualité de l'air qu'en réduisant davantage les polluants précurseurs.

Il faudra pour ce faire notamment miser sur une extension et une utilisation accrue du réseau des transports publics. Au cours des dernières années, le Tessin a amélioré son offre en continu, également dans le domaine du trafic transfrontière. La mise en service du tunnel de base du Ceneri permettra de réduire considérablement les temps de parcours entre les différentes régions tessinoises à partir de 2020. De plus, depuis 2017, les personnes séjournant dans des hôtels, des auberges et des campings peuvent utiliser gratuitement le train et le bus au Tessin ainsi que dans le val Mesolcina et le val Calanca.

le nombre de dépassements était moindre par rapport à 2015. En 2015, les moyennes horaires maximales avaient dépassé les $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur certains sites, ce qui n'était pas le cas en 2018.

Dans la région de Bâle, la limite de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée, selon les stations de mesure, pendant 257 à 699 heures en 2018. Cela signifie que l'année 2018

a enregistré environ deux fois plus d'heures de dépassement de la limite par rapport à 2017. En comparaison avec 2015, les maxima mesurés étaient plus faibles, mais le nombre d'heures dépassant la limite était légèrement plus élevé. Selon les valeurs mesurées dans la région de Bâle durant l'été 2018, les concentrations ont dépassé la limite pendant 38 jours sur 66.

Des mesures de protection de l'air efficaces

Au niveau suisse, les concentrations d'ozone se sont révélées bien plus faibles qu'au cours de l'été caniculaire de 2003, une évolution positive qui s'explique par les mesures de protection de l'air engagées. Il est cependant nécessaire de poursuivre les efforts en la matière, car les limites sont encore régulièrement dépassées.

De manière générale, la pollution de l'air par l'ozone est nettement plus élevée dans le sud des Alpes que dans le nord (encadré, p. 17), une tendance qui s'est confirmée au cours de l'été 2018. Les valeurs étaient comparables à celles des années précédentes, mais également large-

ment inférieures à celles de 2003 et des années 1990. Une analyse comparative des stations de mesure NABEL montre que le nombre de jours et d'heures où les concentrations d'ozone dépassent la limite au Tessin aujourd'hui correspond pratiquement au nombre enregistré au nord des Alpes au cours de l'année extrême de 2003.

Cours d'eau, lacs et eaux souterraines

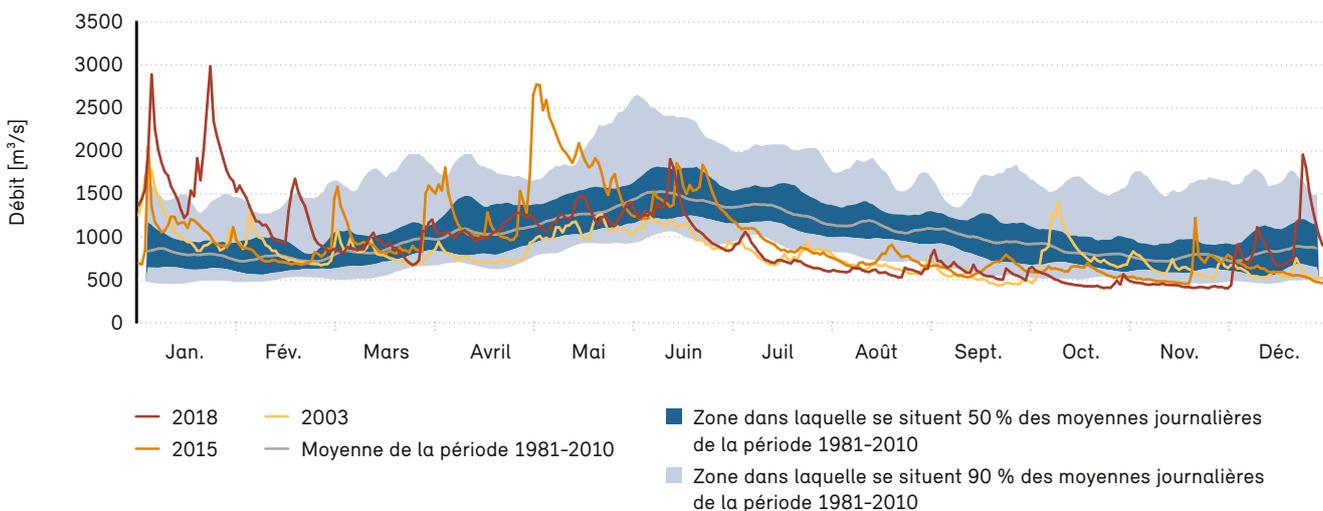
La situation d'étiage, qui allait se révéler persistante, est devenue manifeste à partir de l'été: de nombreux cours d'eau accusaient un débit très faible, d'autres étaient même entièrement asséchés. Les lacs ont également vu leur niveau atteindre des valeurs particulièrement basses pour la saison. En outre, les cours d'eau ont atteint des températures très élevées, réalisant parfois de nouveaux records. Les eaux souterraines, généralement remplies au printemps, n'ont pas été épargnées, leurs niveaux ayant en maints endroits baissé durant l'été pour rester, parfois, au plus bas jusqu'en fin d'année.

Fig. 8 : Lac des Brenets, le long du Doubs, dans le Jura neuchâtelois, octobre 2018



Fig. 9 : Débit du Rhin près de Bâle en 2018, en 2015 et en 2003

Moyennes journalières en 2018 du débit du Rhin près de Bâle par rapport aux moyennes journalières de la norme de la période 1981-2010 ainsi qu'à celles des années 2003 et 2015. 90 % des moyennes journalières de la norme se situent dans la zone en bleu clair et 50 % dans la zone en bleu foncé. La ligne en gris foncé indique les moyennes journalières des données de 1981 à 2010.



Au printemps, rien ne laissait entrevoir que l'année hydrologique serait exceptionnelle. Il avait beaucoup neigé en montagne, contrairement à certains hivers précédents. MétéoSuisse avait mesuré une augmentation des précipitations hivernales de l'ordre de 30 à 75 % par rapport à la moyenne sur la période 1981-2010. Dans certaines régions du Valais et des Grisons, l'enneigement avait même doublé, engendrant des débits élevés à la fonte des neiges, elle accentuée par de douces températures printanières. Aucune crue n'avait été enregistrée, car le terrain n'avait connu d'autres précipitations sur une longue période.

Faibles débits dans les cours d'eau

À partir d'avril, le débit de la plupart des cours d'eau suisses a commencé à diminuer. Puis, à partir de juillet, une situation d'étiage marquée s'est installée, touchant les petits et moyens cours d'eau et asséchant parfois leur lit. Les cours d'eau de plus grande taille, comme la Thur, la Limmat, la Reuss et le Rhin et, dans des proportions moindres, l'Aar et le Tessin, ont vu leur débit sévèrement baisser, phénomène inhabituel pour la saison.

La situation était autre dans les bassins versants englacés. Les débits de la Massa enregistrés près de Blatten, en Valais, ont atteint à plusieurs reprises des valeurs rele-

vant du niveau de danger 3 (danger marqué) en raison de l'intense fonte des glaciers début août dans la région de l'Aletsch. La Simme près d'Oberried/Lenk, dans l'Oberland bernois, s'est retrouvée brièvement en situation de crue le 27 juillet, après la vidange du lac de Faverges, situé sur le glacier de la Plaine Morte. Ce phénomène s'est produit chaque année depuis 2011. Conséquence du recul des glaciers et des températures estivales élevées, le volume du lac ne cesse d'augmenter.

En août, presque tous les cours d'eau en Suisse ont enregistré de très faibles débits, avec parfois des valeurs en deçà de celles de 2003. La Lorze près de Zoug, la Petite Emme près d'Emmen (canton de Lucerne) et la Wigger près de Zofingue (canton d'Argovie) ont affiché des débits exceptionnellement bas. Grâce à des précipitations isolées en septembre, les cours d'eau de Suisse orientale ont vu leurs débits de nouveau augmenter provisoirement.

Du fait des températures élevées pendant la première quinzaine du mois de septembre, les débits des cours d'eau des bassins versants englacés ont maintenu un niveau élevé, dans le bassin versant du Rhône notamment. À l'automne, la situation s'est aggravée en Suisse romande. Mi-septembre, le lac des Brenets (canton de Neuchâtel), alimenté par le Doubs, était asséché en de

Description de la période d'étiage

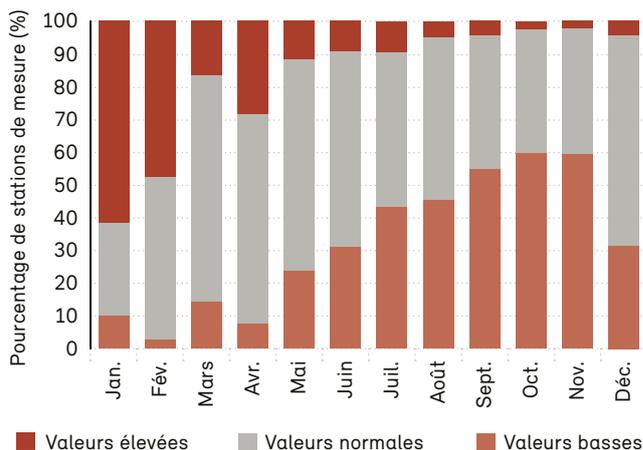
Des points de vue écologique et économique, les situations d'étiage ont un impact non seulement par les faibles débits des cours d'eau (certains records ayant été battus en 2018), mais aussi par leur durée. Les événements de 2018 étaient exceptionnels avant tout du fait de leur durée, la période d'étiage ayant persisté de l'été jusqu'à l'hiver. Pour ce qui est du nombre de jours où un certain seuil d'étiage minimal est dépassé, l'année 2018 a été encore plus extrême que les années 2003 et 2015 pour de nombreux cours d'eau. Au cours de la première moitié du XX^e siècle cependant, certaines années ont connu des périodes similaires avec de faibles débits (notamment le Rhin près de Bâle en 1947), mais aussi des périodes encore plus longues avec de faibles débits (le Rhin près de Bâle en 1921 et en 1949, par exemple). L'année 2018 a sans aucun doute été extrême pour la navigation sur le Rhin et a eu des conséquences notoires sur le transport de marchandises (chap. « Infrastructures de transport et transport de marchandises », p. 63).

La période où l'étiage a eu lieu a également été déterminante. Durant les mois d'été et d'automne, les niveaux des grands lacs suisses et les débits des cours d'eau étaient très bas pour la saison par comparaison avec les autres années. Les niveaux d'eau et les débits atteignent certes de tels niveaux presque tous les ans, mais généralement seulement une fois l'hiver installé, non pas dès l'été ou l'automne. Cette situation est problématique en particulier pour les poissons sensibles à l'eau chaude. Lorsque l'eau est peu abondante, que le rayonnement solaire est fort et que les températures des eaux sont élevées en été, l'impact sur les poissons est bien plus important qu'en hiver (bien que les débits soient faibles à cette saison également).

nombreux points. Les grands cours d'eau suisses ont enregistré leurs plus faibles débits: le Rhin alpin en octobre; l'Aar en aval du lac de Bièvre et le haut Rhin en novembre. Le débit des chutes du Rhin près de Neuhausen

Fig. 10: Niveaux des eaux souterraines et débits des sources 2018

Nombre de stations de mesure du module QUANT de NAQUA présentant des valeurs mensuelles basses, normales et élevées pour les niveaux des eaux souterraines/débits des sources.



était également faible par rapport aux années précédentes.

Dès la fin de l'été et jusqu'en octobre, les débits des cours d'eau au sud des Alpes étaient faibles. Suite à de fortes pluies à la fin du mois d'octobre, les cours d'eau ont rapidement gonflé et ont parfois atteint des niveaux de crues.

La situation s'est complexifiée pour la navigation et le transport de marchandises sur le Rhin à partir de la mi-octobre. Comme les niveaux d'eau étaient bas en particulier dans le Rhin moyen, en Allemagne, un goulot d'étranglement s'est formé entre Mayence et Coblenche. Dans le Rhin près de Bâle, le débit de 400 m³ par seconde était plus de deux fois inférieur à la moyenne pluriannuelle pour octobre et légèrement plus faible que celui mesuré en 2003. Il a fallu attendre le mois de décembre, qui a offert de généreuses pluies, pour que la situation s'améliore.

Niveaux très bas des lacs

La plupart des lacs suisses disposent d'un barrage leur permettant de gérer leur niveau d'eau. En juillet, une bonne partie des lacs régulés affichaient encore des valeurs usuelles, alors que les lacs des Quatre-Cantons, de Zoug et de Zurich cotaient déjà exceptionnellement bas pour la saison. Les deux seuls grands lacs non régulés,

soit ceux de Constance et de Walenstadt, présentaient dès la mi-juin des niveaux au-dessous des moyennes et début août, des niveaux extrêmement bas. Dans la plupart des lacs, les niveaux ont continué à baisser jusqu'à la fin de l'année.

Plusieurs lacs ont ainsi enregistré de nouveaux minima mensuels absolus. Le lac de Zurich, par exemple, a connu son niveau le plus bas depuis 1951 pour un mois d'août. Le lac de Greifen a enregistré quant à lui son niveau le plus bas pour un mois d'août depuis le début des mesures. Le lac de Zoug a atteint le 22 août un niveau équivalent à celui d'octobre 1947, soit le minima record depuis 1930. Le lac Majeur s'est montré plus capricieux. Alors qu'il enregistrerait d'abord un niveau faible, il a gonflé à partir du 27 octobre pour gagner presque trois mètres de hauteur en onze jours seulement et finir par déborder.

Températures très élevées des eaux

Un fort rayonnement solaire fait considérablement grimper les températures des eaux, en particulier en période d'étiage. Lorsque la température de l'eau augmente, sa teneur en oxygène diminue. Certaines espèces de poissons peuvent présenter des symptômes de stress si la température de l'eau dépasse 18 °C. Des températures supérieures à 25 °C peuvent même être mortelles, par exemple pour les truites, les corégones ou les ombres de rivière. En juillet 2018, les températures des eaux suisses ont pris l'ascenseur. Début août, elles dépassaient celles de 2003 et de 2015 en maints endroits. Sur les 83 stations de l'OFEV mesurant la température, 25 ont enregistré de nouveaux maxima absolus depuis le début des mesures. D'autres stations ont relevé des valeurs records pour le mois d'août.

Les températures des eaux nettement supérieures à 25 °C ont été enregistrées à toutes les stations de mesure du Rhin en aval du lac de Constance. En août, un nouvel épisode de surmortalité des poissons a été constaté dans le haut Rhin (chap. « Faune et flore », p. 55, et « Zoom sur Schaffhouse », p. 77). Les températures de l'Aar ont également atteint des valeurs élevées. Les centrales nucléaires de Mühleberg et de Beznau ont dû réduire temporairement leurs activités pour limiter le réchauffement supplémentaire des cours d'eau. La Limmat près de

Baden (canton d'Argovie), la Thur près d'Adelfingen (canton de Zurich) et le Rhône à la sortie du lac Léman ont eux aussi dépassé les 25 °C. Les températures des eaux se sont maintenues à un niveau supérieur à la moyenne jusqu'au mois d'octobre, sans toutefois atteindre le seuil critique au-delà duquel la survie de divers organismes aquatiques est menacée.

Niveaux très bas pour les eaux souterraines

Bien alimentés par la fonte des neiges du printemps, les cours d'eau ont rempli les réservoirs d'eaux souterraines dans les vallées. Au cours de l'été, les niveaux des eaux souterraines et les débits des sources affichaient une tendance à la baisse en raison des faibles précipitations, si bien qu'ils étaient bas en de nombreux endroits au mois d'août et qu'ils continuaient de baisser jusqu'au mois d'octobre. Ensuite, la situation s'est détendue grâce à de nouvelles précipitations. Jusqu'à fin 2018 cependant, les eaux souterraines et les débits des sources affichaient en partie toujours un niveau au-dessous de la moyenne. Les réservoirs d'eaux souterraines ne se régénèrent qu'après une période à fortes précipitations ou avec la fonte des neiges.

Annuaire hydrologique de la Suisse 2018

L'annuaire hydrologique de la Suisse 2018 fournit des informations détaillées sur les eaux (bibliographie, p. 89). Il propose une vue d'ensemble des événements hydrologiques au niveau suisse et montre l'évolution des niveaux et des débits d'eau pour les lacs, les cours d'eau et les eaux souterraines. Il contient par ailleurs des informations sur les températures des eaux ainsi que sur les propriétés physiques et chimiques des plus importants cours d'eau du pays.

Glaciers, pergélisol et éboulements

En été 2018, la canicule a une nouvelle fois été dévastatrice pour les glaciers. La perte de volume des glaciers suisses est estimée à 1400 millions de mètres cubes de glace (1,4 km³), soit environ 2,7% du volume actuel des glaciers. Après une période de répit d'un à deux ans, un nouveau réchauffement du pergélisol a été constaté. Sur plusieurs sites d'observation, la couche de dégel a atteint une épaisseur record, ce qui n'est pas sans conséquence: dans les régions des hautes Alpes, par exemple, les éboulements se multiplient.

Les températures estivales élevées se répercutent sur les glaciers et le pergélisol. Il existe cependant d'autres facteurs d'influence essentiels comme l'enneigement de l'hiver précédent et les chutes de neige en été recouvrant les glaciers. Les événements extrêmes tels ceux survenus au cours du semestre d'été 2018 (canicule et faible quantité de précipitations) aggravent la hausse générale des températures.

Nouvelle fonte importante des glaciers

Si l'on se base sur le bilan de masse (équilibre entre la croissance due à la neige et les pertes dues à la fonte), 2018 a été une mauvaise année pour les glaciers. Les températures élevées ont engendré des pertes énormes. Les grandes quantités de neige tombées en début d'année ont cependant atténué la fonte. Les années extrêmes se multipliant, les glaciers suisses ont perdu environ un cinquième de leur volume en l'espace d'une décennie.

Selon des mesures effectuées par le réseau des relevés glaciologiques suisse (GLAMOS) sur 20 glaciers de part et d'autre du pays, le bilan de masse est extrêmement négatif. Au printemps 2018, la situation était exceptionnelle: l'enneigement sur les glaciers avait atteint des valeurs records, totalisant jusqu'à 70% de neige supplémentaire par rapport aux années précédentes. Cependant, la chaleur de l'été a ensuite fait fondre les glaciers dans des proportions considérables. De nombreux glaciers ont perdu 1,5 à 2 mètres d'épaisseur moyenne de glace, parfois beaucoup plus. Grâce aux importantes quantités de

Fig. 11 : Draps clairs posés sur la langue du glacier du Rhône afin de freiner la fonte



neige tombées, la perte d'épaisseur dans le sud du Valais a été inférieure à un mètre.

Une perte d'environ 1400 millions de mètres cubes de glace est estimée pour l'ensemble des quelque 1500 glaciers helvétiques. Le volume des glaciers a ainsi diminué de plus de 2,7 % en 2018 par rapport à l'année précédente. La multiplication des étés caniculaires est dévastatrice pour l'ensemble des glaciers : au cours des dix dernières années, ceux-ci ont perdu environ un cinquième de leur volume. De nombreux petits glaciers sont donc en train de fondre à vue d'œil.

Enneigement fort au printemps et faible en été

Les températures et le rayonnement, mais aussi les quantités de neige, influent sur le bilan de masse des glaciers. De décembre 2017 à janvier 2018, les Alpes ont connu un enneigement important. Fin mars, les couches de neige étaient encore jusqu'à deux fois plus épaisses que de coutume à une altitude supérieure à 2000 m, avant de fondre considérablement au cours des mois secs d'avril et de mai (sauf en Valais) pour atteindre des normales saisonnières. Pour que les glaciers ne fondent pas, il est important qu'il neige dans les hauteurs pendant l'été ou au début de l'automne. Durant l'été 2018 cependant, les glaciers n'ont presque jamais bénéficié de neige fraîche. Le Weissfluhjoch, par exemple, n'a connu aucun événement avec plus d'un centimètre de neige fraîche sur la période du 17 mai au 4 septembre. Depuis le début des mesures il y a 81 ans, ce sommet n'avait encore jamais enregistré si peu de neige fraîche en été.

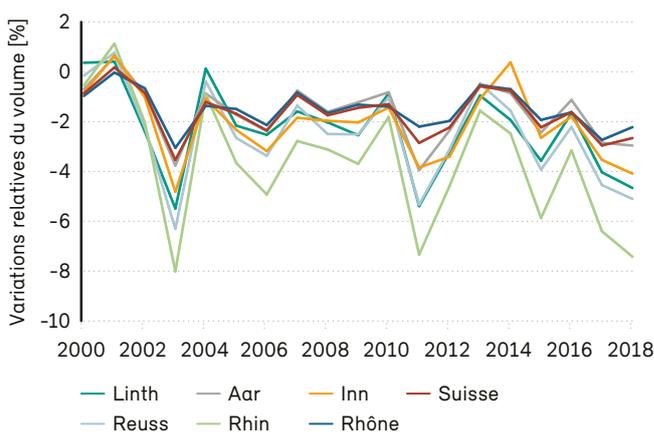
Comparaison avec les années précédentes

Au printemps 2015, il avait neigé abondamment sur les glaciers, mais considérablement moins qu'en 2018. Cependant, contrairement à l'été 2018, la neige fraîche tombée en août et en septembre avait alors freiné la fonte des glaciers. L'été 2015 avait tout de même enregistré une fonte des glaces de l'ordre de 1200 millions de mètres cubes, soit une diminution de 2,2 % du volume des glaciers.

En 2017, l'enneigement a été faible en hiver et les mois de juin et d'août ont été marqués par la chaleur. En conséquence, 1500 millions de mètres cubes (3 %) de glace ont alors fondu, soit un peu plus qu'en 2018. L'année 2011

Fig. 12 : Fonte des glaciers en Suisse

Évolution relative des glaciers suisses en % par rapport à leur volume respectif au début de l'année en question.



est comparable à 2017 en matière de pertes de glace. Les plus importantes pertes constatées depuis 2000 (par rapport à la masse de glace présente) sont survenues au cours de l'été caniculaire de 2003. En effet, selon les estimations, ce ne sont pas moins de 3,5 % des réserves de glace d'alors qui ont fondu.

Pergélisol : la couche de dégel n'en finit pas de croître

Les températures estivales élevées ont réchauffé le pergélisol. On désigne par pergélisol un sous-sol qui est gelé en permanence. On estime qu'environ 5 % de la surface de la Suisse est occupée par le pergélisol, qui se cache typiquement dans des zones ombragées d'éboulis ou de parois rocheuses au-dessus de 2500 m. L'existence du pergélisol dépend des conditions climatiques et de la topographie. Le pergélisol est ainsi sensible aux changements climatiques. Contrairement aux changements survenant sur les glaciers, les modifications du pergélisol ne sont pas directement visibles et les mesurer engendre des coûts considérables.

Pour évaluer les changements du pergélisol, on peut notamment utiliser comme indicateur l'épaisseur de la couche de dégel, soit la couche supérieure du sol, qui fond tous les étés. Les mesures effectuées par le réseau PERMOS (« Swiss Permafrost Monitoring Network ») montrent que le sous-sol au Stockhorn près de Zermatt a fondu jusqu'à une profondeur de 4,8 mètres en 2018, contre 4,3 au cours de l'été caniculaire de 2003.

La couche de dégel était donc bien plus épaisse en 2018. Les résistances électriques les plus faibles jamais mesurées sur ce site confirment que la proportion d'eau dans le pergélisol a augmenté et donc la proportion de glace diminué. D'autres records ont été enregistrés au Corvatsch (canton des Grisons), aux Lapires (canton du Valais) et au Schilthorn (canton de Berne). L'épaisseur de la couche de dégel a atteint de précédentes valeurs records à cinq autres endroits. Sur d'autres sites encore, la couche de dégel n'avait pas encore atteint son épaisseur maximale au moment des mesures vers la fin de l'été.

Réactions différées dans les couches profondes

Sur le long terme, on observe que le réchauffement du pergélisol reprend après une courte période de répit en 2016 et en 2017. Entre 2009 et 2015, le réchauffement s'est révélé considérable. Ensuite, l'enneigement a été faible pendant un, voire deux hivers selon les régions, ce qui a conduit à court terme à un refroidissement des éboulis et des glaciers rocheux du fait de la faible couche de neige isolante. La profondeur considérable des couches de dégel et les températures parfois records en surface et sur les premiers mètres de profondeur confirment la tendance au réchauffement. Dans les couches plus profondes, les réactions sont cependant différées: il faut environ six mois aux chaleurs estivales pour atteindre dix mètres de profondeur. Il est donc nécessaire d'attendre quelque temps pour observer l'influence de l'été 2018 dans les profondeurs du sol.

Éboulements et chutes de pierres

Le réchauffement du pergélisol, les interactions entre la glace fondante et l'eau s'infiltrant dans les fissures rocheuses et retournant à l'état solide ainsi que la pression de l'eau d'infiltration provoquent des instabilités rocheuses. Durant l'été 2018, des chutes de pierres et des éboulements se sont produits en haute montagne. Cependant, comme les éboulements ne font pas l'objet d'un recensement national et qu'il n'existe aucune série de données sur plusieurs décennies, il n'est pas possible d'effectuer des analyses statistiques qui montreraient des tendances.

Glissements de terrain comme conséquence du recul des glaciers

En général, les glissements de terrain vont de pair avec d'abondantes précipitations, c'est-à-dire des événements de pluies intenses. C'est cependant une autre raison qui explique le glissement de terrain à Moosfluh près du Grand Glacier d'Aletsch. Le glacier se retirant progressivement, le flanc de la montagne est devenu instable et le terrain n'en finit pas de glisser. Au moins 150 millions de mètres cubes de roches sont en mouvement. En 2018, la partie supérieure se déplaçait à une vitesse comparable à celle de 2017, mais plus lente que celle de 2016. En 2018, tout comme les années précédentes, d'importantes masses rocheuses se sont détachées à l'extrémité inférieure et sont tombées sur la langue glaciaire.

Liens :

www.glamos.ch ; www.permos.ch

Zoom sur le

Tessin



La vague de chaleur, qui a duré 18 jours, a frappé le sud des Alpes pendant la principale période de vacances.

Le Tessin a habilement géré la vague de chaleur de 2018. Les jeunes sous-estiment parfois à quel point les températures élevées peuvent nuire à la santé. La lutte contre le moustique tigre a enregistré de premiers succès.

Le soleil brille généreusement au Tessin, mais les grandes chaleurs peuvent se révéler désagréables au sud de l'arc alpin. Ainsi, selon une analyse des risques et des opportunités liés au climat au Tessin, la multiplication des vagues de chaleur représente le plus grand risque sanitaire découlant des changements climatiques. Au cours de l'été caniculaire de 2003, la mortalité a augmenté de 2 % et les admissions à l'hôpital ont progressé de 33 % par rapport aux moyennes pluriannuelles.

Le Tessin a arrêté certaines mesures depuis lors. Composé de collaborateurs de divers départements cantonaux ainsi que de spécialistes issus du domaine de la santé, du monde scientifique et de MétéoSuisse, le Gruppo operativo salute e ambiente (GOSA) s'intéresse depuis 2004 aux thématiques de la canicule, de l'ozone, des poussières fines et de la pollution de l'air dans les espaces fermés.

Influence de l'ozone et des nuits tropicales sur la canicule

Malgré les efforts, le nombre de décès a considérablement augmenté lors de la canicule de 2015 selon les analyses de l'Institut Tropical et de Santé Publique Suisse (SwissTPH). Cela pourrait s'expliquer par le fait que la canicule s'est produite alors que la concentration d'ozone dans l'air inhalé était élevée (chap. « Pollution de l'air », p. 15). Le nombre relativement important de nuits tropicales (nuits lors desquelles le thermomètre ne descend pas au-dessous de 20 °C) pourrait constituer un autre facteur explicatif.

Depuis 2015, les hospitalisations en urgence pendant l'été sont répertoriées. « S'il y a un lien potentiel entre le cas en question et la canicule, nous en sommes informés », explique Mattia Lepori de l'Ente Ospedaliero Cantonale. Si les urgences liées à la canicule avaient fortement augmenté durant l'été 2015, l'été 2018 était comparable à ceux de 2016 et de 2017. À y regarder de plus près, on découvre cependant que les chiffres ne révèlent pas tout. Mattia Lepori constate que parmi les personnes touchées par la canicule de 2018 se trouvaient également des jeunes gens dont l'état de santé était par ailleurs tout à fait normal. Voilà un signe que les personnes jeunes et en bonne santé sembleraient sous-estimer les risques de la canicule.

« Calura senza paura »

Les analyses effectuées par Swiss TPH n'ont pas révélé d'augmentation des cas de décès au Tessin au cours de la canicule de 2018. Une des raisons peut être à chercher dans le fait que les pics de température n'ont pas été aussi élevés que ceux de 2015. « Les mesures étaient pour ainsi dire les mêmes », relève Angelo Tomada, coordinateur du groupe GOSA et collaborateur au sein de l'équipe du médecin cantonal. Il faut cependant mentionner que la communication a été améliorée dans l'intervalle. Le canton du Tessin a lancé en 2016 la campagne intitulée « Calura senza paura » (canicule sans crainte), qui vise à diffuser, dans les médias et sur Internet, des règles de comportement que la population peut appliquer facilement.

En 2018, la canicule a touché le canton à partir d'août seulement et non au début de l'été, ce qui pourrait également expliquer les effets moindres sur la population. En août, la population était déjà relativement habituée aux grandes chaleurs. De plus, les journées chaudes coïncidaient avec la principale période de vacances.

Nouvelles avancées dans la lutte contre le moustique tigre

Depuis quelque temps, le canton du Tessin déploie de nombreuses ressources pour endiguer la reproduction et la prolifération du moustique tigre, une espèce originaire d'Asie du Sud-Est. Il est nécessaire d'agir, car cet insecte est un vecteur potentiel de maladies comme les fièvres de dengue, de Chikungunya et Zika. Aucun cas de maladie n'a été enregistré en Suisse à ce jour. Cependant, le canton

du Tessin est en train de mettre en place des infrastructures de laboratoire pour détecter la présence de ces virus.

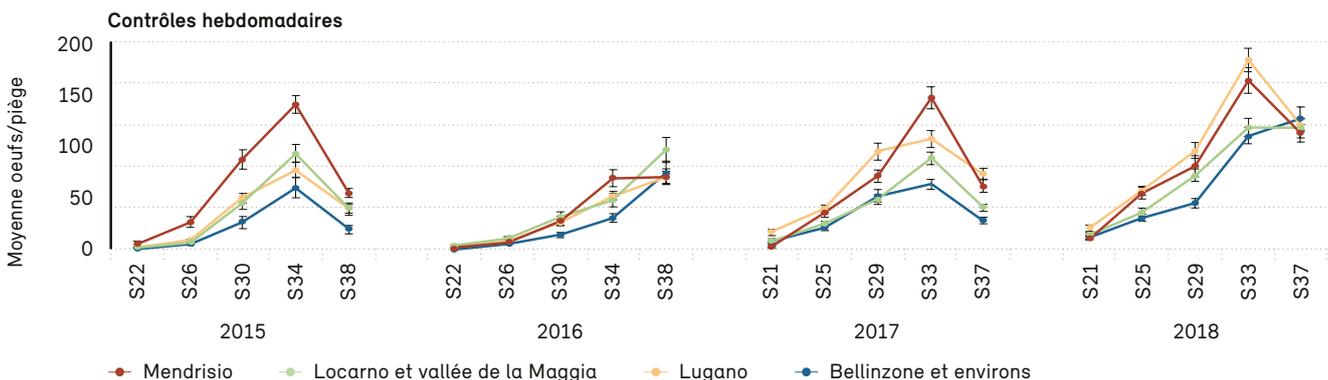
Arrivé d'Italie voisine, le moustique tigre a été observé pour la première fois dans le sud du canton en 2003. En 2007, il était temps d'agir, car une place de jeux à Chiasso était devenue inutilisable en raison du grand nombre d'individus. Le principal moyen de lutte contre ce moustique, qui se reproduit dans les petits plans d'eau ouverts dans les jardins, est d'informer la population. Il est donc possible de prévenir la ponte en recouvrant les plans d'eau. Des produits biologiques notamment sont disponibles pour lutter contre cet insecte. Les autorités souhaitent éviter de recourir à des solutions chimiques.

Mauro Tonolla, qui dirige le laboratoire de microbiologie appliquée à la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, affirme que les résultats pour les dernières années ont montré que les pontes sont sensiblement moins nombreuses au Tessin qu'en Italie. La lutte ne doit cependant pas s'arrêter là, car les pontes enregistrées en 2018 pour ce moustique ont légèrement augmenté par rapport aux années précédentes (fig. 13, ci-dessous).

Le moustique tigre est parvenu à rejoindre le nord des Alpes via les axes routiers. Pour l'instant, son développement est limité. Les spécialistes estiment que cet insecte va s'installer dans nos contrées du fait du réchauffement climatique. L'espèce a déjà été observée dans les villes de Bâle et de Zurich. La région trinationale de Bâle renforce actuellement ses mesures de lutte.

Fig. 13: Suivi du moustique tigre au Tessin

En 2018, les pièges pondoirs attestent de la progression du moustique tigre par rapport aux années précédentes.



3 Effets de la canicule et de la sécheresse

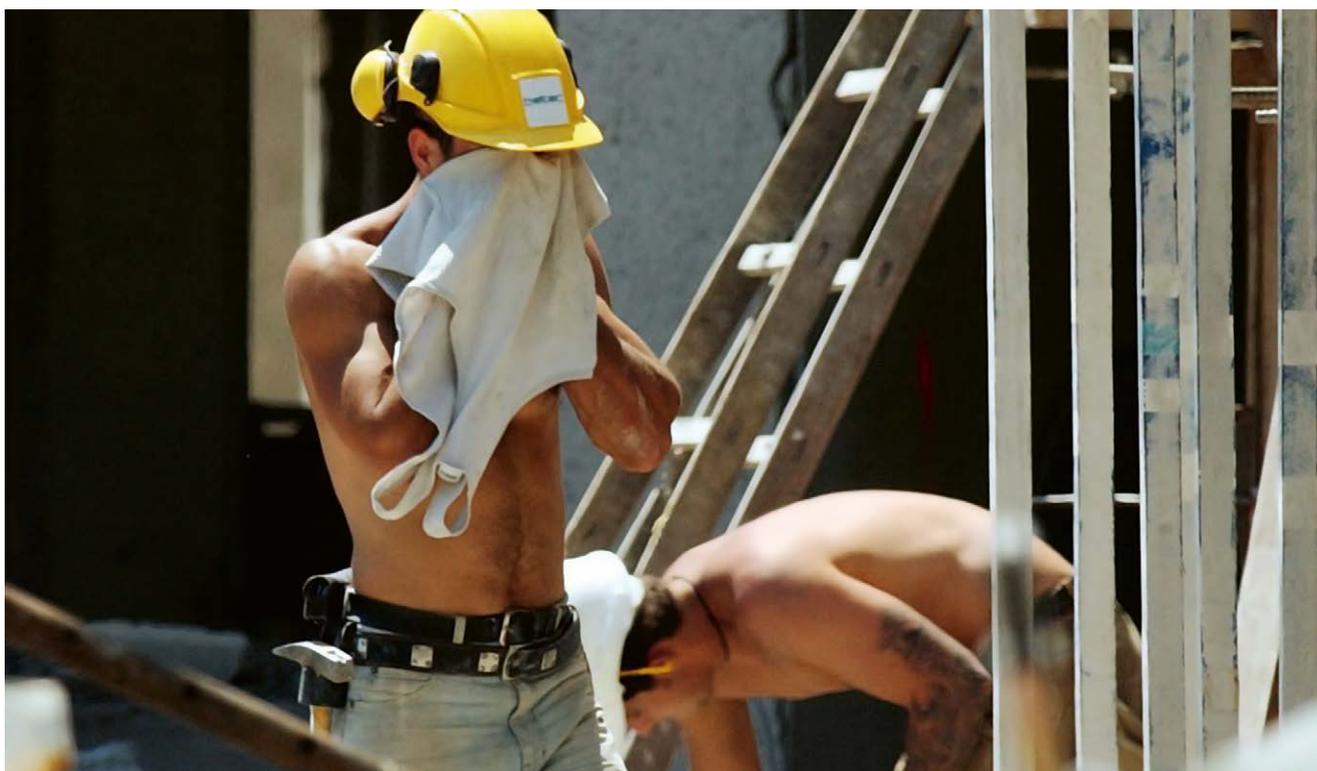
Santé

Nombreux sont ceux qui souffrent de la chaleur. Si tous les groupes d'âge sont touchés, les personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques le sont particulièrement. Les évaluations statistiques pour l'été 2018 montrent que, pendant la canicule, le nombre de décès a augmenté dans certaines parties du pays. Les régions dotées de plans canicule cantonaux n'ont pour leur part pas été touchées. Outre les températures élevées, les dangers que représentent entre autres le rayonnement UV élevé et le risque de cancer de la peau accru sont de plus en plus mis en évidence.

Si un temps ensoleillé est souvent source de bonne humeur, les températures élevées sont aussi un fardeau pour de nombreuses personnes. Lorsque le thermomètre grimpe, l'organisme humain en bonne santé régule sa température corporelle par la transpiration, le débit cardiaque et une circulation sanguine accrue de la peau. Une exposition prolongée et une régulation insuffisante de la température corporelle peuvent avoir des effets négatifs sur la santé et se révéler, dans le pire des cas, mortelles. Les personnes âgées, dont la capacité de régulation est altérée, sont particulièrement touchées. En effet, elles transpirent moins, ont moins soif et boivent donc souvent trop peu. Les personnes atteintes de maladies chroniques sont également considérées comme un groupe à risque.

Fig. 14: Sous la chaleur estivale, un ouvrier s'essuie le front

Les personnes qui travaillent en extérieur s'exposent non seulement aux températures élevées, mais aussi aux rayons ultraviolets, qui présentent également un risque pour la santé.



Tab. 1 : Mortalité en août 2018 (mois le plus chaud de l'été caniculaire de 2018)

		Mortalité (nombre de décès)			
		Décès recensés	Décès supplémentaires	Décès en %	supplémentaires (95 % IC)
Total	Total	5 295	177	3,4	(0,5;6,4) *
	Femmes	2 772	159	6,1	(2,0;10,2) *
	Hommes	2 523	18	0,7	(-3,5;4,9)
Âge	0-19 ans	31	-12	-28,7	(-60,8;3,4)
	20-39 ans	62	-12	-16,6	(-41,0;7,9)
	40-64 ans	632	37	6,3	(-2,3;14,8)
	65-74 ans	798	12	1,5	(-6,0;8,9)
	75-84 ans	1 432	38	2,8	(-2,9;8,4)
	≥85 ans	2 340	114	5,1	(0,7;9,6) *
Région	Zurich	936	91	10,7	(3,5;18,0) *
	Suisse du Nord-Ouest	766	47	6,5	(-1,3;14,3)
	Suisse orientale	743	30	4,2	(-3,6;12,0)
	Plateau	1 280	39	3,1	(-2,8;9,1)
	Suisse centrale	468	8	1,8	(-8,0;11,6)
	Tessin	242	1	0,3	(-13,2;13,8)
	Région lémanique	860	-39	-4,4	(-11,3;2,6)

*statistiquement significatif; valeur-p < 0,05

Des études menées en Suisse montrent que le risque de mortalité du fait de la chaleur est considérable dès que les températures journalières maximales atteignent les 30 °C et qu'il augmente fortement avec chaque degré supplémentaire. Les nuits tropicales, au cours desquelles la température ne descend plus en dessous de 20 °C, posent également problème, dans la mesure où l'organisme, qui ne peut se refroidir pendant la nuit, n'est pas en mesure de récupérer correctement.

Prise de conscience accrue

La canicule de 2003 a sensibilisé la population aux effets des vagues de chaleur sur la santé. Entre juin et août, environ 1000 décès supplémentaires avaient alors été enregistrés par rapport aux années précédentes, soit une surmortalité de 6,9%. À la lumière de cet épisode, la Confédération, les cantons et les communes ont pris de nombreuses mesures pour protéger la population de la canicule. Durant l'été 2015 – le deuxième été le plus chaud depuis le début des mesures en 1864 –, la morta-

lité a également augmenté. Le nombre de décès supplémentaires a alors été estimé à 800, soit une augmentation de 5,4%.

Il reste donc maintenant à déterminer quelles ont été les répercussions de l'été caniculaire de 2018. Les premières informations parues dans les médias à la fin de l'été faisaient référence à la statistique hebdomadaire de la mortalité publiée par l'Office fédéral de la statistique. Les données provisoires ne faisant apparaître aucune surmortalité notable, les températures élevées ne semblent donc pas avoir eu de conséquences aussi graves qu'en 2003 et 2015. Il convient toutefois de noter que la période de référence utilisée dans le cadre de cette analyse ne prend en compte que les cinq années précédentes. Ainsi, avec plusieurs étés chauds, dont celui de 2015, elle ne permet pas de dresser des conclusions précises pour l'été 2018. En outre, elle ne tient pas compte de la croissance démographique.

Hausse des décès également durant l'été 2018

Pour obtenir un état des lieux plus précis, les collaborateurs de l'Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH) ont réalisé des analyses approfondies sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). Ils ont comparé les décès observés de juin à août 2018 avec les prévisions faites sur la base de la période de référence de 2009 à 2017. La méthode de calcul était la même que celle utilisée en 2003 et en 2015 et tenait compte de plusieurs caractéristiques de la population, telles que le nombre d'individus par groupe d'âge, le sexe et la région de domicile, ainsi que les fluctuations saisonnières et les tendances pluriannuelles en matière de mortalité.

Swiss TPH parvient à la conclusion que le nombre de décès n'a pas augmenté en juin et en juillet 2018, mais qu'une surmortalité de 3,4 %, soit 177 décès de plus qu'attendu, a été enregistrée (tab. 1, p.28) en août. Avec une surmortalité de 6,1 %, les femmes ont été plus durement touchées que les hommes (+ 0,7 %). Cette hausse a coïncidé avec le début d'une canicule de dix jours au

nord des Alpes et s'est révélée similaire à celle constatée en 2003 et en 2015 (fig. 15, ci-dessous).

En août 2018, toutes les grandes régions n'ont pas été touchées de la même manière. Si la région lémanique et le Tessin semblent avoir été épargnés, la région de Zurich, la Suisse orientale et le nord-ouest du pays ont enregistré une hausse sensible des cas de décès journaliers pendant la canicule.

Sur l'ensemble de l'été 2018, le taux de mortalité n'a augmenté que de 1,2 % ; un chiffre inférieur à 2003 et 2015 qui pourrait s'expliquer par le nombre de nuits tropicales moindre en 2018 qu'en 2015. Il est également possible que les conséquences aient été plus faibles, car la forte canicule n'est survenue qu'en août. En effet, si les canicules se produisent plus tôt dans l'année, les gens sont moins bien préparés et les effets sur la santé sont souvent plus graves. La sensibilisation aux risques pour la santé liés à la chaleur s'est également accrue. Enfin, ces dernières années, de nombreux cantons ont pris des mesures pour protéger la santé de la population en cas de canicule.

Fig. 15 : Nombre de décès par jour en 2003 et de 2009 à 2018

Évolution lissée calculée sur la base des moyennes de sept jours (trois jours avant et trois jours après la valeur indiquée). Valeurs absolues sans correction de la croissance démographique.

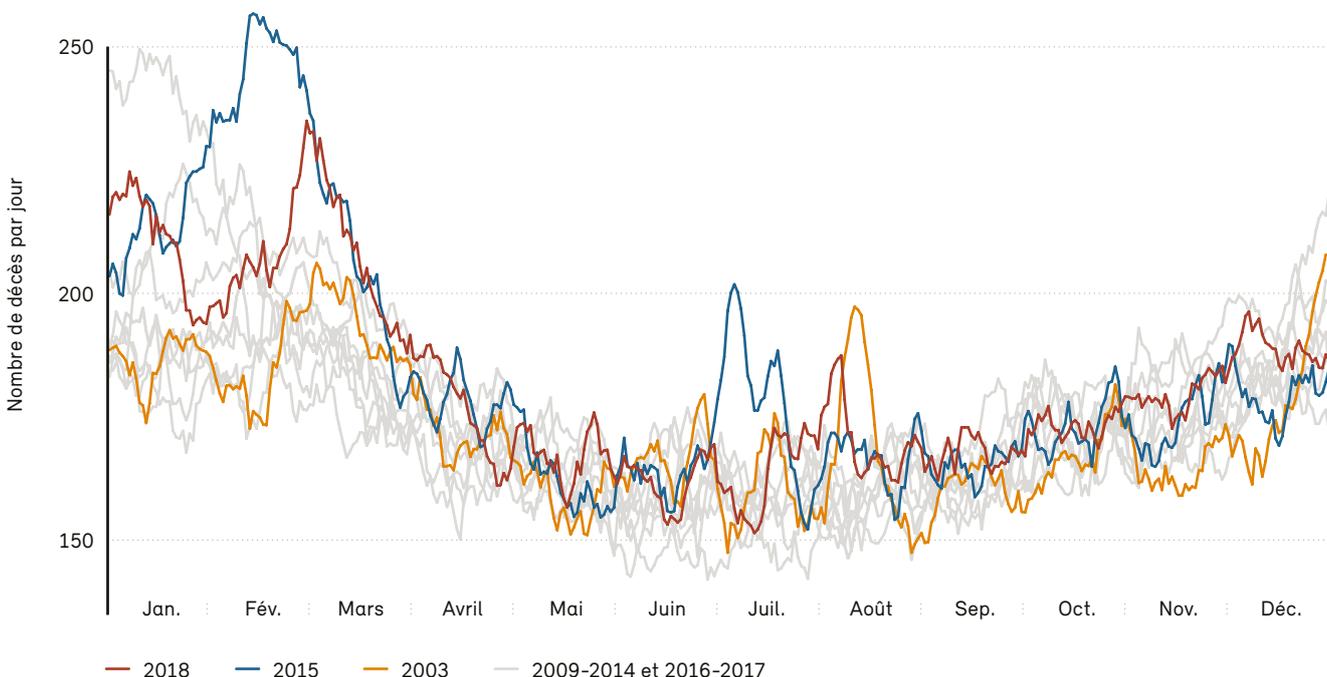
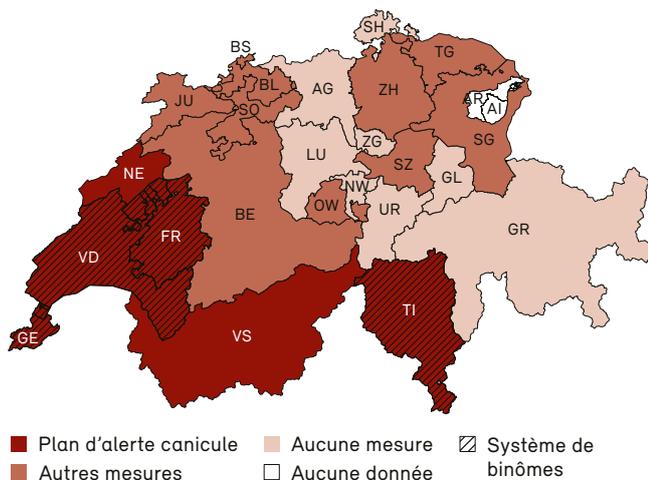


Fig. 16 : Mesures de prévention contre les atteintes à la santé dues à la chaleur dans les cantons en été 2018

Plans canicule, mesures supplémentaires et systèmes de binômes (identifier et accompagner individuellement les personnes vulnérables durant les vagues de chaleur).



Plans d'action canicule en Suisse romande et au Tessin

À l'exception du Jura, tous les cantons de Suisse romande et le Tessin disposent désormais de plans d'action canicule (« Zoom sur le canton de Vaud », p. 39, et « Zoom sur le Tessin », p. 25). En 2015, la surmortalité enregistrée dans la région lémanique a par exemple été inférieure à la moyenne nationale, malgré les fortes chaleurs. Au Tessin, en revanche, la mortalité a été relativement élevée malgré les plans d'action. Les analyses de 2018 montrent cependant que les efforts consentis semblent avoir porté leurs fruits.

Comme ce fut le cas en 2015, l'OFEV et l'OFSP ont chargé Swiss TPH de réaliser à la fin de l'été 2018 une enquête auprès des médecins cantonaux afin de recenser les expériences faites. Depuis 2015, aucun nouveau canton n'a élaboré de plan canicule, et ceux qui s'étaient dotés d'un tel plan l'ont activé en 2018. Dix cantons ont pris des mesures, principalement des campagnes d'information et de sensibilisation, mais celles-ci n'ont pas été intégrées dans un plan canicule. Alors que les cantons de Bâle-Ville, de Bâle-Campagne, d'Obwald, de Zurich, de Saint-Gall et du Jura avaient déjà mis en œuvre des mesures en 2015, ceux de Thurgovie, de Schwyz, de Berne et de Soleure l'ont fait en 2018. Les cantons d'Argovie, de Lucerne,

d'Uri, de Zoug, de Nidwald, des Grisons, de Glaris et de Schaffhouse n'ont pris quant à eux aucune mesure. La plupart des cantons qui ont distribué du matériel d'information dans le cadre de campagnes de sensibilisation ont utilisé les modèles fournis par l'OFEV et l'OFSP.

Évaluation des situations d'urgence

Les services d'urgence des hôpitaux fournissent également des informations précieuses sur les groupes vulnérables à la chaleur. Les analyses réalisées à l'issue de l'été caniculaire de 2015 ont montré, en Suisse, une augmentation des hospitalisations d'urgence liées à la chaleur. Les données pour 2018 n'ont pas encore été examinées. Il est toutefois possible de se faire une idée de la situation dans certains cantons qui, disposant de plans canicule, surveillent les admissions dans les hôpitaux cantonaux pendant la saison chaude. Ainsi, au Tessin, p. ex., aucune hausse des situations d'urgence liées à la chaleur n'a été observée durant l'été 2018, contrairement à 2015 (« Zoom sur le Tessin », p. 25). Il en a été de même dans le canton de Vaud, même si, début août, le nombre d'appels à la Centrale téléphonique des médecins de garde a augmenté (« Zoom sur le canton de Vaud », p. 39).

Pollution atmosphérique et rayonnement solaire intense

Outre les températures élevées, d'autres facteurs menacent également la santé, à l'instar du smog estival et des concentrations élevées d'ozone. Bien qu'elles restent encore trop élevées, ces derniers n'ont toutefois pas atteint, en 2018 et en 2015, les niveaux record relevés en 2003 ou durant les années 1990 (chap. « Pollution de l'air », p. 15).

L'exposition aux UV et le risque de cancer de la peau font également l'objet d'une attention accrue, la Suisse étant déjà l'un des pays où le taux de cancer cutané est le plus élevé. La SUVA en est bien consciente et a renforcé ses activités d'information et de prévention en 2018 (encadré, p. 31).

Les personnes prédisposées aux allergies peuvent souffrir de réactions plus fortes si les périodes sèches coïncident avec la floraison des graminées ou des arbres allergisants. Les pollens demeurent en effet plus long-

Les revers du beau temps préoccupent la SUVA

Les journées caniculaires s'accompagnent d'un nombre accru d'accidents. Alors qu'il existe un lien clair entre les accidents de loisirs, le beau temps et les comportements adoptés en conséquence, la situation est plus floue en ce qui concerne les accidents de travail. En 2018, la SUVA a renforcé son action de prévention des cancers cutanés d'origine professionnelle.

Avec près de deux millions de membres, la SUVA assure environ la moitié des personnes actives en Suisse contre les accidents au travail et durant les loisirs. En 2018, le beau temps s'est traduit par un nombre d'accidents de loisirs nettement supérieur à celui de l'année précédente. D'avril à septembre en particulier, le nombre d'accidents impliquant des vététistes, des cyclistes, des randonneurs et des promeneurs a augmenté de 17 % et s'est révélé deux à trois fois plus élevé pendant les week-ends ensoleillés que lors de fins de semaine nuageuses. Sur l'ensemble de l'année, l'augmentation des accidents dits non professionnels a atteint 2,7 %.

Canicule et accidents de travail

Se fondant sur une évaluation des années 2000 à 2015, la SUVA a publié dès 2017 des données chiffrées sur les accidents du travail liés à la chaleur. M. Peter Andermatt, statisticien à la SUVA, a ainsi constaté que le nombre d'accidents a augmenté de 7 % dans les secteurs de la construction et du transport lorsque la température dépassait les 30 °C. Même s'il est impossible de déterminer avec exactitude les causes exactes de cette hausse, il est tout de même intéressant de noter que les accidents se produisent tout au long de la journée et qu'aucun pic n'a été observé pendant les heures les plus chaudes de l'après-midi. Cela pourrait s'expliquer par une perte de concentration et d'attention due à la fatigue. En effet, les particuliers tendent à se coucher plus tardivement les soirs de beau temps, dorment moins bien et sont donc moins reposés le jour suivant.

Protection contre le cancer de la peau

La SUVA accorde également une attention accrue aux conséquences directes de la chaleur et du rayonne-

ment solaire. En juin, elle a lancé une grande campagne intitulée «Soleil» et consacrée à la prévention du cancer de la peau. Aujourd'hui, la SUVA estime que trois nouvelles personnes environ apprennent chaque jour qu'elles souffrent d'un cancer non mélanome du fait de leur activité professionnelle. Il existe en effet une corrélation claire entre ce type de cancer et une exposition chronique au soleil. Pour Mme Claudia Pletscher, responsable de la division médecine du travail à la SUVA, impossible de rester passif, au risque d'observer une forte augmentation des cas de cancer au cours des prochaines années. Elle souligne également que le visage, le sommet du crâne, la nuque et les oreilles sont particulièrement exposés et nécessitent par conséquent une protection spéciale. Le risque provoqué par le rayonnement UV nocif est souvent sous-estimé au travail, ce qui n'est pas le cas pour les loisirs. En Australie ou dans le sud des États-Unis, p. ex., les travailleurs se protègent mieux qu'en Suisse. La SUVA s'est donc associée à un fabricant pour développer un casque et un couvre-chef munis d'une visière et d'un protège-nuque et répondre ainsi aux besoins des individus œuvrant en plein air.

Responsabilité des employeurs

La SUVA en appelle également à la responsabilité des employeurs, tenus par la loi de fournir à leurs collaborateurs les équipements nécessaires pour les protéger contre les maladies professionnelles. En mai 2018, elle a annoncé entendre procéder à des contrôles du port des visières et des protège-nuques en juin et juillet, lorsque l'exposition aux UV est la plus forte. Néanmoins, à la suite de discussions avec la Société suisse des entrepreneurs (SSE), elle a renoncé à introduire une obligation visant à imposer le port de ces protections. En contrepartie, la SSE soutient activement la campagne «Soleil» lancée par la SUVA.

Informations :

www.suva.ch/soleil

temps dans l'air en l'absence de précipitations. En 2018, p. ex., les frênes et les bouleaux ont fleuri en avril, période durant laquelle les précipitations ont été faibles.

S'agissant des herbacées, bien plus de pollens d'amaranthacées ont été relevés en 2003 et en 2018. Ils ne provoquent cependant pas d'allergies en Suisse, en raison de leur faible concentration. À l'inverse, la sécheresse pourrait raccourcir la saison des pollens de graminées : au cours d'un été « normal », des pics de concentrations de pollens de graminées sont relevés jusqu'à la mi-juillet, mais en 2003 et 2018, ils n'ont été observés que jusqu'à fin juin voire début juillet. La météo n'est toutefois pas le seul facteur qui influence la concentration de pollens.

Tiques et moustiques

Les moustiques et les tiques ne sont également pas sans risque pour la santé. Concernant ces dernières, 2018 a été une année record, tant et si bien que l'OFSP a étendu sa recommandation de vaccination contre la méningo-encéphalite à tique (FSME), transmise par les morsures de tiques, à presque toute la Suisse. Les populations de moustiques tigres, présent et surveillé au Tessin depuis 2003, ont aussi légèrement augmenté en 2018 (« Zoom sur le Tessin », p. 25). Le climat généralement plus chaud et les températures hivernales douces jouent un rôle décisif dans la survie de nombreux insectes et tiques.

Protection au travail

Au travail, la chaleur affecte particulièrement les personnes qui effectuent des tâches manuelles en extérieur et qui sont donc exposées au soleil. La loi sur le tra-

« Les personnes âgées ne sont pas les seules victimes de la chaleur »

Grâce aux soins à domicile, les personnes âgées peuvent désormais rester chez elles plus longtemps. Responsable d'équipe à Höngg au sein du service de soins à domicile pour la région « Zurich Limmat », M^{me} Michaela Steiger se penche sur les défis à relever en cas de canicule.

De quelle manière avez-vous été informés en prévision de la canicule de 2018 ?

Nous avons été très bien informés et avons également reçu des brochures que nous avons pu distribuer à nos patients. Nous sommes particulièrement attentifs depuis la canicule de 2015 et avons, p. ex., effectué des visites supplémentaires l'après-midi ou en soirée, afin notamment de nous assurer que nos patients s'hydrataient suffisamment. En effet, les personnes âgées n'ont souvent plus la sensation de soif, alors qu'une bonne hydratation est essentielle en cas de canicule.

Quels sont les symptômes et les conséquences typiques de la canicule chez les personnes âgées ?

Apathie, fatigue, vertiges, maux de tête et difficultés respiratoires sont tout autant de symptômes. De

plus, le risque de cystite augmente, car l'urine est plus concentrée qu'à l'accoutumée. Dans ces situations, les patients requièrent une aide supplémentaire pour leur hygiène personnelle et les tâches ménagères. En cas de fortes chaleurs, elles renoncent par ailleurs souvent à aller marcher. Or ce comportement sédentaire peut très vite conduire à une perte musculaire et à une détérioration de leur condition physique, qui affecte à son tour leur état psychique et leur humeur.

Quelles sont les principales épreuves à relever pendant les canicules ?

Les changements climatiques, le vieillissement de la société et le souhait, pour nombre d'individus, de vivre chez soi durant ses vieux jours accentueront les problèmes rencontrés déjà aujourd'hui. S'agissant des soins à domicile, ces canicules sont un vrai défi. En effet, elles interviennent souvent durant les vacances d'été, ce qui nous obligera peut-être à mettre en place un service de garde avec des collaborateurs flexibles. De plus, les fortes chaleurs n'affectent pas uniquement les personnes âgées, mais touchent également nos collaborateurs, dont les organismes sont également fortement sollicités. Personne n'est épargné.

vail et l'ordonnance y afférente contiennent des dispositions visant à protéger la santé des travailleurs, dont l'application incombe au Secrétariat d'État à l'économie et aux cantons. L'inspection du travail du canton du Tessin, p. ex., a rappelé au début de la période caniculaire les dispositions légales.

Les personnes qui travaillent dans les secteurs de la construction et de l'horticulture sont particulièrement exposées, bien que ces derniers aient également bénéficié du temps sec et chaud de l'été de 2018. En effet, le mauvais temps est également source de stress et de contraintes physiques pour ces secteurs fortement tributaires des conditions météorologiques.

Adaptation à la chaleur, architecture et planification appropriées

La société doit impérativement s'adapter aux journées caniculaires, en voyant bien au-delà de son mode de vie et de sa propre protection. En effet, il appartient désormais également aux milieux de l'architecture, de l'ingénierie du bâtiment et de la planification des espaces verts et urbains d'accorder la plus grande attention à l'adaptation aux fortes chaleurs. L'adaptation et l'optimisation du parc immobilier prennent toutefois du temps. Dans certains cas, il est parfois nécessaire et justifié de recourir à des systèmes de climatisation. Dans les hôpitaux et les établissements médico-sociaux, il convient de tenir compte des problématiques spécifiques et de rechercher des solutions adaptées à chaque situation. Les concepteurs et les architectes sont ainsi appelés en premier lieu à développer des bâtiments à même de satisfaire les besoins en chauffage et en refroidissement en utilisant le moins d'énergie possible. L'aménagement adéquat des espaces verts et urbains peut également contribuer à améliorer le climat urbain. La publication « Quand la ville surchauffe » des offices fédéraux du développement territorial et de l'environnement couvre de nombreux aspects en la matière (bibliographie, p. 89).

Gestion des eaux

En Suisse, certaines régions ont été confrontées à une pénurie d'eau à partir de l'été 2018. L'approvisionnement en eau potable a toujours été garanti, même si certaines communes ont dû faire face à des difficultés. Parmi les raisons évoquées: les utilisateurs touchés par des restrictions ou des interdictions de puiser dans les eaux superficielles aux fins d'irrigation agricole, motivées par la nécessité de protéger les organismes vivants aquatiques, se sont rabattus sur les réseaux publics de distribution d'eau. En période de sécheresse, la concurrence entre les consommateurs d'eau s'intensifie.

Par rapport à d'autres pays, la Suisse possède des ressources en eau suffisantes, du fait notamment des Alpes aux abondantes précipitations, des lacs et grands cours d'eau ainsi que des importantes ressources en eaux souterraines dont elle dispose. Néanmoins, elle n'échappe pas aux difficultés d'approvisionnement durant les périodes de sécheresse prolongées. La concurrence entre les utili-

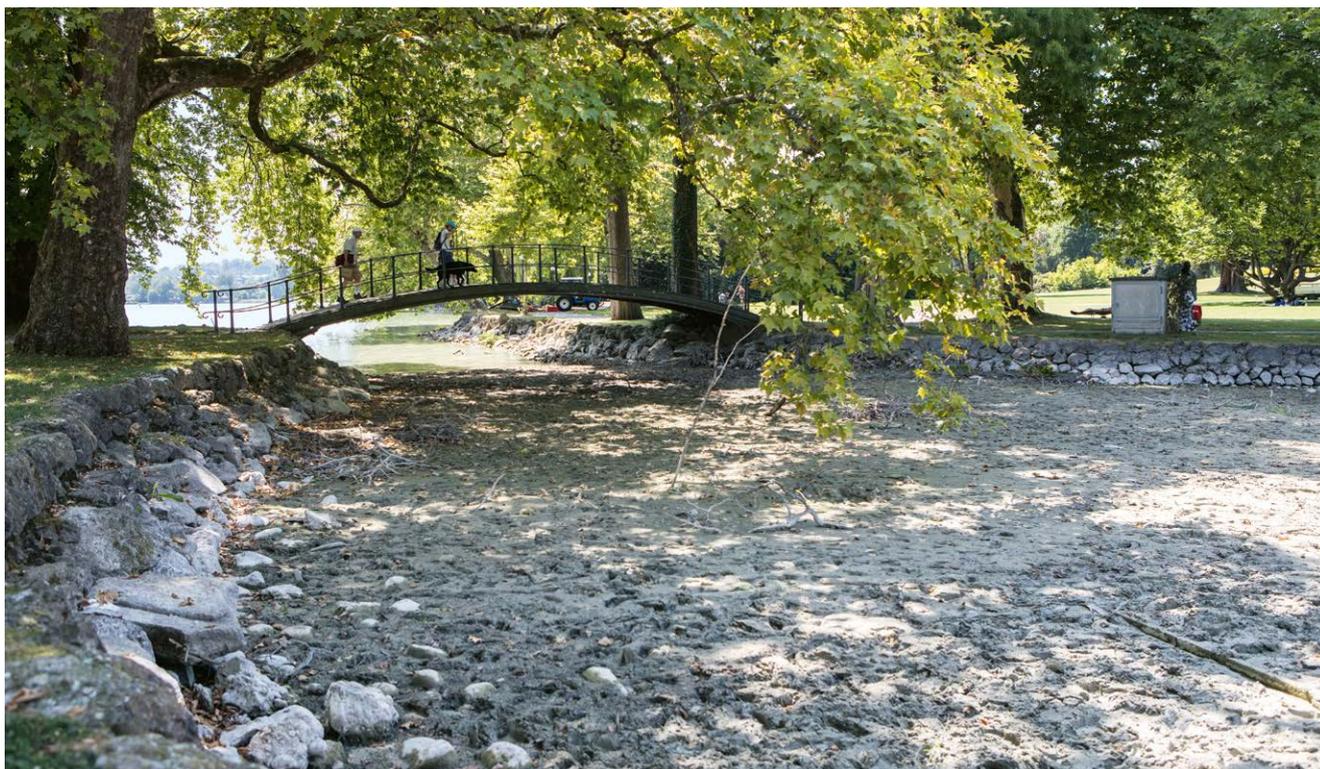
sateurs d'eau s'est donc intensifiée au cours de l'été 2018 et les conflits se sont renforcés.

Après la sécheresse très marquée de 2018, la division Eaux de l'OFEV a réalisé une enquête auprès des cantons, afin d'obtenir une vue d'ensemble de la gestion des eaux et de comprendre comment les cantons avaient géré la situation et quelles mesures ils avaient prises. Les résultats ont été présentés dans un rapport, dont le présent chapitre résume les principaux éléments.

Faibles débits

En raison des faibles précipitations, les débits des sources ont commencé à reculer dès le printemps, atteignant en août des seuils très bas en de nombreux lieux. Par endroits, certaines sources se sont taries. Le Plateau, le versant nord des Alpes et certaines régions du Jura et du versant sud des Alpes ont été particulièrement touchés. Les Alpes centrales, en revanche, l'ont été dans une moindre mesure.

Fig. 17 : Lac de Zoug en étiage, Cham, Zoug, 30 juillet 2018



Pénurie d'eau dans une commune

Entre juillet et décembre 2018, l'approvisionnement en eau de la commune d'Illnau s'est fait grâce aux réseaux voisins. M. Erik Schmausser, responsable du département de génie civil d'Illnau-Effretikon, explique comment la commune entend surmonter ce défi.

La ville d'Illnau-Effretikon se situe à mi-chemin entre Zurich et Winterthur. À l'origine, le hameau d'Effretikon a connu une croissance soutenue à la suite de l'implantation de sa gare lors de la construction de la ligne de chemin de fer au XIXe siècle. Aujourd'hui, Illnau se compose d'une partie « historique » et d'une partie « récente ». Et il existe aussi des différences en ce qui concerne l'eau potable. Ainsi, Effretikon s'approvisionne auprès du distributeur d'eau « Lattenbuck » (GWL), qui alimente également les communes de Bassersdorf, de Dietlikon, de Nürensdorf, de Wangen-Brüttisellen et de Wallisellen. Illnau, quant à elle, est approvisionnée par le groupe « Fehraltorf-Illnau-Russikon » (FIR). Illnau et Effretikon ne faisant qu'une sur le plan politique, les deux réseaux d'eau potable sont également reliés par une conduite.

En juillet 2018, la station de pompage de Barmatt, près de Fehraltorf, a vu sa capacité de pompage limitée à environ un tiers du volume d'eau quotidien habituel en raison des bas niveaux des eaux souterraines, affectées par la sécheresse. Selon Erik Schmausser, membre du conseil municipal responsable des eaux, la station de pompage fournit normalement près de 75 % de l'eau d'Illnau, et les 25 % restants proviennent de sources. Vers la fin de l'année, ces dernières ont parfois enregistré un débit environ dix fois inférieur à la normale.

Afin d'assurer la sécurité de l'approvisionnement, le distributeur FIR a appelé la population à économiser l'eau et à s'approvisionner auprès des sources d'eau potable voisines. « Le contrat qui lie la FIR et la GWL prévoit la livraison de 1000 m³ d'eau par jour ainsi qu'un approvisionnement supplémentaire du même ordre de grandeur en cas d'urgence, qu'il a été nécessaire de solliciter de la mi-juillet jusqu'à presque la fin de l'année ». La

capacité de transport d'eau d'Effretikon à Illnau a alors été poussée à ses limites. Pour sa part, GWL dispose de droits l'autorisant à prélever jusqu'à 8000 m³ d'eau par jour auprès du distributeur « Vororte und Glattal ».

Les communes réunies au sein du groupement FIR discutent maintenant des solutions qui permettraient d'éviter que ces difficultés d'approvisionnement ne se reproduisent à l'avenir. La première variante consiste à garantir par voie contractuelle un prélèvement dans les sources voisines. La deuxième variante consiste à exploiter de nouvelles ressources en eaux souterraines, qui devraient toutefois être indépendantes de l'aquifère déjà utilisé – un projet que l'on peut, au mieux, qualifier de difficile. Selon Erik Schmausser, la troisième variante est d'utiliser l'eau de manière plus efficace et de réduire la consommation. Outre la population, il faudrait pour cela convaincre avant tout les grands consommateurs, comme les industries et les agriculteurs. Les politiciens locaux souhaitent lancer la discussion à ce sujet. Une première graine a même déjà été plantée : en effet, l'une des sept priorités de la période de législature de 2018 à 2022 de l'exécutif municipal consiste à relever le défi des changements climatiques. Et après les événements de l'été 2018, l'approvisionnement en eau et une utilisation efficace de cet or blanc occuperont sans aucun doute une place de choix dans cette réflexion.

Pour ce qui est de la fourniture d'eau, le recul des débits des sources a un impact dès lors qu'il n'est pas possible de se rabattre sur des grands lacs ou des stations de pompage des eaux souterraines. Mais les sources n'ont pas été les seules victimes de la sécheresse. En effet, les eaux souterraines présentes dans les aquifères en roches meubles reliés à des cours d'eau, dont le bassin versant se situe sur le Plateau, ont, elles aussi, vu leurs niveaux s'amoinrir. Si les eaux souterraines des plaines alluviales le long des grands cours d'eau alpins ont été bien alimentées au printemps par la fonte des neiges, leur niveau s'est néanmoins progressivement abaissé durant l'été et l'automne. Région par région, on constate que le niveau des eaux souterraines a particulièrement baissé sur le Plateau oriental et central, ainsi que le long du versant nord des Alpes. Les cantons de Vaud et de Genève, en revanche, ne présentent aucun écart notable par rapport aux années précédentes. Dans le canton de Schwyz, certaines stations de pompage ont dû réduire leur puissance. Dans les Alpes centrales et au sud des Alpes, la sécheresse n'a eu qu'un impact mineur sur les eaux souterraines.

Le déficit en eau a été particulièrement visible au niveau de certains cours d'eau et surtout des ruisseaux. En effet, des petits et moyens cours d'eau se sont asséchés par endroits. Les lacs ont également enregistré des niveaux extrêmement bas, avec parfois de nouveaux records saisonniers (« Cours d'eau, lacs et eaux souterraines », p. 18).

Très peu de problèmes en matière de qualité de l'eau

Au vu des réponses des cantons, les effets sur la qualité chimique de l'eau semblent avoir été relativement faibles. Les cantons d'Argovie, de Bâle-Campagne, de Zoug et de Zurich ont indiqué qu'en raison du faible débit des eaux, les eaux usées traitées étaient moins diluées qu'à l'accoutumée une fois déversées dans les cours d'eau récepteurs. Toutefois, les stations d'épuration des eaux usées se révèlent plus efficaces en cas de températures élevées de l'eau et de faibles précipitations, ce qui a probablement permis d'atténuer les répercussions d'une dilution moindre. Les expériences faites à l'été 2003 ont montré qu'il était possible que la lixiviation des nitrates augmente durant les épisodes pluvieux suivant une période sèche, entraînant ensuite des concentrations élevées de nitrates dans les eaux souterraines. Toutefois, les résultats des analyses menées en la matière ne seront dispo-

nibles qu'au cours de l'année 2019. En revanche, aucun problème spécifique de qualité des eaux de baignade dans les lacs et les rivières suisses n'a été signalé.

Écologie des eaux et organismes aquatiques

Plusieurs impacts négatifs sur les écosystèmes aquatiques et les organismes vivants qu'ils abritent ont été observés en été et en automne 2018. Des associations animales et végétales entières ont été décimées dans des points d'eau asséchés, des espèces adaptées au froid ont souffert des températures élevées et la teneur en oxygène des lacs s'est dégradée. Les chapitres « Faune et flore » (p. 55), et « Zoom sur Schaffhouse » (p. 77), traitent en détail des températures élevées de l'eau et de leurs effets négatifs sur certaines espèces de poissons ainsi que des conditions parfois difficiles pour les amphibiens. Dans certains lacs, les températures élevées ont empêché un brassage complet jusqu'en hiver, ce qui a affecté l'approvisionnement en oxygène dans les couches d'eau profondes et le fond du lac. En raison des faibles précipitations, la quantité d'éléments nutritifs libérée dans le lac de Hallwil a été plus faible que d'habitude. En conséquence, la présence d'algues a diminué. Cependant, cet effet positif n'a pu compenser le brassage altéré, et à la fin du mois de novembre, les pêcheurs ont trouvé beaucoup de poissons morts dans leurs filets. Des événements extrêmes comme l'été 2018 peuvent avoir de graves conséquences sur les réseaux alimentaires et les interactions écologiques. Ainsi, la découverte de poissons morts dans le Lac de Schifflenen (FR), du fait probablement d'un manque d'oxygène, a permis de constater qu'une algue naturellement présente y avait proliféré. Heureusement, le nombre de victimes est resté relativement faible.

Effets sur l'utilisation de l'eau

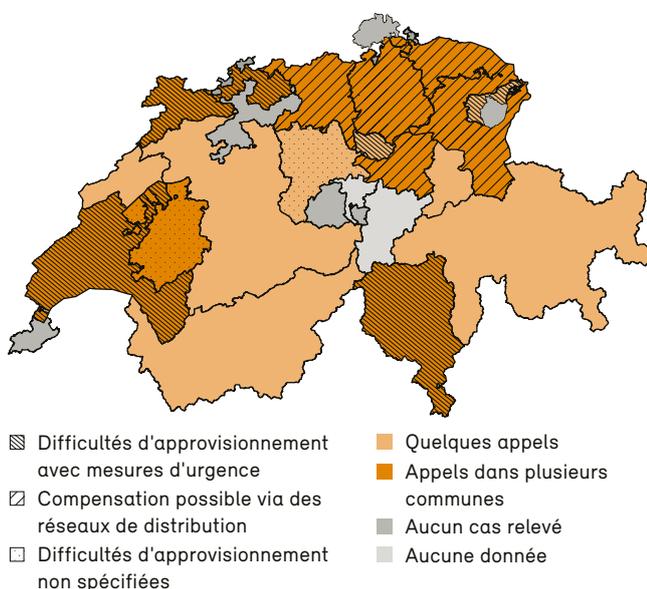
Des difficultés d'approvisionnement en eau peuvent apparaître en cas de sécheresse prononcée. Ainsi, lorsqu'une période de sécheresse se dessine, les autorités et les responsables de l'approvisionnement en eau appellent régulièrement à la population à économiser cette précieuse ressource. Ce fut notamment le cas dans toute la Suisse en 2018, et particulièrement dans le nord-est du pays. Des pénuries en eau potable ont été sporadiquement observées, p.ex. dans les régions qui ne sont approvisionnées qu'à partir de sources karstiques. Dans le nord-est de la Suisse, ces déficits ont pu être com-

blés grâce aux réseaux avoisinants. Quelque six cantons ont tout de même été contraints de mettre en place des mesures d'urgence. Au total, quatorze cantons ont indiqué avoir connaissance de sources et de stations de pompage d'eaux souterraines d'intérêt public fournissant moins d'eau qu'il en aurait fallu pour assurer l'approvisionnement.

Durant la sécheresse de 2018, treize cantons ont restreint les prélèvements dans les eaux superficielles aux fins d'irrigation agricole. Bien que durement touché, le canton de Zurich n'a pas recouru à cette mesure. En effet, en juillet 2018, l'office cantonal des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air a temporairement délégué aux communes la compétence d'autoriser à des fins d'irrigation agricole les prélèvements dans les lacs de Zurich, de Greifen et de Pfäffiker ainsi que dans six cours d'eau présentant un débit élevé, à savoir le Rhin, la Reuss, la Thur, la Glatt, la Limmat et la Sihl. Cependant, le rapport que le canton de Zurich a consacré en septembre 2018 au plan de mesures relatif à l'adaptation aux changements climatiques mentionne la nécessité de réévaluer les ressources en eaux superficielles du canton qui seront encore disponibles au cours des prochaines décennies.

Fig. 18 : Appels à la population pour économiser l'eau et difficultés d'approvisionnement en été et en automne 2018

Services publics et privés d'approvisionnement en eau dans les cantons.



Les petites centrales hydroélectriques ont également connu des difficultés. Au total, huit cantons ont indiqué que la plupart d'entre elles avaient dû interrompre totalement leur production en raison des faibles débits. En Argovie, quelque 25 petites centrales hydroélectriques ont dû cesser leur production durant plusieurs semaines. Il en a été de même pour quelques centrales en Thurgovie. Les petites installations hydroélectriques des cantons d'Appenzell Rhodes-Extérieures, de Saint-Gall, de Zoug, de Berne, de Bâle-Campagne et du Jura ont également été touchées par la sécheresse. Le chapitre « Production d'électricité » (p. 59), fournit de plus amples informations en la matière. En raison des températures élevées de l'eau, l'utilisation d'eau à des fins de refroidissement était également limitée (pour les centrales nucléaires, chap. « Production d'électricité », p. 59).

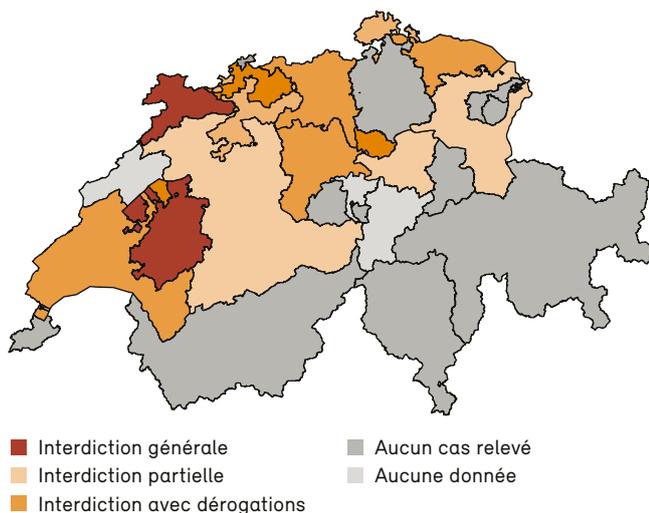
Au lendemain de l'été 2003, les utilisateurs bâlois gourmands d'eau de refroidissement ont dû instaurer des systèmes non tributaires des cours d'eau, ce qui a permis de réduire la charge thermique du Rhin. En 2018, le canton de Bâle-Ville a accordé, conformément à l'ordonnance sur la protection des eaux modifiée le 1er juin 2018, des dérogations permettant d'utiliser de l'eau de refroidissement en cas de températures élevées. Quelques cantons ont signalé que les pompes à chaleur ne pouvaient plus fonctionner en raison du faible niveau des eaux souterraines. La navigation sur les cours d'eau et les lacs suisses s'est vue également restreinte en partie.

Conflits entre écologie et utilisateurs des eaux

La sécheresse a engendré des conflits entre les différents utilisateurs de l'eau et les exigences d'ordre écologique, en particulier au regard de la situation critique des poissons et de l'irrigation agricole. Néanmoins, l'utilisation d'eaux souterraines à des fins d'approvisionnement individuel a également déclenché de sérieux conflits. On suppose p. ex. que le pompage des eaux souterraines a asséché périodiquement l'Ergolz, près de Sissach (BL). L'approvisionnement en eau potable a également posé un certain nombre de défis. Ainsi, dans certains cantons, des agriculteurs et d'autres gros consommateurs se sont soudainement rabattus sur le réseau public, poussant ainsi l'infrastructure de certains services à ses limites.

Fig. 19 : Interdictions et restrictions en été et en automne 2018 de prélever de l'eau dans les eaux de surface pour l'irrigation agricole

Image hétérogène pour les cantons du Plateau et du Jura.



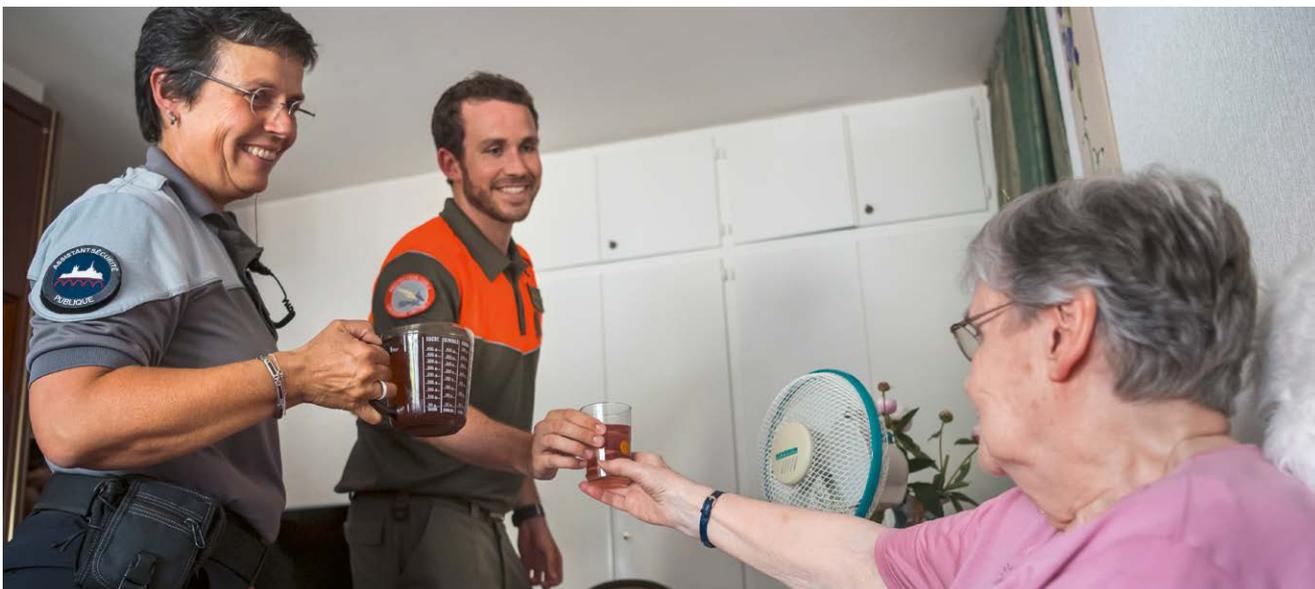
Stratégies cantonales et régionales

Compte tenu de la multiplicité des intérêts en matière d'utilisation de l'eau, la gestion durable de l'eau doit reposer sur des stratégies cantonales, une gestion des ressources en eau à l'échelle régionale et une planification de l'approvisionnement. Déjà dix cantons se sont dotés d'une stratégie en la matière, quatre cantons sont en train d'en élaborer une et deux autres cantons ont prévu de le faire. Quant à la planification de l'approvisionnement à l'échelle régionale, elle diffère d'un canton à l'autre. L'accent est mis sur la nécessité d'interconnecter les réseaux publics de distribution d'eau. En outre, il semble primordial de mettre en œuvre des stratégies en matière d'irrigation agricole et de prélèvement d'eaux superficielles.

Depuis l'été 2003, nombre de communes et de cantons ont appliqué diverses mesures pour mieux gérer les périodes de fortes chaleurs et de sécheresse. L'été sec qui vient de s'écouler pourrait contribuer à sensibiliser davantage les cantons et les communes aux problèmes liés à l'eau et, partant, permettre de relever les défis à venir.

Zoom sur le canton de

Vaud



Dans le canton de Vaud, les personnes âgées particulièrement vulnérables sont prises en charge pendant la canicule par la protection civile, les service de sécurité publique et d'autres organisations.

Durant l'été 2018, le canton de Vaud est une nouvelle fois passé au niveau d'alerte orange de son plan canicule destiné à prévenir les atteintes à la santé de la population. Il a pu tirer parti des expériences faites en 2015.

Le canton de Vaud a commencé à développer des activités de prévention et d'intervention en cas de vagues de chaleur après la canicule de l'été 2003. « Nous nous sommes rendu compte à l'époque, en Europe, que les fortes chaleurs

pouvaient constituer une atteinte à la santé de la population et engendrer une augmentation des décès », explique Isabelle Rossi, médecin cantonal adjoint du canton de Vaud. Le soutien politique a permis de bâtir un système de mesures concrètes. En place depuis 2009, la stratégie prévoit que les personnes et les organisations responsables au sein des structures de santé soient à même, entre le 1^{er} juin et le 31 août, de mettre en œuvre des mesures en cas de besoin (tab. 2, ci-dessous). Pendant la période estivale, des collabo-

Tab. 2 : Plan canicule vaudois : niveaux d'alerte, mesures et moyens

Niveau	Définition	Mesures et moyens
Veille	1 ^{er} juin-31 août	<ul style="list-style-type: none"> • Conseils partenaires et population • Récolte des données 1x/j
Mise en garde	Canicule prévue ≥ 3j	<ul style="list-style-type: none"> • Communiqués de presse • Contacts réguliers entre partenaires
Canicule persistante	Canicule mesurée ≥ 3j	<ul style="list-style-type: none"> • Communiqués de presse • Renforcement hotline santé • Actions institutionnelles (hôpitaux, soins à domicile etc.) • Visites communautaires
Canicule sévère État de crise	Canicule mesurée ≥ 7-10j	<ul style="list-style-type: none"> • Communiqués de presse • Renforcement: <ul style="list-style-type: none"> hotline santé actions institutionnelles visites communautaires

rateurs de la direction générale de la santé (DGS) surveillent de près le développement de la situation. Pour ce faire, ils se fondent sur les prévisions des températures maximales journalières et sur l'indice de chaleur («heat index») de MétéoSuisse ainsi que sur les valeurs de pollution de l'air sur le territoire cantonal. Le nombre d'hospitalisations en urgence et d'appels à la centrale téléphonique des médecins de garde constituent également des critères déterminants.

Prise de conscience en faveur de mesures

Fin juillet 2018, MétéoSuisse prévoyait au moins trois jours où les températures dépasseraient les 33 °C. Une vague de chaleur de plusieurs jours se profilant le 2 août, le Conseil d'État a donc décidé d'activer à nouveau le plan canicule du canton, qui avait été mis en œuvre pour la première fois durant l'été 2015. Dans l'ensemble, son application a bien fonctionné.

Isabelle Rossi constate que de plus en plus de personnes se rendent compte que la fréquence de tels événements augmente. De cette prise de conscience découle une attitude plus favorable à l'élaboration et à la mise en œuvre de mesures concrètes. L'implémentation de ces actions implique de multiples partenaires, parmi lesquels figurent les médecins de garde, les hôpitaux, les médecins de famille, les résidences pour personnes âgées, les services de soins à domicile, les écoles, les crèches et les communes. Ces dernières identifient les personnes présentant un risque élevé, notamment les personnes âgées, pour pouvoir prendre contact avec elles, voire leur rendre visite, pendant les vagues de chaleur. Les communes établissent dans ce but des listes de personnes dites «vulnérables». Les visites sont effectuées par des employés des communes, des membres de la protection civile, des pompiers et des associations de samaritains ainsi que des bénévoles.

La DGS a fait analyser la mise en œuvre et l'efficacité du plan canicule après l'été 2015. «Nous souhaitons, entre autres, savoir quelles étaient les expériences des communes», explique Diana Walther, collaboratrice scientifique à la DGS. Il était essentiel de comprendre de quelle manière les communes prennent contact avec les personnes âgées. En général, les communes leur envoient un courrier pour leur demander si elles souhaitent bénéficier de visites en cas de canicule. «Certaines personnes ont accueilli favorablement cette proposition, révèle Diana Walther, mais parfois plutôt parce qu'elles ressentaient

le besoin d'un contact humain. D'autres ont refusé, craignant pour certaines d'être incitées à partir dans un établissement médico-social.»

Transport d'eau dans les alpages

Lorsque canicule et sécheresse s'installent sur le territoire, l'État-major cantonal de conduite (EMCC) intervient. C'est ce qui s'est passé durant l'été 2018, principalement parce que de nombreux alpages ne disposaient plus d'eau en quantité suffisante pour le bétail. Du 6 au 26 août, l'État-major cantonal de conduite a coordonné des transports d'eau. Au total, 91 exploitations d'alpage se sont fait livrer quelque 3800 m³ d'eau, dont la majeure partie a été acheminée par camion. Des hélicoptères militaires (plus de 400 vols au total) sont intervenus pour certains alpages ne disposant d'aucune route d'accès, amenant ainsi 580 m³ d'eau dans les endroits concernés. Un quart des exploitations d'alpage étaient situées dans les Préalpes vaudoises et trois quarts dans le Jura vaudois.

«Nous avons pu effectuer nos tâches avant tout grâce aux ressources de la protection civile cantonale», indique Denis Froidevaux, chef du Service de la sécurité civile et militaire du canton de Vaud et chef de l'EMCC. Le dispositif sanitaire ORCA (organisation en cas de catastrophe) avait été activé, car il permet de solliciter le soutien de l'armée. S'il avait fallu organiser une désalpe en août déjà, le bétail aurait nécessité une grande quantité d'eau potable, alors que cette ressource était précisément limitée à cette période. Certaines exploitations d'alpage ont déjà tiré des leçons de l'été 2015. Celles qui ont sollicité de l'aide en 2018 sont quant à elles appelées à revoir leur équipement. Il s'agit d'investir dans les infrastructures d'approvisionnement en eau afin que les hélicoptères ne doivent plus porter secours aux alpages à l'avenir.

Selon Denis Froidevaux, dans de telles interventions, le succès réside dans la coordination et la coopération de toutes les parties impliquées. Quiconque peut se faire surprendre par un événement extraordinaire, mais il faut être prêt à réagir en conséquence. À l'échelle plus globale de la communauté, il s'agit de prendre en compte – et d'intégrer aux réflexions – tous les dangers et tous les risques dans les domaines des dangers naturels, des technologies et des affaires sociales. «C'est pourquoi le canton de Vaud élabore actuellement une stratégie globale de résilience», relève Denis Froidevaux.

Agriculture

L'agriculture est un secteur économique plus exposé que quiconque aux caprices de la nature. Lorsque l'absence de précipitations se fait longue, les cultures ne peuvent plus pousser et, dans le pire des cas, les plantes sèchent. L'été 2018 a laissé des traces. Des problèmes ont ainsi été constatés avec le fourrage, ce qui s'est notamment traduit par une augmentation accrue des importations de foin. Si la sécheresse a eu des effets variables sur les grandes cultures, les producteurs de fruits et de vin ont, eux, enregistré d'excellentes récoltes.

Alors que la pluie est restée aux abonnés absents durant le mois d'août, les prairies se sont teintées de brun. Par endroits, l'herbe s'est desséchée. Au cours de l'été et de l'automne 2018, l'agriculture et l'économie alpestre ont rencontré plusieurs défis et problèmes, dont les effets se sont parfois fait sentir jusqu'au printemps de l'année suivante.

Dès l'automne 2018, l'Office fédéral de la statistique (OFS) a publié une estimation des comptes économiques de l'agriculture. Il a indiqué que les secteurs des grandes cultures

et des cultures fourragères avaient souffert de la sécheresse et que les coûts de production avaient augmenté. À l'inverse toutefois, les récoltes de fruits et de raisins ont été nettement supérieures à celles de 2017, qui avaient toutefois été touchées par un fort gel printanier. Concernant le revenu net des entreprises du secteur agricole, l'OFS prévoit une diminution de près de 3 % par rapport à l'année précédente. Selon ces premières estimations, l'impact de la sécheresse sur l'agriculture n'aurait donc pas été aussi grave qu'on l'avait craint à la fin de l'été.

L'OFS établit chaque année les comptes économiques de l'agriculture, avec le concours du service statistique de l'Union suisse des paysans (Agristat). Pour avoir une idée plus précise des revenus dans l'agriculture, il faudra toutefois attendre le résultat des évaluations menées par l'institut de recherche agricole Agroscope auprès de 2300 exploitations agricoles, toujours publié à l'automne de l'année suivante.

Une image contrastée dans les grandes cultures

Le cahier statistique mensuelle d'Agristat de novembre 2018 a fourni un premier aperçu des rendements des dif-

Fig. 20: Livraison d'eau pour les vaches de l'alpage Bättruns, au-dessus de Schänis, Saint-Gall, 3 août 2018



Tab. 3 : Production à l'unité de surface des principales cultures en comparaison annuelle

Écart en % de la production à l'unité de surface en 2018 par rapport à la moyenne de la période 2000-2018.

Culture	Ø Rendements par surface 2000-2018 en dt/ha	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
		Blé d'automne	58	3	-4	3	-9	8	-1	-2	1	2	4	0	8	0	-8	8	5	-24
Orge d'automne	64	-4	-11	0	-12	9	-3	-1	-5	-4	2	-5	3	3	-8	17	10	-11	16	3
Maïs grain	94	2	-5	-2	-9	2	2	-10	8	3	10	0	3	-4	-13	-7	-5	8	13	4
Pommes de terre	394	8	-5	-1	-15	0	-2	-18	6	9	18	-2	16	4	-17	13	-9	-13	4	2
Betteraves sucrières	751	4	-21	2	-5	3	2	-12	-1	5	10	-4	23	14	-9	20	-11	-14	5	-11
Colza	33	-9	-8	-3	-14	7	2	-6	-8	-8	-5	-5	2	-5	-1	23	13	5	16	3

férentes cultures. Il est néanmoins nécessaire, afin de calculer les récoltes avec précision et de pouvoir comparer les résultats sur plusieurs années, de disposer d'indications sur la superficie des terres cultivées. Celles-ci ne sont toutefois disponibles qu'au printemps de l'année suivante. Si les surfaces cultivées restent à peu près constantes, comme c'est le cas dans l'arboriculture et la viticulture, les quantités déjà enregistrées donnent une image assez précise du succès de la récolte.

Depuis, le tableau s'est affiné. Une analyse des grandes cultures permet de constater des différences frappantes entre les cultures précoces et les cultures tardives. En effet, comme la sécheresse ne s'est pas installée aussi tôt qu'en 2003, les rendements des grandes cultures précoces se sont maintenus dans la normale. En revanche, les cultures qui arrivent à maturation à la fin de l'été ou en automne ont parfois connu plus de difficultés.

Parmi les céréales, le blé et l'orge d'automne ainsi que le maïs grain – les plus importantes sur le plan quantitatif – ont été relativement peu affectés. Des rendements moyens ont été enregistrés pour l'épeautre, l'avoine et le triticale, un croisement entre le blé dur et le seigle. En revanche, le blé et l'orge de printemps ainsi que le seigle ont beaucoup souffert de la sécheresse. S'agissant des oléagineux, les rendements de colza par hectare ont été similaires à la moyenne des 20 dernières années. La récolte de soja, en revanche, a été nettement inférieure à la normale, tandis que le tournesol a pour sa part profité du temps chaud et sec. En ce qui concerne les cultures sarclées, la récolte de betteraves sucrières a été inférieure

aux valeurs usuelles, alors que la récolte de pommes de terre a été légèrement supérieure à la moyenne annuelle relevée depuis 2000. Il convient cependant de noter que ces dernières sont souvent irriguées pour des raisons de qualité. Aucune perte de récolte n'a été constatée dans les cultures ayant été irriguées. Selon les données collectées par Agristat, la sécheresse a également eu des retombées sur les cultures maraîchères, dont les stocks sont moindres que les années précédentes.

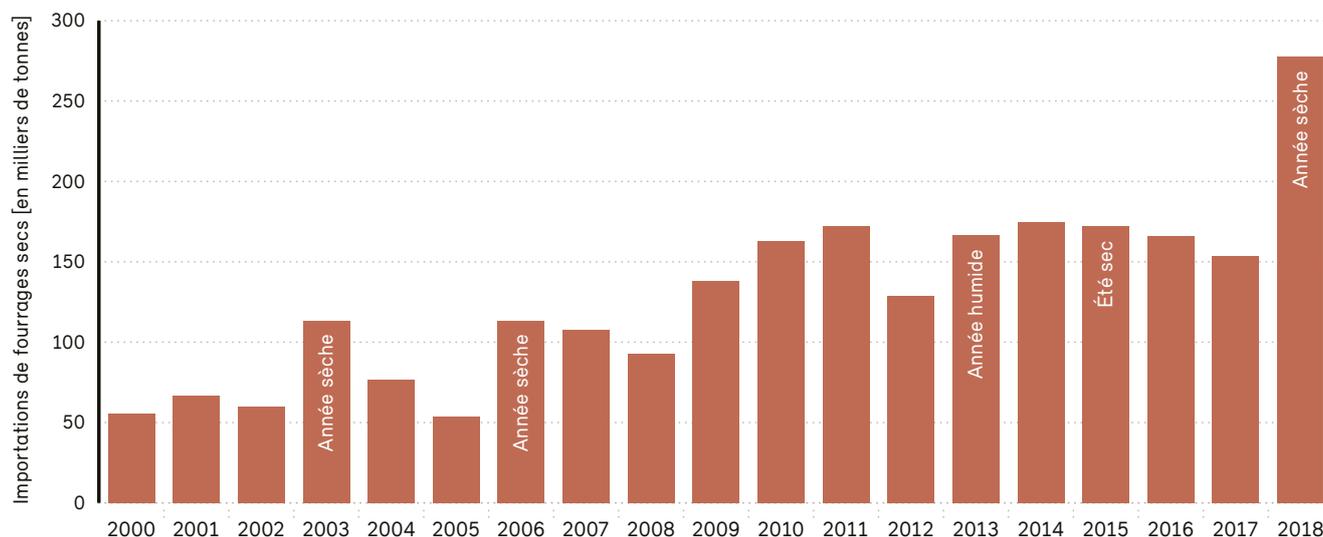
En 2018, les rendements des grandes cultures ont été pour la plupart légèrement inférieurs par rapport à l'année précédente. Il faut toutefois souligner que les abondantes précipitations tombées en 2016, p.ex., avaient entraîné chez ces cultures des pertes de rendement nettement plus importantes (tab. 3, ci-dessus).

Récoltes juteuses pour les fruits et le raisin

L'été ensoleillé et sec a aussi fait des heureux. En effet, l'humidité provoque souvent chez les cultures spéciales, telle l'arboriculture, des maladies, notamment fongiques. Les producteurs ont donc enregistré d'excellentes récoltes de fruits et de raisin. Le Valais, premier canton producteur de vin en Suisse, a connu une année faste, tout comme le canton de Vaud. Le canton de Schaffhouse est également très satisfait de son année sur le plan viticole. Totalisant 111 millions de litres, les vendanges ont été les plus prolifiques depuis 2011 et sont, avec un surplus de 12,6%, nettement supérieures à la moyenne des dix dernières années. Les arboriculteurs et les viticulteurs sont soulagés, car les rendements de l'année précédente avaient été très faibles en raison d'un gel important en avril.

Fig. 21 : Importations en Suisse de fourrages secs depuis 2001

Nouveau record en 2018.



Pertes importantes dans la production fourragère

La Suisse est un pays de prairies. Plus des deux tiers des terres utilisées pour l'agriculture sont des prés ou des prairies destinés à nourrir les animaux. La sécheresse donc a eu un impact majeur sur la production fourragère. Les récoltes des deux premières coupes d'herbe ont été supérieures à la moyenne, puis les prairies ont de plus en plus souffert de la sécheresse, et l'herbe n'a pas repoussé. Étant donné que dans la production fourragère, la récolte n'est pas vendue, mais utilisée pour nourrir les animaux de l'exploitation, les chiffres exacts sur les rendements ne sont pas disponibles, contrairement à ceux portant sur les grandes cultures ainsi que sur les cultures fruitières et maraîchères. Dans certaines régions des Alpes, l'eau servant à abreuver les animaux est venue à manquer, et l'armée a été appelée à effectuer des vols de ravitaillement. En Suisse romande et en Suisse orientale, quelque 1344 m³ ont ainsi été transportés par hélicoptère dans les régions alpines de sept cantons (fig. 22, p. 44).

Les difficultés d'approvisionnement en fourrage n'ont pas été sans conséquence. Dès l'été, le nombre d'animaux abattus a augmenté, ce qui a fait pression sur les prix. Les effectifs de vaches laitières ont également baissé à la fin de l'année, mais pas plus qu'en 2015 et en 2016, où la diminution observée était alors principalement due au bas prix du lait.

Durant l'année, les importations de foin ont augmenté progressivement pour atteindre leur plus haut niveau historique en fin d'année. Selon les statistiques douanières, les importations de foin et de luzerne ont grimpé à 277 000 tonnes en 2018 (fig. 21, ci-dessus), soit environ 100 000 tonnes de plus que la moyenne annuelle depuis 2010 et des coûts d'alimentation supplémentaires d'au moins 35 millions de francs. Le volume élevé des importations s'est maintenu au cours des premiers mois de 2019, le temps que les prairies repoussent.

Réaction du gouvernement fédéral au niveau des droits de douane et des paiements directs

Pour atténuer les conséquences financières de l'achat de fourrage, le Département de l'économie, de la formation et de la recherche a demandé à l'Office fédéral de l'agriculture d'abaisser temporairement les droits de douane sur les importations de fourrages grossiers. Cette décision est entrée en vigueur le 1er septembre 2018. En outre, la Confédération a invité les cantons à faire usage de leur marge de manœuvre légale dans le cadre des dispositions relatives aux paiements directs. Le package de prairies extensives et peu intensives et de jachères tournantes, les dérogations lors d'écarts au bilan de fumure ainsi que le paiement de la totalité des contributions d'estivage, même en cas de non-atteinte, en raison de la sécheresse,

du nombre minimum requis d'animaux ayant estivé étaient notamment concernés.

L'adaptation, un enjeu clé

Même si l'agriculture s'en est tirée à bon compte en 2018, l'adaptation aux changements climatiques demeure un enjeu clé. Les précipitations continueront de fluctuer fortement et il est donc nécessaire de pouvoir s'y adapter (encadré, p. 45). L'irrigation des cultures en période de sécheresse est possible dans certains cas, mais entraîne des coûts et requiert des investissements. En outre, les conflits liés à la rareté des ressources en eau vont s'intensifier. En cas de sécheresse tout particulièrement, l'agriculture ne pourra en effet pas puiser de grandes quantités dans les eaux superficielles (« Zoom sur Schaffhouse », p. 77, et « Zoom sur le canton de Thurgovie », p. 69).

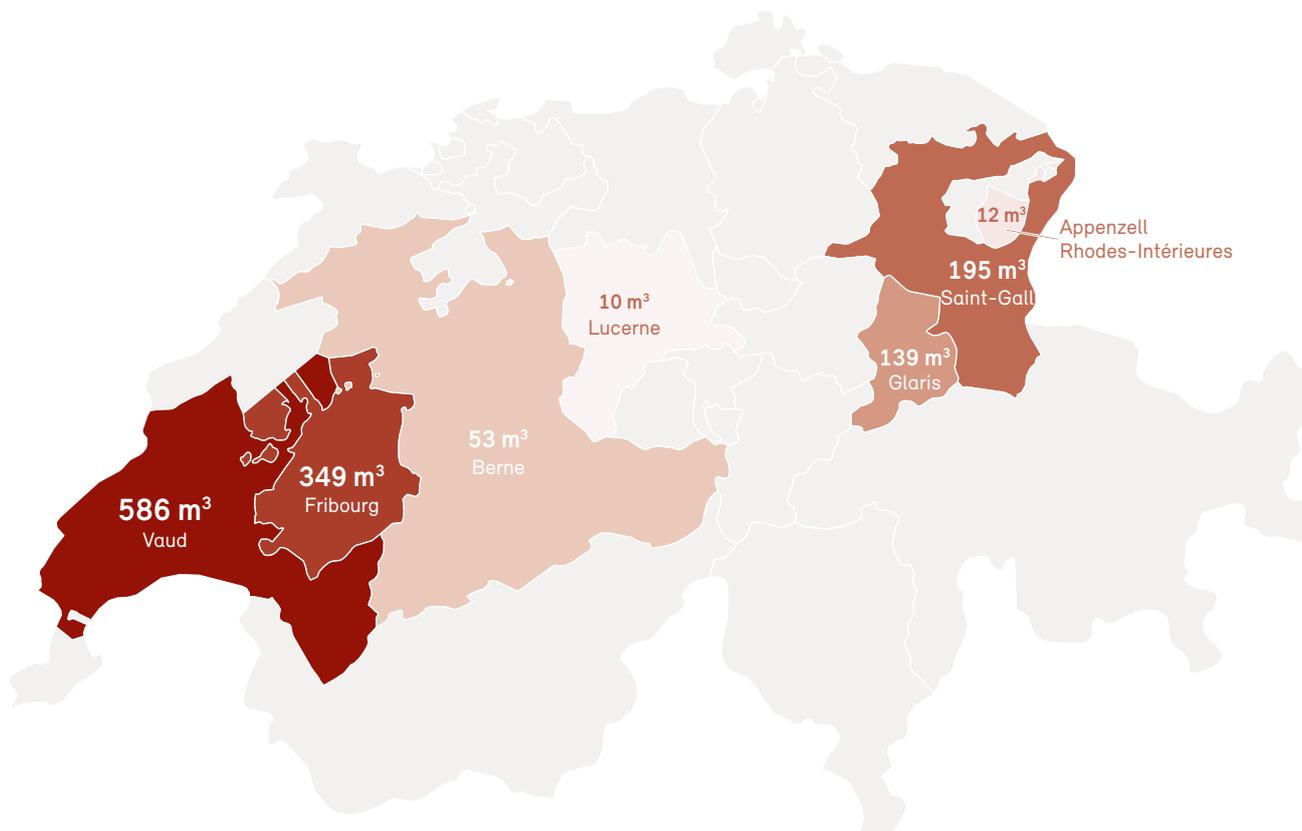
La protection des sols gagne également en importance. En effet, favoriser la formation d'humus dans les sols agri-

coles a des effets positifs sur le stockage et l'absorption de l'eau par les plantes. Diversifier les surfaces cultivées permet également à l'exploitation de contrer le risque de perte de rendement.

Les agriculteurs, notamment en France et en Amérique du Nord, peuvent aussi de plus en plus contracter une assurance contre les pertes de récolte en cas de sécheresse. En Suisse, la Société suisse d'assurance contre la grêle (Suisse Grêle) offre de tels produits. En 2018, quelque 1330 exploitations agricoles totalisant plus de 30 000 hectares, soit environ 12 % des terres ouvertes, étaient assurées contre le risque de « sécheresse ». Dans le canton de Vaud, notamment, 35 % des terres arables sont assurées. Les exploitations herbagères sont moins nombreuses à solliciter ce type de protection, et seuls quelques agriculteurs profitent aujourd'hui de cette opportunité. Il pourrait toutefois en aller autrement à la lumière des événements de l'été 2018.

Fig. 22 : Vols destinés à l'approvisionnement en eau dans les Alpes

Du 20 juillet au 30 août 2018, l'armée suisse a transporté par hélicoptère 18 tonnes de matériel (pompes à eau, bassins, tuyaux) et 1344 m³ d'eau dans les régions alpines de sept cantons.



Stress hydrique et résilience des prairies

Les expériences faites en matière de sécheresse montrent qu'après deux mois sans précipitations, les prairies produisent nettement moins de fourrage, mais qu'elles se rétablissent rapidement lorsque l'humidité revient. En 2018, une quantité relativement importante de fourrage a dû être importée, car, contrairement à 2003, de nombreuses régions de montagne ont également souffert de la sécheresse.

Dans le sillage de l'été sec de 2015, l'institut fédéral de recherche agricole Agroscope, l'École polytechnique fédérale de Zurich et l'Université de Bâle ont analysé les effets de la sécheresse sur les prairies artificielles et naturelles et sur leurs rendements fourragers. Ils ont utilisé à cette fin des toits transparents pour retenir artificiellement la pluie afin de simuler une sécheresse. À l'issue du premier mois sans eau, les prairies n'avaient subi aucune perte. Mais après deux mois de sécheresse, la baisse de rendement a atteint jusqu'à 80%. Les chercheurs ont ensuite retiré les toits pour que la pluie puisse à nouveau tomber sur la prairie. La grande question était de savoir si et à quel rythme la prairie se rétablirait. Selon M. Andreas Lüscher, de l'institut Agroscope, les graminées ont fait preuve de beaucoup de résilience, et ont même produit jusqu'à 60% de plus que les graminées des surfaces de référence, qui n'avaient pourtant pas été exposées au stress hydrique. Lorsque l'eau vient à manquer, les graminées semblent se concentrer sur la croissance de leurs racines. Une fois que le sol retrouve son humidité, elles bénéficient à nouveau d'engrais. De plus, les micro-organismes présents dans le sol reprennent fortement leur activité, libérant ainsi de grandes quantités d'azote qui favorisent la croissance des plantes.

En 2018, les conditions liées à la sécheresse persistante étaient exactement les mêmes que celles réunies dans cette expérience. Les prairies ont viré au jaune et au brun. Selon M. Lüscher, les première et deuxième coupes d'herbe ont donné de bons résultats. Puis les prairies ont présenté d'importantes pertes en été, avant qu'elles ne recommencent à pousser durant l'automne.

Sur l'ensemble de l'année, le rendement des prairies présente une nette baisse. En conséquence, les importations de fourrage ont augmenté régulièrement à partir de l'été. En 2018, les importations supplémentaires d'environ 100 000 tonnes de foin correspondent à 1 à 2% de la quantité de fourrage normalement produite.

M. Lüscher relève qu'en 2003, les exploitations alpines produisaient suffisamment de fourrage pour satisfaire leurs besoins et vendre le surplus aux exploitations de basse altitude, raison pour laquelle les importations de fourrage ont été plus faibles cette année-là qu'en 2018. Durant l'été 2018, la sécheresse a touché la Suisse orientale et notamment les régions de montagne avant de s'étendre à la Suisse romande à l'automne. La production nationale n'a donc plus suffi à couvrir les besoins en fourrage.

Le défi qui se pose ici réside dans le fait que la situation varie chaque année. Selon M. Lüscher, les agriculteurs ne doivent pas seulement s'adapter à la sécheresse, mais aussi se préparer à affronter des précipitations variables. Agroscope recommande donc qu'environ trois quarts des surfaces soient consacrés à des mélanges pour prairies, composés d'espèces de graminées et de trèfles et adaptés à une année aux précipitations conformes à la normale, et qu'un quart se destine à des mélanges plus résistants à la sécheresse. Les étés secs devant se multiplier, les agriculteurs suisses seront de plus en plus confrontés à des pénuries temporaires de fourrage. La coopération entre les exploitations agricoles de basse altitude et des zones de montagne pourrait contribuer à résoudre le problème, bien que cette mesure n'aurait que marginalement fonctionné en 2018. D'autres stratégies consistent à maintenir des réserves de fourrage ou à opter pour l'achat d'aliments supplémentaires, la principale mesure étant toutefois d'adapter le nombre d'animaux au rendement fourrager moyen de l'exploitation.

Forêts

En 2018, les populations de bostryches ont fortement augmenté dans les forêts suisses, s'attaquant à des épicéas affaiblis par la sécheresse. Le volume de bois infesté était donc important, sans toutefois atteindre le niveau record enregistré après l'été caniculaire de 2003. Parmi les feuillus, ce sont surtout les hêtres qui ont souffert de la sécheresse. Dans les régions les plus touchées, la chute automnale de leurs feuilles a débuté dès le mois d'août. Attendu avec impatience, le début de la période de végétation 2019 a permis d'y voir un peu plus clair: une partie des arbres jugés affaiblis à la fin de l'été 2018 sont en mauvais état ou n'ont même pas du tout bourgeonné. Il est en revanche réjouissant de constater que malgré le risque élevé d'incendie de forêt durant l'été, aucun sinistre majeur ne s'est déclaré. Les milieux scientifiques analysent la sécheresse de 2018, afin d'en tirer de nouvelles connaissances sur l'impact de telles conditions climatiques sur la forêt.

Pour de nombreux propriétaires de forêt, l'année 2018 avait mal commencé. Plusieurs tempêtes hivernales avaient balayé le pays, renversant ou brisant de nombreux arbres. On se souvient de la plus violente sous le nom d'Éléonor. Les années précédentes, des tempêtes locales ainsi que le bostryche avaient déjà mis les forêts à rude épreuve. Jusqu'en 2017, l'espèce de bostryche la plus fréquente et la plus redoutée, le typographe, était cependant plus ou moins sous contrôle, mais les épicéas renversés en 2018 lui ont de nouveau fourni un abondant substrat de ponte. De plus, les fortes rafales de vent ont fait subir des tensions au système racinaire des arbres, y provoquant des blessures, surtout au niveau des radicelles. Or celles-ci jouent un rôle de première importance dans l'absorption d'eau par la plante.

Prolifération du bostryche

À partir d'avril 2018 et jusqu'en automne, les précipitations ont été nettement inférieures à la normale. Déjà affaiblis par les tempêtes hivernales, les arbres ont subi un stress encore accru au fur et à mesure que la sécheresse s'aggravait. La chaleur a en outre profité au

Fig. 23 : Tournesols et hêtres desséchés à Hemishofen, Schaffhouse, été 2018

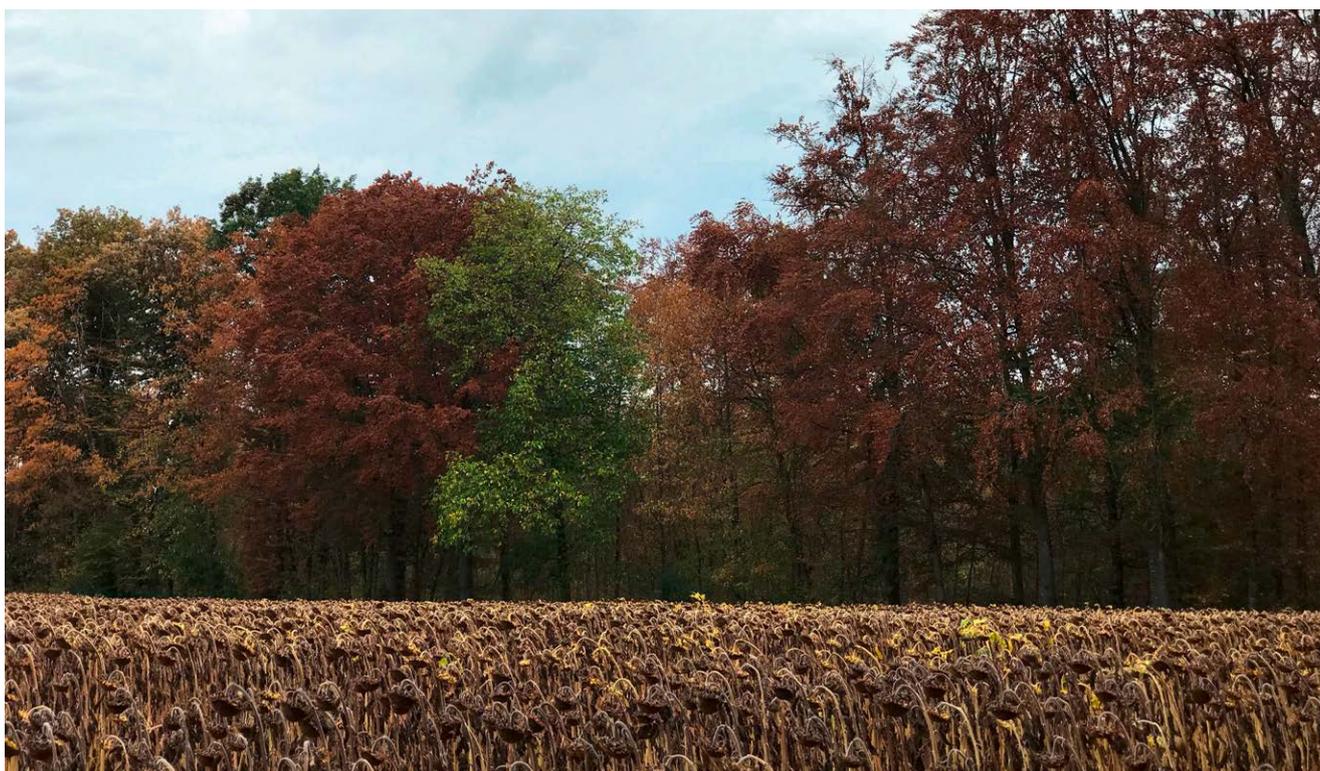
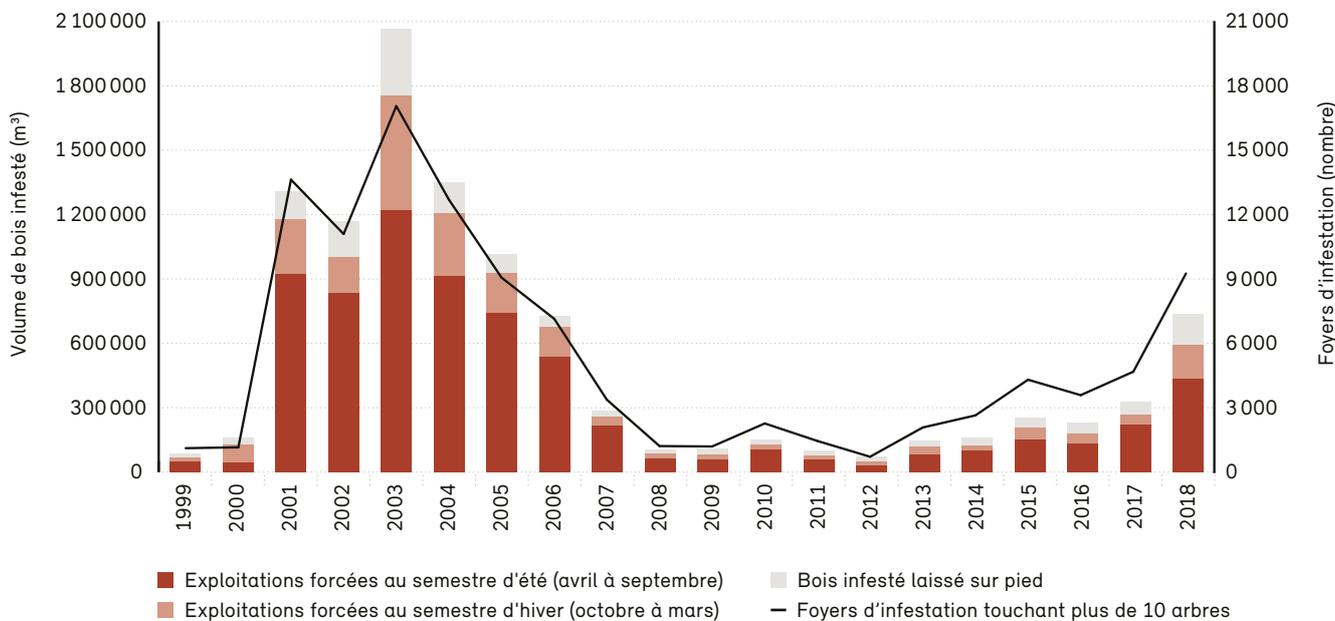


Fig. 24 : Exploitation forcée en raison de dégâts provoqués par le bostryche, entre 1999 et 2018

Les données sur les exploitations forcées du semestre d'hiver 2018/2019 et le volume de bois infesté laissé sur pied reposent sur des estimations.



bostryche, favorisant même l'éclosion d'une troisième génération dans les régions de basse altitude. Issue de l'enquête menée auprès des cantons par le service Protection de la forêt suisse (WSS) de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), la statistique des épicéas atteints illustre clairement les effets. En 2018, avec 735 000 m³ de bois attaqué par le typographe, le volume de chablis a plus que doublé par rapport à l'année précédente, atteignant son niveau le plus élevé depuis 2006 (fig. 24, ci-dessus). Les triages forestiers ont annoncé une forte augmentation du volume de bois infesté en particulier dans le centre et l'est du Plateau et dans le Jura. Dans les Alpes et le sud du pays, le volume de bois atteint n'a en revanche pratiquement pas varié, ou a même diminué dans certaines régions. Compte tenu des expériences du passé et de la situation au printemps 2019, il est cependant à craindre que le volume de bois attaqué par le bostryche ne continue d'augmenter.

En ce qui concerne les autres organismes nuisibles aux arbres, 2018 a été une année plutôt calme. Les champignons, en particulier, n'aiment pas le sec. Les gardes forestiers espèrent donc que le flétrissement du frêne, une maladie fongique aujourd'hui largement répandue, va quelque peu régresser. Quant à l'augmentation de la

tordeuse grise du mélèze, dont la chenille se régale des aiguilles de cet arbre et pullule de manière cyclique, avec un pic tous les sept à onze ans, elle n'est pas directement liée à la sécheresse et à la chaleur. En été 2018, les mélèzes de certaines régions de l'Engadine et du Valais ont subi une défoliation. Il se pourrait cependant que la repousse de nouvelles aiguilles, qui intervient normalement le même été après une infestation, n'ait pu se faire en raison du manque d'eau.

Chute prématurée des feuilles dès l'été

La coloration automnale prématurée du feuillage des hêtres était particulièrement frappante durant l'été 2018. Dès le mois de juillet, à de nombreux endroits, l'intensité du rayonnement solaire, la canicule et le manque d'eau ont eu pour effet de détruire la chlorophylle, faisant ainsi perdre leur couleur verte aux feuilles (photoblanchiment). Peu de temps après, le feuillage de ces arbres est tombé, comme en automne. Ce processus s'est parfois déroulé si rapidement que les hêtres perdaient également leurs feuilles encore vertes ou que celles-ci se desséchaient directement sur l'arbre.

Le 23 juillet 2018, l'Office des forêts des cantons de Bâle-Ville et de Bâle-Campagne a été le premier à informer

le public des effets de la sécheresse sur les arbres. Les gardes forestiers bâlois s'inquiétaient non pas tant de la coloration prématurée du feuillage, mais plutôt de la rapidité de sa perte et de la rupture spontanée de branches, aussi bien de hêtres que de chênes. Certains arbres se sont même entièrement desséchés. Outre le hêtre étaient concernés l'érable sycomore, le sapin blanc, l'épicéa et le douglas. Au début de l'été 2019, les endroits exposés présentaient d'importants dégâts dus à la sécheresse. C'est le cas en particulier de la forêt de Hard, près de Bâle, qui a été massivement touchée : quelque 2000 arbres, soit un cinquième du peuplement, sont morts. La commune bourgeoise de Bâle, propriétaire de la forêt, et les communes politiques concernées ont dû se résoudre à interdire l'accès à la majeure partie de la forêt (« Zoom sur Bâle », p. 53).

La chute prématurée du feuillage est une réaction normale des feuillus à la sécheresse. Ce phénomène s'était déjà produit lors d'un autre été très sec, en 2003, mais dans une moindre mesure qu'en 2018. Les plus âgés d'entre nous se souviennent également de l'été 1947, durant lequel les hêtres avaient aussi beaucoup souffert. Une chute prématurée de leur feuillage est en outre documentée en 1911. En Allemagne, dans les années 1940, très chaudes et très sèches, on annonçait même la « mort des hêtres ». Dans le climat du XXI^e siècle, si des températures caniculaires se conjuguent de plus en plus souvent à des conditions de sécheresse, la pénurie d'eau va s'aggraver pour les arbres.

D'après les relevés du WSS, bon nombre d'arbres morts en 2018 auraient péri en raison de la sécheresse. La cause de leur mort est en l'occurrence déterminée par exclusion. En d'autres termes, ce n'est que lorsque toutes les autres causes, comme les attaques de champignons ou d'insectes, ont pu être exclues que le diagnostic de « manque d'eau » est retenu.

Estimation difficile de la surface de forêt touchée

On ne sait pas encore dans quelle proportion la forêt suisse a subi des dégâts liés à la sécheresse de 2018. Les effets de cette dernière n'apparaissent pas encore dans les relevés sur l'état des forêts effectués dans tout le pays. Le monitoring des forêts réalisé chaque année en Suisse se fonde sur les 47 sites du réseau Sanasilva

« La sécheresse vient s'ajouter aux autres facteurs de stress »

M^{me} Sabine Braun dirige l'Institut de biologie végétale appliquée, chargé de mettre en œuvre le programme inter-cantonal d'observation permanente des forêts. L'institut surveille de près l'état d'environ 13 500 hêtres, épicéas et chênes sur 189 placettes réparties dans toute la Suisse. Aux dires de la spécialiste, la sécheresse les met à rude épreuve.

Quel est l'impact de la sécheresse de 2018 sur la vitalité des arbres ?

Nous avons constaté une hausse de la mortalité des arbres en été 2018 déjà, mais plus l'année 2019 avance, plus nous observons de dégâts. Un nombre surprenant d'épicéas et de hêtres, mais aussi de chênes, sont morts. Dans la vallée du Rhin, près de Coire, de vastes peuplements de pins sont également touchés.

En quoi l'année 2018 a-t-elle été exceptionnelle pour la forêt ?

Le déficit de précipitations était important dès le printemps. Je pensais auparavant que le principal effet de la sécheresse sur les arbres était de les rendre plus vulnérables aux attaques des parasites de faiblesse. Or, en 2018, des arbres adultes sont morts directement pendant la période de sécheresse. C'était la première fois que nous observions un tel phénomène. Conjointement avec le gel tardif, les hivers chauds, la fructification forte et la charge en ozone, la sécheresse contribue à la défoliation des arbres, même si cet effet est moins évident pour le chêne. En été 2018, la chute prématurée du feuillage a touché principalement le hêtre. Le chêne a conservé ses feuilles un peu plus longtemps, mais on observe aujourd'hui qu'il a néanmoins beaucoup perdu de sa vitalité.

Qu'est-ce que cela signifie pour les arbres ?

Il est essentiel de déterminer quel est l'impact des périodes de sécheresse et des températures élevées sur la vitalité des arbres par rapport aux effets d'autres facteurs, tels que les apports accrus de substances azotées ou les fortes concentrations d'ozone, ainsi qu'en combinaison avec ces facteurs. La sécheresse vient en l'occurrence s'ajouter aux autres facteurs de stress et jouera donc un rôle toujours plus important à l'avenir.

et sur les 189 placettes de l'observation intercantonale permanente des forêts. La défoliation relativement faible observée en 2018 s'explique par les conditions météorologiques. Jusqu'au début de l'été, les arbres avaient encore suffisamment d'eau à disposition, si bien que les effets de la sécheresse sur l'état des houppiers n'étaient pas encore visibles au moment des relevés. La mortalité avait cependant déjà augmenté. Sur les placettes de l'observation intercantonale permanente des forêts, la mortalité du hêtre a atteint le taux de 0,52 % (30 arbres morts, soit un arbre sur 200), ce qui représente le taux le plus élevé des 34 années d'observation, tandis que sur les placettes Sanasilva, aucune hausse de la mortalité n'a été constatée.

Après le débourrement des arbres au printemps 2019, l'étendue des dégâts dus à la sécheresse s'est faite de plus en plus évidente. Les annonces d'arbres morts ou très mal en point affluent encore de plusieurs régions. À la région bâloise se sont ajoutés par exemple l'Ajoie, dans le canton du Jura, et le canton de Schaffhouse. Certains des

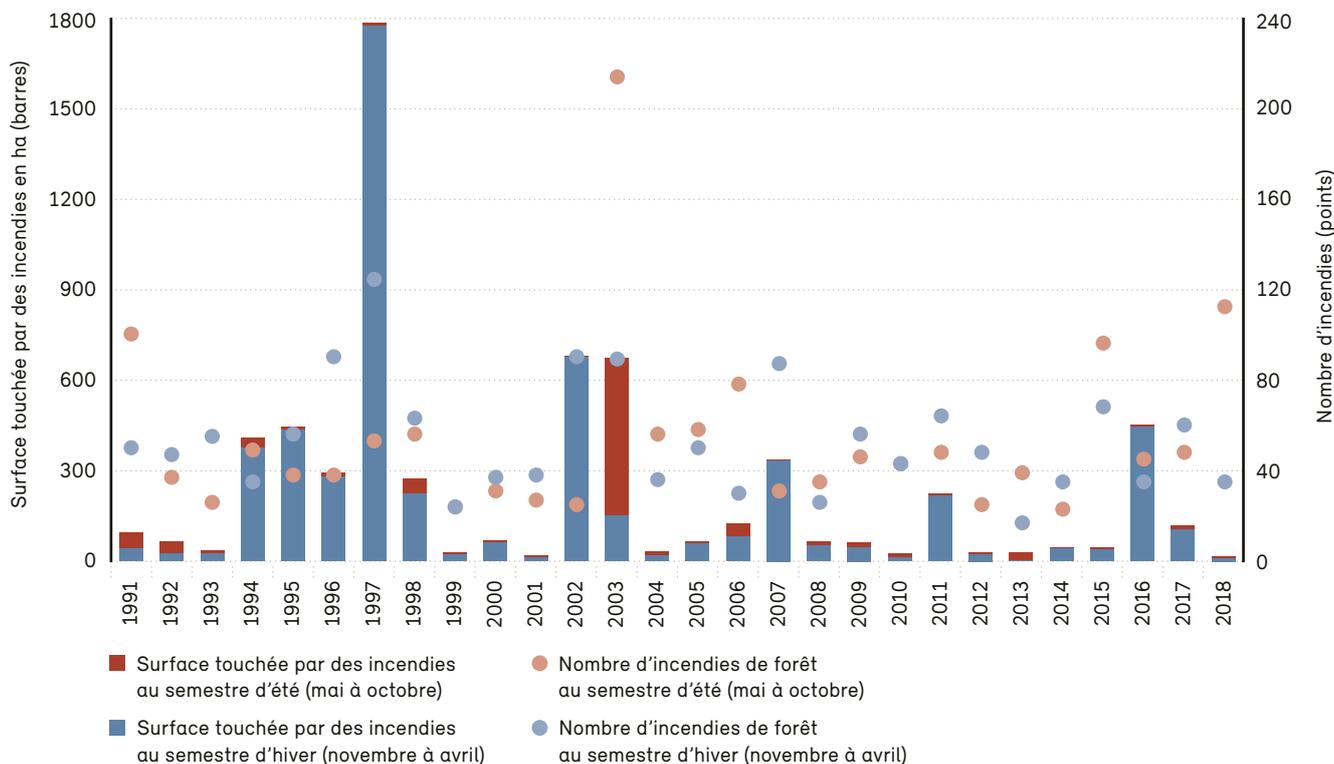
hêtres qui avaient perdu leur feuillage prématurément présentent aujourd'hui des dégâts à l'écorce, qui sont autant de portes d'entrée pour les ravageurs. En automne 2018, les spécialistes forestiers avaient jugé que la vitalité des chênes restait relativement bonne. En 2019, après le bourgeonnement des feuilles, il apparaît clairement, à maints endroits, que cette essence a également souffert. Le feuillage de certains arbres est clairsemé et l'on observe même des branches, dans la partie supérieure des houppiers, sur lesquelles aucune feuille n'a poussé. L'état des sapins blancs est également préoccupant. Dans le Jura, sur le Plateau et jusque dans les Préalpes, leurs aiguilles ont souvent pris une coloration rouge-brune ces derniers mois, et certains se dessèchent sans même avoir été attaqués par le bostryche. Il est possible que le sapin blanc souffre non seulement de l'aridité du sol, mais également de la sécheresse de l'air. Dans la perspective du changement climatique, ces nouvelles ne sont pas bonnes, car le chêne et le sapin blanc étaient considérés jusqu'ici comme des essences à même de relativement bien résister à des conditions un peu plus sèches.

Fig. 25 : En raison de la sécheresse et du risque d'incendies de forêt accru, de nombreux cantons ont formulé en juillet et en août 2018 une interdiction absolue de faire du feu en plein air



Fig. 26 : Nombre d'incendies de forêt et surface touchée en Suisse, en été et en hiver depuis 1991

Surface touchée et nombre d'incendies par saison.



Pas de gros incendies de forêt

On se souviendra en outre d'un 1^{er} août 2018 sans feux d'artifice. La plupart des autorités avaient en effet jugé que le risque d'incendie de forêt était trop élevé et les cantons ont donc pratiquement tous interdit de faire du feu en plein air ou à proximité des forêts. Les compétences en la matière sont certes réglées différemment d'un canton à l'autre, mais les cantons voisins tendent à se coordonner, de manière à éviter de créer un patchwork de règles hétéroclites, difficiles à observer par la population. Les restrictions relatives à l'allumage de feux sont généralement bien respectées. Leur acceptation a en outre été facilitée en 2018 au vu des événements survenus en Grèce – où un incendie de forêt s'est propagé à une zone d'habitation, faisant près d'une centaine de victimes – et des incendies considérables qui ont ravagé les forêts suédoises.

Les mesures de prévention se sont révélées efficaces. Les données de Swissfire, la banque de données suisse des incendies de forêt gérée par le WSL, montrent que

notre pays a connu 149 sinistres en 2018. C'est certes davantage que la moyenne des années 2000 à 2018 (108,5 incendies), mais la surface concernée, soit près de 15,6 hectares (dont 14,5 de forêt), est nettement inférieure à la moyenne annuelle enregistrée durant cette même période, qui s'élève à 164,5 hectares (dont 116,3 de forêt). En 2018, le plus gros incendie de forêt s'est déclaré au mois d'avril sur les hauteurs de La Neuveville, au bord du lac de Bière. Il a détruit environ cinq hectares de forêt (encadré, p. 51).

Durant la sécheresse de 2015, les incendies de forêt ont été plus nombreux qu'en 2018. Leur surface totale était en outre plus de cinq fois supérieure et se situait à près de 80 % dans les cantons du Tessin et des Grisons. Pour ce qui est des indications de surface, il convient de souligner qu'un seul gros incendie peut avoir un très grand effet sur les statistiques. En 2003, par exemple, quelque 673 hectares de forêt étaient partis en fumée, dont plus de 95 % dans les cantons du Valais, du Tessin et des Grisons. Près de la moitié se situait en outre dans le seul

Prévention et lutte contre les incendies de forêt

Au sud des Alpes et dans les régions sèches des Alpes centrales, les incendies de forêt sont un sujet de préoccupation de longue date. Jusqu'ici relativement épargnés par les gros sinistres, les cantons situés au nord des Alpes peuvent bénéficier de l'expérience du Tessin, des Grisons et du Valais.

Le canton du Tessin est celui qui possède le plus grand savoir-faire en matière de gestion des incendies de forêt. Il a notamment édicté, en 1990, une interdiction générale de faire du feu en plein air – par exemple pour brûler des déchets de jardin ou des branches – au-dessous de 600 mètres d'altitude. Cette mesure, qui avait aussi été prise pour des raisons de protection de l'air, s'est révélée très efficace. Au-dessus de 600 mètres d'altitude, faire du feu reste possible, mais nécessite une autorisation de la commune. À la suite de cette interdiction, le nombre d'incendies de forêt a nettement diminué, de même que la surface totale touchée par les sinistres. En cas de risque accru, le canton édicte une interdiction absolue de faire du feu en plein air, y compris pour des grillades. L'évaluation du risque d'incendie de forêt est du ressort des collaborateurs de la section forestière du Département du territoire. Les interdictions de faire du feu sont communiquées dans les médias.

Selon M. Roland David, inspecteur cantonal des forêts, le Tessin n'a subi qu'un nombre limité d'incendies de forêt en 2018. Il y avait eu assez de précipitations au printemps pour que la forêt ne commence vraiment à s'assécher qu'en automne. L'hiver 2016/2017 et l'année 2017 avaient par contre été extrêmement difficiles. Sur le versant sud des Alpes, la plupart des incendies de forêt se déclarent en hiver et au printemps, quand la litière de feuilles a séché et que la végétation n'a pas encore reverdi. Une plus grande sécheresse estivale pourrait cependant se traduire par un déplacement du pic des incendies de forêt en été. Roland David estime qu'outre la prévention, la clé d'une gestion efficace des incendies de forêt est principalement la formation et l'expérience des sapeurs-pompiers appelés à intervenir. S'y ajoutent une bonne infrastructure, avec accès à l'eau d'extinction, ainsi que le recours aux hélicoptères dans les zones escarpées.

Dans le canton de Berne, la problématique des incendies de forêt relève de la compétence de la division Dangers naturels de l'Office des forêts (OFOR). En novembre 2018, la division a présenté un modèle de mise en œuvre de la gestion des incendies de forêt. Ce modèle règle les compétences en la matière ainsi que la collaboration entre les partenaires concernés, comme la police, les sapeurs-pompiers, l'assurance immobilière et l'Office de la sécurité civile. Il définit également les mesures applicables à partir de 2019 dans les domaines de la prévention et de la maîtrise des incendies ainsi que de la régénération des surfaces sinistrées. L'un des principaux éléments de ce modèle est l'évaluation du risque d'incendie de forêt à l'aide d'un logiciel spécifique, dont les analyses reposent à la fois sur des données météorologiques et sur les observations faites sur le terrain. Les cantons de Bâle-Ville, de Bâle-Campagne, du Jura et de Soleure en profitent également.

En 2018, le canton de Berne a subi 72 incendies de forêt. Selon M. Christian Pfammatter, responsable du service spécialisé Gestion des incendies de forêt auprès de l'OFOR, la plupart n'ont pas dépassé 100 m² et ont pu être rapidement maîtrisés. Onze sinistres se sont étendus sur une surface comprise entre 100 et 3000 m². Celui qui s'est déclaré le 18 avril 2018 au-dessus du vignoble de La Neuveville, au bord du lac de Biemme, a par contre détruit cinq hectares (50 000 m²) de forêt. Il s'agit de loin du plus gros sinistre de ces dernières années. Son extinction a nécessité l'engagement de plus de 70 pompiers et de deux hélicoptères. Christian Pfammatter relève que depuis quelques années, le corps des sapeurs-pompiers bernois accorde une attention particulière à la question des incendies de forêt. Dans les régions à risque, ses membres ont suivi des formations spéciales et sont dotés de tout l'équipement nécessaire. C'est ce qui expliquerait – outre la prévention – que le nombre de gros incendies de forêt enregistré en 2018 est moins élevé que les années précédentes. Le canton de Berne est en outre très bien informé de tous les incendies de forêt et de campagne, car les annonces de sinistres parvenant à la centrale d'appels d'urgence sont systématiquement communiquées à l'OFOR.

canton du Valais, avec notamment l'énorme incendie de Loèche, qui s'était propagé sur environ 300 hectares.

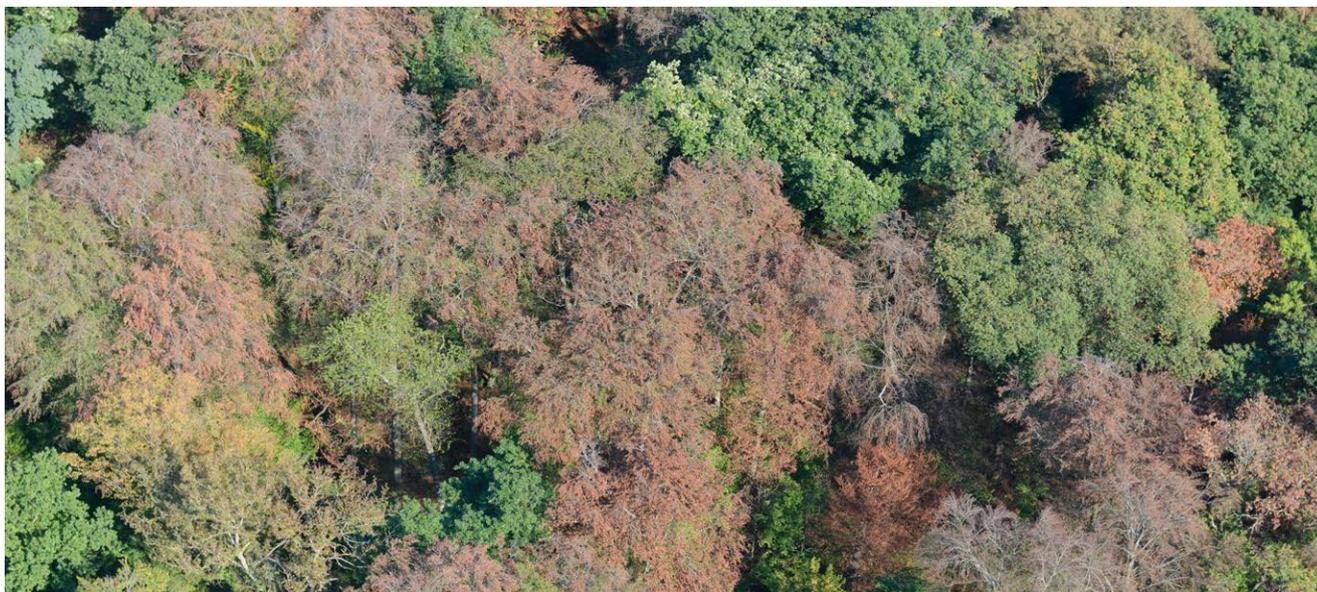
Nouveaux défis

Les responsables cantonaux sont conscients du fait que le risque d'incendie de forêt devient un défi sur le versant nord des Alpes également. Les sapeurs-pompiers doivent s'attendre à des incendies de forêt et de campagne à la fois plus nombreux et plus graves. Ils doivent donc s'y préparer et s'équiper en conséquence (encadré, p. 51). Enfin, la prévention va encore gagner en importance à l'avenir.

Le changement climatique et la sécheresse accrue qui en résulte, avec ses effets sur la forêt et sur les différentes essences qui la composent, occupent les services forestiers et les milieux scientifiques depuis un certain temps déjà. Or les événements extrêmes sont toujours l'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances. Le WSL a donc lancé une initiative comptant pas moins de treize sous-projets visant à analyser la sécheresse de 2018. <https://www.wsl.ch/fr/a-propos-du-wsl/programmes-et-initiatives/initiative-secheresse-du-wsl-2018.html>

Zoom sur

Bâle



Houppiers asséchés, principalement de hêtres, fin août 2018 dans la forêt de la Hard, près de Bâle.

En juillet 2018, la région de Bâle a commencé à diffuser des annonces pour signaler que des arbres forestiers seraient touchés par la sécheresse. Dans la Hard près de Birsfelden, les conséquences ont été manifestes. En ville de Bâle, il a fallu arroser les jeunes arbres.

Située en bordure de la ville de Bâle, la Hard est un lieu d'excursion très apprécié. Depuis le restaurant qui surplombe le Rhin, les visiteurs peuvent observer les cargos manœuvrant en direction du Auhafen (commune de MuttENZ), le port le plus en amont des trois ports de Bâle.

Rupture de branches

Christian Kleiber, forestier de triage, pointe du doigt un chêne d'une taille impressionnante. En juillet 2018, une de ses épaisses branches a cassé sans raison apparente. L'incident s'est produit tout juste à côté de l'aire de jeux pour enfants, à deux pas du restaurant. On a alors tiré le signal d'alarme chez Christian Kleiber, responsable notamment de la Hard dans sa fonction de forestier de la bourgeoisie de Bâle.

Ueli Meier, responsable de l'office des forêts des deux Bâle, a remarqué en juillet 2018 des changements à très court terme dans les feuillages des hêtres. Peu après,

d'autres forestiers de la région lui ont fait part d'observations similaires. Les feuilles des hêtres se sont en partie desséchées et certaines branches, encore vertes, ont cassé. Ueli Meier explique que, pour les emplacements en forêt très populaires comme les espaces de repos, les forestiers contrôlent les arbres chaque printemps. Dans la commune de Riehen, le forestier de triage compétent aurait même cherché conseil auprès d'un expert pour un site exposé. Selon lui, une branche a cassé à cet emplacement alors que l'évaluation du mois d'avril n'avait relevé aucun problème.

Le 23 juillet 2018, l'office des forêts des deux Bâle a diffusé un communiqué de presse pour informer des dégâts que la sécheresse avait infligés aux arbres forestiers et des risques en découlant pour la population. Les services forestiers et les propriétaires de forêts sont sensibilisés à ce type de problèmes, car un cas similaire (une branche cassée tombée sur un espace de repos) avait entraîné une procédure judiciaire dans le canton de Bâle-Campagne il y a quelques années. La responsabilité morale s'applique dans tous les cas, bien qu'en l'occurrence le tribunal cantonal ait estimé qu'on ne pouvait pas reprocher à la bourgeoisie, propriétaire de la forêt, de n'avoir pas suffisamment entretenu les lieux.

Dégâts importants dans la Hard

Dans la région de Bâle, la sécheresse de 2018 n'a pas frappé toutes les forêts avec la même intensité. Si certaines zones ont bénéficié d'orages, d'autres ont régulièrement vu les perturbations les effleurer. « La Hard est située dans la zone d'influence d'un vent appelé Möhlin-Jet », explique Christian Kleiber. Si ce vent souffle de la vallée de Frick en direction de Bâle en passant par la ville de Möhlin, les orages se sont abattus en Argovie, dans la Forêt noire ou en France.

Au printemps 2018, de nombreux arbres ont fleuri abondamment. Cette situation extraordinaire pourrait s'être produite en réaction au gel tardif d'avril 2017. Les arbres nécessitent de nombreuses ressources pour faire pousser leurs fruits (faînes et glands). La diminution progressive des ressources hydriques en juillet n'a pas été sans conséquences. Christian Kleiber estime que les feuilles sont tombées ou ont séché sur quelque 40 % des surfaces de la Hard. La moitié des arbres pourraient périr. Les dégâts concernent également les résineux. « Nous abattons les arbres qui représentent un danger pour les personnes en forêt », explique Christian Kleiber.

Le mois de mai 2019 a confirmé la mort de nombreux arbres. La bourgeoisie de Bâle et les communes de Birsfelden et de Muttenz ont donc décidé d'interdire provisoirement l'accès à une grande partie de la Hard pour des raisons de sécurité. La région a toutefois une chance dans son malheur : l'exploitation forcée permet de promouvoir, voire d'introduire, des essences mieux adaptées aux conditions climatiques futures, telles que le chêne à fleurs sessiles, le châtaignier, le noyer, le cormier domestique et l'érable à feuilles d'obier.

Davantage d'arrosages pour les arbres en ville

Les arbres à Bâle ont également souffert de la sécheresse. « Nous installons des panneaux pour informer les utilisateurs des parcs que des branches peuvent casser sans signe précurseur », explique Yvonne Aellen, en charge de l'entretien des espaces verts au service des parcs. « Nous souhaitons éviter de fermer totalement l'accès aux parcs, car les espaces verts sont populaires justement en période de canicule. »

Ce sont avant tout les jeunes arbres qui ont bénéficié d'arrosages intensifs durant la sécheresse. Selon Yvonne Aellen, il est moins aisé de fournir de l'eau aux arbres plus anciens. Souvent, on ne sait même pas où leurs racines puisent leur eau. Les arbres aux abords des routes disposent d'un volume de terre plutôt restreint. Ceux des parcs, en revanche, ont plus de place pour développer leurs racines et profitent en général aussi de l'arrosage des pelouses. Un arbre de grande taille perd plusieurs centaines de litres d'eau chaque jour par évaporation.

Bâle s'approvisionne en eau potable principalement dans le Rhin. L'eau du fleuve s'infiltre dans deux régions forestières (la Hard et le parc Lange Erlen) et alimente les eaux souterraines qui sont traitées pour être potables. Les racines des arbres de la Hard atteignent les galets de basse terrasse, mais non les eaux souterraines.

Bâle dispose d'eau en quantité suffisante pour irriguer les arbres, mais les coûts ne sont pas négligeables. L'eau doit être utilisée avec parcimonie dans une optique d'économie des ressources. Quoi qu'il en soit, l'eau d'arrosage est réinjectée dans le cycle hydrologique et les arbres contribuent, grâce à l'évapotranspiration, à améliorer le climat en ville. Yvonne Aellen précise néanmoins que l'arrosage des arbres en ville ne fait pas l'unanimité au sein de la population.

Yvonne Aellen constate cependant une certaine prise de conscience ces dernières années quant à l'importance des espaces verts en ville. Il est aujourd'hui clairement admis que les espaces verts procurent un effet de fraîcheur l'été. Il est essentiel de protéger certains arbres, en particulier les spécimens anciens et de grande taille.

Il faut en outre souvent protéger les arbres nouvellement plantés contre le fort rayonnement solaire. De plus en plus souvent, une couche de peinture blanche est appliquée sur les troncs, qui disparaîtra au fil de la croissance des végétaux. Autrefois, on utilisait des nattes en roseaux, retirées après les cinq premières années de croissance. Cette technique était problématique, car l'écorce se retrouvait soudainement sans protection et ne pouvait pas s'habituer progressivement à l'exposition au soleil. De nombreux troncs accusaient donc des dégâts dus à la nécrose engendrée par les rayons du soleil.

Faune et flore

Si l'eau est indispensable à l'ensemble des êtres vivants, toutes les espèces ne présentent pas la même vulnérabilité face à une sécheresse persistante. Ainsi, les espèces ayant besoin de milieux naturels humides ou vivant dans l'eau ont été les plus touchées pendant la canicule et la sécheresse de l'été 2018. De nombreuses espèces de poissons ont souffert des températures élevées de l'eau. D'autres espèces ont mieux tiré leur épingle du jeu face à la sécheresse. Le tableau est nuancé chez les papillons diurnes, tandis que les cigognes ont profité du temps sec.

Le climat et les événements extrêmes exercent une influence sur la vie, la reproduction et la répartition des animaux, des végétaux et des champignons. Pour survivre aux changements climatiques ainsi qu'à l'évolution des conditions extrêmes (ampleur et fréquence) telles que la sécheresse, les espèces doivent s'adapter et peuvent être amenées à quitter leur milieu natu-

rel, qui ne correspond plus à leurs besoins. Quand ils le peuvent, les individus des espèces touchées par ces changements essaient alors de trouver et de coloniser d'autres milieux naturels.

Les changements qui s'opèrent dans les milieux naturels et les espèces, ainsi que les adaptations de ces dernières induites par le réchauffement climatique ou la multiplication d'événements extrêmes ne peuvent généralement être mis en évidence que par de longues séries d'observations. Les variations de tailles de population d'une année à l'autre sont, dans une certaine mesure, normales. Des conditions météorologiques extrêmes, qu'il s'agisse du froid, de l'humidité ou de la sécheresse, peuvent décimer des populations. Il est particulièrement grave qu'un événement extrême et défavorable pour une espèce en particulier survienne au cours d'une phase importante de son cycle de reproduction. Toutefois, si suffisamment d'individus survivent, une population peut se rétablir. En revanche, si une espèce disparaît d'un lieu donné, elle doit d'abord le recoloniser.

Fig. 27 : Pêche de sauvetage par les gardes-pêches dans le Ballenbach près d'Escholzmatt, Lucerne, pour replacer les truites de rivière dans des cours d'eau à proximité



Assèchement des cours d'eau

Pendant l'été 2018, les espèces aquatiques ou tributaires de milieux naturels humides ont été plus fortement affectées que celles résistantes à la sécheresse. Ce phénomène avait déjà été constaté au cours des étés 2003 et 2015. Les expériences faites ces années-là ont profité aux organisations et aux services cantonaux de protection de la nature. Identifiés, les milieux naturels qui tendent à s'assécher faute de précipitations ont été surveillés en conséquence.

Les cantons de Lucerne et de Schaffhouse ont signalé que certaines espèces d'amphibiens frayant assez tardivement ont rencontré des problèmes de reproduction, comme le sonneur à ventre jaune ou le crapaud accoucheur. Jamais par le passé, les petits cours d'eau ne s'étaient asséchés d'une telle manière. Or les amphibiens ont des besoins bien particuliers, car leur milieu naturel est à la fois terrestre et aquatique.

Pression sur les poissons

Chez les poissons, la canicule et la sécheresse sont clairement problématiques. Il en va de même des températures élevées de l'eau, qui soumettent à un stress accru la plupart des espèces de salmonidés (ombres et truites), qui vivent dans l'eau froide. Plus la température est élevée, plus le métabolisme des poissons s'accélère et les besoins en oxygène augmentent. Or la teneur en oxygène de l'eau diminue lorsque monte la température. Les poissons voient leur vie menacée à partir de 25 degrés et sont aussi plus sujets aux maladies dans des eaux chaudes.

Comme le montre une enquête menée auprès des services cantonaux de la pêche, presque tous les cantons considèrent que la canicule et la sécheresse de l'été 2018 ont eu des répercussions négatives sur les populations de poissons et d'écrevisses. Ils estiment également, à l'exception des cantons de Soleure et de Neuchâtel, que ces conséquences sont plus graves dans les cantons du Plateau et du Jura que dans les cantons de montagne. Selon les spécialistes, les faibles débits combinés aux températures élevées de l'eau constituent le principal problème. Si des débits bas peuvent être particulièrement problématiques dans les petits cours d'eau, les grands cours d'eau souffrent également de températures trop hautes. Certains cantons de montagne font également état d'importants apports en sédiments fins dans les eaux en raison de la forte fonte des glaciers. En effet, les eaux libérées comportent beaucoup de limon. Or des eaux troubles peuvent avoir des effets néfastes sur les êtres vivants aquatiques.

À l'exception du canton de Zurich, la plupart des cantons fortement touchés par la sécheresse ont restreint l'utilisation de l'eau à partir du mois de juillet (chap. «Gestion des eaux», p.34). Quelque 19 cantons ont procédé à des pêches électriques de sauvetage sur une distance totale d'environ 400 km. Les cantons de Berne, de Lucerne, de Schaffhouse, de Saint-Gall, de Thurgovie et de Zurich ont fait de même, chacun sur plus de 10 km. Avec 120 km, Zurich arrive en tête, suivi des cantons de Berne (72 km)

Tab. 4: Pêche de sauvetage dans les cantons

La longueur totale des tronçons ayant fait l'objet d'une pêche de sauvetage s'élève à quelque 400 km.

Canton	en km
Zurich	120,00
Berne	72,00
Thurgovie	70,00
Lucerne	30,00
Schaffhouse	15,00
Saint-Gall (vallée du Rhin)	10,00
Bâle-Campagne	6,10
Zoug	5,30
Grisons	5,00
Jura	2,70
Appenzell Rhodes-Extérieures	2,50
Genève	2,30
Obwald	2,30
Vaud	2,00
Argovie	1,60
Tessin	0,78
Glaris	pêche ponctuelle
Neuchâtel	pêche ponctuelle
Appenzell Rhodes-Intérieures	0
Bâle-Ville	0
Fribourg	0
Nidwald	0
Soleure	0
Uri	0
Valais	0

et de Thurgovie (70 km). La pêche électrique entraîne un stress pour les poissons, sans compter que d'autres espèces piscicoles vivent déjà dans le nouveau milieu naturel. C'est donc tout un habitat qui se retrouve alors chamboulé. On sait peu de choses sur l'efficacité des pêches de sauvetage et des déplacements de poissons. Seuls 10 % des responsables cantonaux estiment que ces mesures sont efficaces pour protéger les populations piscicoles, tandis que 65 % émettent des réserves et que 25 % vont jusqu'à les considérer plutôt contreproductives voire négatives. Ces derniers sont d'avis que le sauvetage

des poissons est principalement motivé par des raisons sociopolitiques. Quatre cantons disposent d'une stratégie de gestion des eaux piscicoles en cas de sécheresse, et sept autres cantons sont en train d'en élaborer une.

Mortalité piscicole dans le Rhin

Sur la base des expériences faites durant la canicule de 2003, le canton de Schaffhouse a élaboré un plan d'urgence pour les poissons du Rhin. À l'époque, 90 % de la population d'ombres avaient été décimés. Ce plan a déjà été appliqué en 2015 et les autorités l'ont réactivé durant

« Ces situations exceptionnelles vont devenir de plus en plus fréquentes »

En tant qu'adjoint à la pêche du canton de Zurich, M. Lukas Bammatter n'a pas chômé durant l'été 2018. Au cours de cet entretien, il évoque les pêches de sauvetage et les mesures visant à améliorer la situation des poissons.

Quel bilan tirer des pêches de sauvetage dans le canton de Zurich ?

Nous avons procédé à des pêches de sauvetage sur 200 tronçons de cours d'eau, pour une longueur d'environ 120 kilomètres, soit bien plus qu'en 2003 et en 2015. Nous n'avons encore jamais vécu une telle situation auparavant.

À quoi faut-il veiller lors de ces pêches ?

D'une manière générale, il ne faut envisager les pêches de sauvetage qu'en dernier recours. En effet, celles-ci génèrent du stress supplémentaire pour les poissons déjà affaiblis. De plus, il faut trouver à ces espèces un nouvel habitat dans le même bassin versant, idéalement dans les mêmes eaux, et à un endroit où les quantités d'eau sont suffisantes. Nous ne savons malheureusement pas précisément si ces actions sont efficaces. Mais nous n'avons aucune autre alternative, si ce n'est de regarder mourir les poissons.

Ces actions vont-elles maintenant devenir la norme ?

Il est à craindre que ces situations exceptionnelles deviennent de plus en plus fréquentes. Avec le concours des cantons de Saint-Gall, de Thurgovie et d'Argovie, nous souhaitons élaborer un manuel pour la gestion des eaux

piscicoles en cas de sécheresse, lequel constituerait également une stratégie d'intervention.

Est-il déjà possible de chiffrer les conséquences de la canicule 2018 pour les poissons ?

Cet hiver, nous avons effectué, à titre de test, deux sessions de pêche de dix jours dans le Rhin avec des pêcheurs expérimentés. Ces derniers n'ont trouvé que quatre ombres, qu'ils ont bien entendu relâchés. Nous n'aurons une idée plus précise des spécimens aptes à la reproduction que début mai, en comptant les larves d'un à deux centimètres. Nous effectuons ces recensements chaque année depuis 2010 sur certains tronçons à faible courant proches du rivage.

Comment améliorer la situation ?

Nous pouvons ponctuellement améliorer certains milieux naturels en tenant davantage compte des périodes sèches et chaudes. En amont d'Ellikon, des eaux souterraines de pente relativement fraîches parviennent dans le Rhin, mais ne profitent aujourd'hui quasiment pas aux poissons. Nous entendons donc faire en sorte, au moyen de mesures de construction, que cette eau froide d'environ 15 °C s'accumule de sorte à ce que les poissons puissent s'y réfugier. Nous supposons également que les débits de certains cours d'eau ont baissé, car des quantités toujours plus importantes d'eaux souterraines et d'eaux de sources sont utilisées ou directement prélevées des cours d'eau. Cette hypothèse pourrait aussi expliquer la raréfaction des écrevisses dans certains ruisseaux.

l'été 2018. Il prévoit notamment la création de zones d'eau fraîche aux embouchures des affluents du Rhin (« Zoom sur Schaffhouse », p. 77). Malgré tout, des cas de mortalité piscicole ont de nouveau été relevés à partir du mois d'août. Chez les ombres, les individus jeunes et âgés ont survécu aux endroits protégés. La réduction réelle des populations d'ombres et de truites est actuellement en cours de clarification. À titre de mesure d'urgence, les cantons de Schaffhouse, de Thurgovie et de Zurich ont déjà décrété fin septembre 2018 un moratoire sur la pêche de l'ombre. Il s'applique également aux truites sur certains tronçons thurgoviens et schaffhousois du Rhin.

Un stress accru en raison des activités de loisirs

Pendant les journées chaudes et ensoleillées, les activités de loisirs aux abords et dans les cours d'eau battent leur plein. Durant l'été 2018, les autorités ont appelé la population à faire attention aux poissons et aux autres espèces qui évoluent dans les milieux aquatiques. Les zones de repli particulièrement sensibles ont été signalées à l'aide de bandes de marquage. Une interdiction de baignade a été prononcée dans la Birse et la Wiese, près de Bâle, afin de protéger les poissons ayant fui les eaux chaudes du Rhin pour gagner celles un peu plus fraîches de ses affluents.

La population prend également plaisir à passer du temps sur les rives. Mais sa présence ne dérange pas que les oiseaux d'eau. En effet, il est devenu très rare d'observer, dans une réserve naturelle rhénane du canton de Schaffhouse, des couleuvres à collier étendues au soleil sur des rochers du rivage.

Tableau contrasté chez les papillons diurnes

Les effets de l'été 2018 sur le groupe des papillons diurnes ont été analysés plus précisément dans le cadre du monitoring de la biodiversité en Suisse, qui étudie depuis 2001 l'évolution de la biodiversité. Les papillons diurnes (parmi eux figurent bon nombre de papillons multicolores) sont d'excellents indicateurs biologiques, car leur température corporelle et leurs activités dépendent de la température de leur environnement. Les papillons diurnes réagissent donc tout autant aux événements climatiques, qu'ils soient à court terme ou à long terme. Ils volent généralement davantage par temps chaud et ensoleillé, et préfère s'abriter lorsqu'il fait froid ou humide.

Le tristan (*Aphantopus hyperantus*) semble avoir profité des températures estivales. En 2003, en 2015 et en 2018, son cycle de développement comptait environ deux semaines d'avance. Sa population a atteint son pic dès la fin juillet, avec un nombre d'individus supérieur à la moyenne. L'été 2018 a aussi été bénéfique à l'argus bleu (*Polyommatus icarus*), dont le développement a connu une troisième génération supplémentaire en raison du beau temps. Les populations du moyen nacré (*Argynnis adippe*) ont également enregistré une forte hausse de leurs effectifs. Le nombre d'individus déjà élevé en 2003 et en 2015 a plus que doublé en 2018. Par ailleurs, certaines espèces se sont aussi déplacées en altitude.

Les espèces n'ont cependant pas toutes tiré profit des températures plus élevées et de la sécheresse estivale. Les perdantes sont surtout les espèces vivant dans les zones humides et celles des milieux naturels alpins. Ainsi, en 2018, le nombre de chamoisés des glaciers (*Oeneis glacialis*) n'avait jamais été aussi bas. Le petit apollon (*Parnassius phoebus*) a, lui aussi, été touché par la canicule. En 2018, cette espèce endémique des Alpes avait disparu en dessous de 1750 mètres et n'était observée qu'en haute altitude. Cependant, davantage d'individus ont été dénombrés sur les sites les plus élevés qu'au cours des années précédentes, ce qui indique un repli en haute altitude.

Un impact aussi positif

Le temps sec a profité à de nombreuses espèces d'oiseaux pendant la période de reproduction et d'élevage des oisillons. Les cigognes, notamment, ne sont pas en reste. Dans la vallée du Rhin saint-galloise, les cigogneaux ont atteint un nombre record pendant l'été 2018. Par ailleurs, les bostryches ont creusé des galeries dans les épicéas affaiblis et s'y sont multipliés, ce qui a servi les pics. Les arbres dépérissants et le bois mort ont, à leur tour, joué un rôle primordial pour de nombreux insectes et champignons.

Le bilan de la canicule 2018 montre un tableau mitigé, et il n'est pas encore possible d'identifier ou d'en mesurer tous les effets. Les milieux naturels intacts et en réseau sont indispensables à la survie de nombreuses espèces, car ils permettent aux individus de trouver un refuge et de subsister pendant une année néfaste avant de recoloniser leur milieu naturel d'origine.

Production d'électricité

Sur l'ensemble de l'année 2018, la baisse de la production d'hydroélectricité est restée limitée par rapport à la moyenne pluriannuelle. Si les débits et donc la production d'électricité ont été supérieurs à la moyenne au premier semestre, des manques à produire importants ont été enregistrés durant le second semestre. Les petites installations hydroélectriques ont été les plus touchées par les effets de la sécheresse. En revanche, l'année a été bonne pour les exploitants d'installations d'énergie solaire.

D'après la Statistique de l'électricité de la Confédération, la production nette totale d'électricité suisse s'inscrit, en 2018, légèrement au-dessus de la moyenne de ces dix dernières années. S'agissant de l'électricité issue de la force hydraulique, la production n'a enregistré qu'une baisse de 0,8 % par rapport à la moyenne décennale. Selon ces mêmes statistiques, elle a été plus importante en 2015, année marquée par des épisodes de sécheresse, qu'en 2018 et a atteint son minima en 2011, en raison d'un printemps très sec. Cette année-là, la production d'électricité était en effet de plus de 10 % inférieure à la moyenne sur dix ans.

La force hydraulique comprend des centrales à accumulation et des centrales au fil de l'eau. Si ces dernières sont directement influencées par l'eau qui s'écoule, les centrales à accumulation, elles, sont situées plus en altitude, souvent dans des bassins versants proches de glaciers. Lorsque les hautes températures estivales font fondre les glaciers, l'eau libérée est disponible pour la production électrique et peut compenser le manque de précipitations (encadré, p. 60).

Mauvais second semestre pour les centrales au fil de l'eau

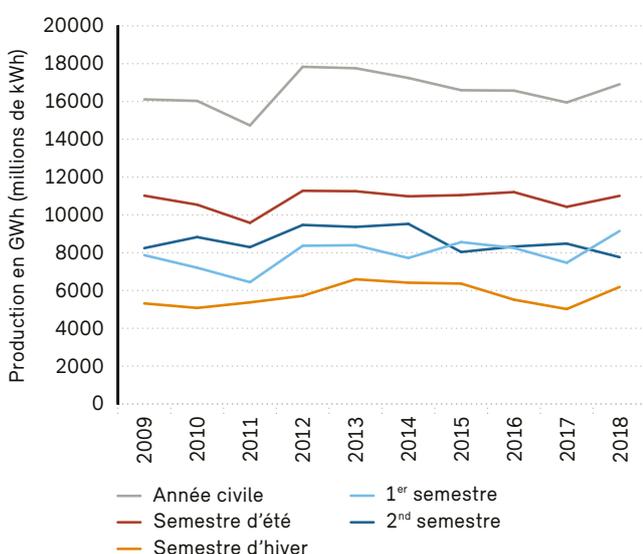
En 2018, la production totale d'électricité des centrales au fil de l'eau a été légèrement supérieure à la moyenne de ces dix dernières années. Toutefois, de nettes différences sont apparues entre le premier et le second semestre. Si, en comparaison pluriannuelle, la production était supérieure à la moyenne (+15 %) jusqu'en juin 2018, elle était 10 % en deçà au cours du second semestre. Il s'agissait de la plus faible production d'électricité relevée ces dix dernières années auprès des centrales au fil de l'eau au cours d'un second semestre.

Fig. 28 : L'Emme à hauteur du captage de Schalunen desservant la centrale Hagerhüsli à Bätterkinden, Berne, 20 juillet 2018



Fig. 29 : Production d'électricité des centrales au fil de l'eau de 2009 à 2018

Le meilleur résultat des dix dernières années a été réalisé au premier semestre 2018 et le pire, au second semestre. Année civile, semestre d'été (d'avril à septembre), semestre d'hiver (d'octobre à décembre de l'année précédente ainsi que de janvier à mars de l'année suivante), 1^{re} moitié de l'année (de janvier à juin), 2^e moitié (de juillet à décembre).



L'association Aare-Rheinwerke donne un bon aperçu de la production d'électricité sur les grandes rivières suisses. Les 33 centrales hydroélectriques du Rhin, de l'Aar, de la Limmat et de la Reuss représentent environ un quart de la production hydroélectrique totale de la Suisse. En 2018, leur production brute s'est élevée à 7342 gigawattheures (GWh), soit légèrement en dessous des 7594 GWh de 2017, et a atteint environ 92 % de la moyenne sur dix ans. Cet écart n'est pas excessif puisqu'il peut atteindre 20% (de hausse ou de baisse) lors d'années particulièrement humides ou sèches.

Le fait que les grandes centrales au fil de l'eau aient réalisé un résultat relativement bon malgré la sécheresse de l'été et de l'automne s'explique par les débits élevés du premier semestre. En effet, reporter la production d'électricité de l'été en l'hiver est positif, car la Suisse exporte de l'électricité en été, tandis qu'elle est tributaire des importations en hiver. Il est donc bénéfique pour ces centrales de disposer davantage d'eau en hiver et au printemps plutôt qu'en été, où il y a suffisamment de courant disponible à l'échelle de l'Europe.

En Suisse orientale, les précipitations se sont faites très rares et les cours d'eau ont affiché de faibles débits, entraînant ainsi d'importantes pertes de production. Selon une analyse approximative portant sur deux centrales au fil de l'eau, la production de l'année 2018 a été de 20 à 25 % inférieure à la moyenne pluriannuelle.

Conséquences notables pour les petites installations hydroélectriques

Les petites installations hydroélectriques d'une puissance inférieure à un mégawatt (MW) ont subi de lourdes pertes (chap. «Gestion des eaux», p.34). La production annuelle d'électricité des petites installations hydroélectriques ayant une puissance mécanique brute moyenne inférieure ou égale à 10 MW est recensée dans le cadre de la rétribution à prix coûtant (RPC). Fait étonnant, on ne constate à première vue aucune différence substantielle en comparant les productions de 2017 et de

Contribution des glaciers à la production hydroélectrique

Les glaciers jouent un rôle primordial dans la production d'hydroélectricité de la Suisse. Il faut donc tenir compte des changements induits par leur recul prévu au cours des prochaines décennies. Une équipe de chercheurs du centre de compétence suisse pour la recherche énergétique (Swiss competence center for energy research – supply of electricity; SCCER-SoE) a récemment cherché à savoir à combien se monte la contribution de l'eau issue de la fonte des glaciers dans la production hydroélectrique suisse, ainsi que son évolution jusqu'à la fin du 21^e siècle. D'après ses estimations, la perte de volume des glaciers a contribué, depuis 1980, à 3 à 4 % de la production hydroélectrique suisse (1000 à 1400 GWh/an) et continuera d'alimenter les centrales hydroélectriques du pays. D'ici la fin du 21^e siècle, la part de production hydroélectrique qui en découlera directement baissera toutefois de 1000 GWh/an à environ 400 GWh/an.

Source :

www.sccer-soe.ch/en/news/blog/gletscher-wasserkraft

2018. Toutefois, les conséquences des mois à faibles précipitations ressortent distinctement si l'on ne tient compte que des installations affichant une puissance inférieure à 1 MW, des centrales au fil de l'eau et de celles à dérivation (et non pas des centrales de dotation, sur eaux usées et sur eau potable).

Par ailleurs, de grandes disparités apparaissent au niveau régional. Ainsi, les petites installations hydroélectriques des cantons de Thurgovie, de Zurich, de Schwyz, de Zoug et de Fribourg ont été très fortement touchées (-20 à -30%), tandis que celles des cantons d'Argovie et de de Lucerne ont enregistré de plus faibles pertes (-10 à -20%).

La faible production des petites installations hydroélectriques en de nombreux endroits a soulevé le problème des engagements pris par certains exploitants vis-à-vis de la Confédération. En effet, lors de la rénovation et de l'agrandissement de leurs installations, certains exploitants avaient convenu d'une production minimum, qui, si elle n'était pas atteinte, entraînerait le remboursement de la RPC. Cependant, lorsque cette disposition a été durcie dans le cadre de

la modification de l'ordonnance sur l'énergie en 2018, il n'était pas question d'un été aussi sec. Entre-temps, le Conseil fédéral a une nouvelle fois remanié l'ordonnance correspondante. Ainsi, la RPC est également versée si l'exploitant d'une installation ne peut respecter la production minimum convenue en raison de périodes de sécheresse survenant pendant, au plus, un tiers de la durée de rétribution.

Une année florissante pour l'énergie solaire

Les exploitants d'installations photovoltaïques ont enregistré en 2018 des performances satisfaisantes (encadré, p. 62). Depuis 1993, le laboratoire de photovoltaïque de la Haute école spécialisée bernoise mesure la production et la puissance d'installations sélectionnées en Suisse. Les résultats de ces mesures confirment la production d'électricité relativement élevée du semestre d'été 2018. Les installations du Mont Soleil et de Burgdorf ont affiché des valeurs supérieures à la moyenne en avril, en juillet, en août, en septembre et en octobre. Toutefois, sur une base annuelle, 2018 n'a pas été une année record pour la photovoltaïque en raison du rayonnement solaire nettement en dessous de la moyenne durant le premier trimestre.

Fig. 30: Les nombreuses heures d'ensoleillement en 2018 profitent aux exploitants d'installations photovoltaïques



Forte production d'électricité solaire pendant les mois d'été

Selon l'Association des professionnels de l'énergie solaire (Swissolar), le rendement supplémentaire d'électricité solaire en Suisse au mois de juillet 2018, calculé à partir du rayonnement global, s'élève à environ 35 GWh (+13 %) par rapport à la moyenne pluriannuelle. Des calculs effectués par l'entreprise Meteotest montrent que les mois d'avril (+15,6 %), de mai (+1,7 %), de juin (+15,1 %), de juillet (+12,9 %), d'août (+10,5 %) et de septembre (+17,5 %), soit l'ensemble du semestre d'été, ont affiché des valeurs de rayonnement solaire supérieures à la moyenne de la période de référence (2006 à 2015). Cependant, le premier trimestre ayant été beaucoup moins ensoleillé qu'à l'accoutumée, la hausse sur toute l'année 2018 se monte à « seulement » 7,3 %.

Selon Swissolar, l'électricité solaire est particulièrement la bienvenue pendant les périodes de canicule, car de grandes quantités d'électricité sont nécessaires à des fins de climatisation. Les températures élevées réduisent néanmoins la puissance des installations photovoltaïques, mais cet effet négatif est toutefois près de

quatre fois inférieur à l'augmentation de la production rendue possible grâce au rayonnement solaire accru.

M. Urs Muntwyler, responsable du laboratoire photovoltaïque de la Haute école spécialisée bernoise à Burgdorf, confirme le lien qui existe entre la température et la production d'électricité. Selon lui, à chaque fois que la température s'élève d'un degré, les installations perdraient environ 0,4 % de puissance et donc de rendement. Le rayonnement bien supérieur compense toutefois nettement l'effet de frein des températures élevées. Un été chaud et sec entraînerait donc un rendement solaire supérieur à la moyenne. D'après lui, moins de nuages se forment par temps sec et l'absence d'orages a aussi un effet particulièrement positif. En effet, si l'on étudie séparément les différentes années, le rendement des installations varie fortement en fonction du temps. Cependant, en moyenne pluriannuelle, il ne cesse d'augmenter. Selon les scientifiques, cela serait dû à l'air devenu plus propre et à une probable modification de la circulation atmosphérique.

Réduction temporaire de la puissance de deux centrales nucléaires

La canicule a également influé sur la production des centrales nucléaires, bien que celles-ci soient fermées un mois durant l'été pour des travaux de révision. La centrale nucléaire de Mühleberg a réduit sa puissance de 25 % à partir du 7 août en raison des températures élevées de l'Aar. Celle de Beznau a, elle aussi, diminué temporairement sa puissance, parfois d'un tiers. Les centrales nucléaires de Gösgen et Leibstadt, qui sont dotées de tours de refroidissement, n'ont pas eu à réduire leur puissance en 2018. Si la centrale nucléaire de Leibstadt avait dû abaisser encore sa puissance en 2015 du fait des températures élevées de l'air, elle n'a pas été tenue de le faire en 2018, selon les informations de l'exploitante de la centrale, car la puissance totale du réacteur n'a pas dépassé les 86 % de moyenne du fait de la limitation imposée par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire.

Les facteurs d'influence de demain

Les changements qui toucheront le circuit de l'eau et la fonte des glaciers au cours des prochaines décennies auront des conséquences sur la production hydroélectrique, dont l'eau exploitable est la ressource. Mais les contextes sociopolitique et économique sont tout aussi déterminants. Le Programme National de Recherche PNR 70 « Virage énergétique » se penche, entre autres, sur ces défis (www.nfp70.ch) et propose, p. ex., un projet visant à examiner comment optimiser sur le plan opérationnel des centrales à l'aide de prévisions sur les débits et les sécheresses. Un modèle hydraulique permet, au moyen de données en temps réel, d'établir pour la première fois des prévisions détaillées sur le plan spatial concernant la sécheresse, pour une période allant jusqu'à trois semaines. Ces informations intéressantes, en particulier pour les centrales à accumulation, combinées aux prévisions sur les évolutions des prix du marché de l'électricité permettront ainsi d'optimiser l'utilisation de l'eau disponible.

Infrastructures de transport et transport de marchandises

Aucun problème majeur n'est survenu sur les routes nationales et le réseau ferroviaire pendant l'été 2018. Les entreprises ferroviaires tiennent compte des températures élevées lors de la construction de voies ferrées pour éviter, dans la mesure du possible, les déformations de rails. En revanche, le débit d'étiage du Rhin enregistré à l'automne a eu de graves répercussions sur la navigation. Afin de garantir l'approvisionnement en marchandises primordiales, la Confédération a libéré en fin d'année les réserves obligatoires dans une mesure sans précédent.

Quiconque marche pieds nus sur l'asphalte un jour ensoleillé sait à quel point les chaussées peuvent être brûlantes. Dans certaines circonstances extrêmes, la canicule peut endommager le revêtement des routes, comme ce fut le cas durant l'été 2015. Les phénomènes de « blow-up », qui voient la chaussée des autoroutes se distendre et se soulever spontanément, sont particulièrement redoutés,

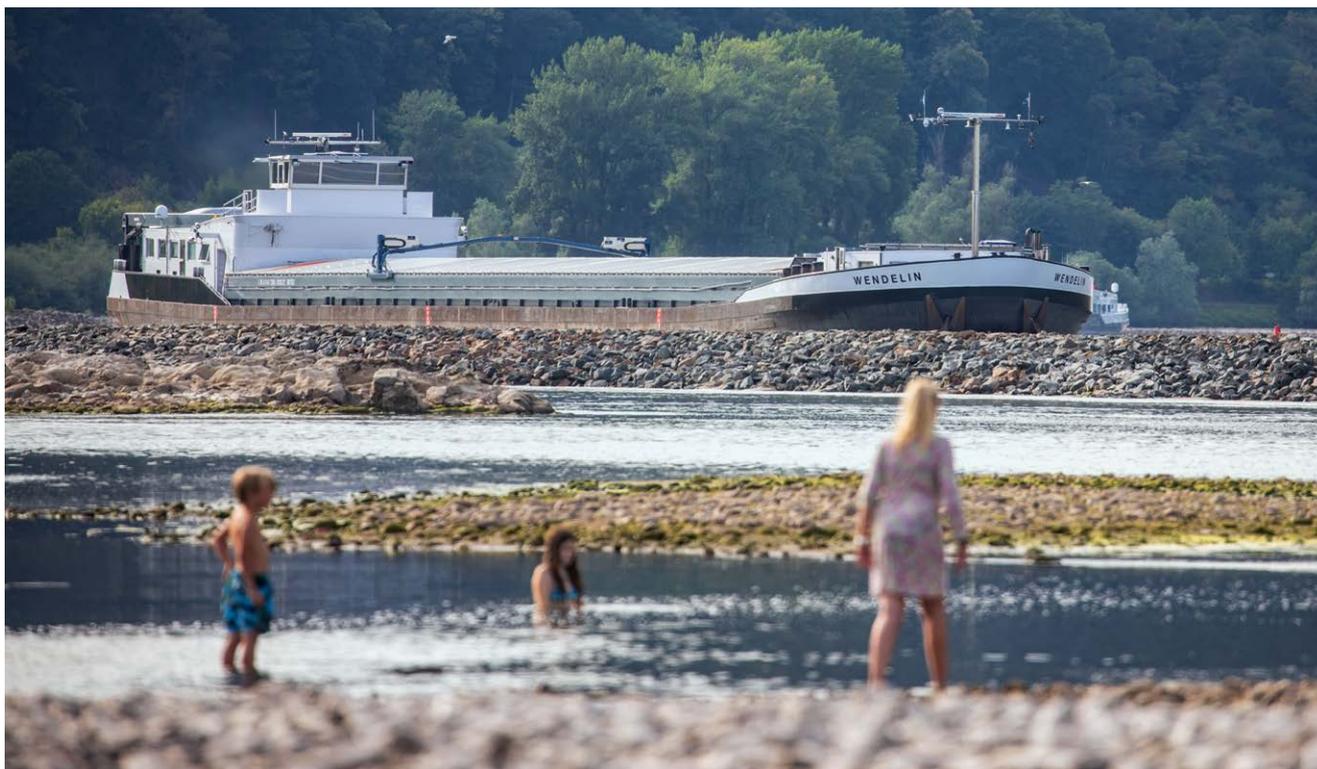
car ils surviennent soudainement et représentent un danger pour les usagers. Les tronçons de route anciens, composés de dalles de béton, sont davantage concernés. En 2015, ce phénomène a été constaté sur l'A13, au nord de Coire, ainsi que sur l'A1, entre Rheineck et St. Margrethen. En 2017, un nouvel incident s'est produit sur le même tronçon et a nécessité des mesures immédiates.

Aucun incident n'a été recensé durant l'été 2018, sans doute parce les températures record des années précédentes n'ont pas tout à fait été atteintes. Du fait de l'accroissement des pics de température, les défis posés aux revêtements vont se faire de plus en plus nombreux. Toutefois, les difficultés rencontrées s'atténueront progressivement au cours des prochaines années. En effet, la Confédération ne construit plus de routes en béton et l'asphalte utilisé actuellement est plus souple et se répare plus facilement.

Températures élevées et déformation des rails

Lors des journées caniculaires, les trains sont confrontés à un problème similaire. Les rails étant soudés, ils ne

Fig. 31 : Le Rhin près de Bingen, fin juillet 2018 ; en situation d'étiage, le tronçon entre Coblenche et Mayence devient un véritable goulet d'étranglement pour la navigation rhénane



Est-il utile de peindre les rails en blanc ?

Pendant l'été chaud de 2018, les rails peints en blanc du réseau des Chemins de fer rhétiques (RhB) et des services de transport urbains bâlois (BVB) ne sont pas passés inaperçus. Cette méthode, déjà largement utilisée en Italie, vise à abaisser de quelques degrés la température des rails et à réduire ainsi leurs déformations. M. Hermann Patrick Braess a pu démontrer, dans le cadre de sa thèse de doctorat effectuée à l'École polytechnique fédérale de Zurich, que les rails peints en blanc s'échauffent de 5 à 7,5 degrés de moins que les autres.

Le tronçon test des RhB se trouvait à Prattigau, entre Fideris et Küblis. Peints en blanc en juin, les rails ont tout de même affiché en août des petites déformations. M. Walter Schmid des RhB estime que cette méthode peut se révéler une aide précieuse, mais qu'elle ne résout pas le problème fondamental. En principe, les rails qui reposent sur des traverses en béton sont moins sujets aux déformations. Celles-ci ne peuvent toutefois être utilisées que si le sol est parfaitement stable et le lit de ballast, suffisamment robuste. L'expérimentation menée avec des

rails peints a été optimisée et poursuivie en 2019. M. Schmid explique également que des rails ont aussi été peints en blanc à un endroit très exposé près de Litzirüti, sur le tronçon Coire-Arosa. Selon lui, de nouveaux problèmes y sont apparus depuis que les rails sont davantage exposés au rayonnement solaire, du fait de l'abattage des arbres proches de la voie pour des raisons de sécurité.

Des expériences similaires ont été faites à Bâle. Bien que les rails aient été peints en blanc sur deux tronçons des BVB, de 120 mètres chacun, les déformations n'ont pu être évitées. La position « neutre », qui permet à un rail de se dilater et de se rétracter, a aussi été augmentée en un point de 25 à 28 °C, à titre expérimental. Si aucune déformation n'a été constatée à cet endroit-là, le rail a immédiatement cassé à l'automne, lorsqu'il a fait froid. Les responsables des BVB entendent poursuivre les essais avec la peinture blanche, en peignant non seulement les rails, mais aussi une bande de 5 à 20 centimètres de ballast des deux côtés des rails.

peuvent pas se dilater. Or l'importante pression exercée dans les rails peut entraîner leur déformation latérale. Si les petites déformations sont réversibles (écrasement du rail), ce processus est irréversible au-delà de 50 millimètres et l'on parle alors de déjettement de la voie. En 2018, les Chemins de fer fédéraux suisses (CFF) ont enregistré 13 déformations de rail, soit deux fois plus qu'en 2017, mais nettement moins qu'en 2015, où 21 cas avaient été recensés.

Il est normal qu'une voie ferrée « travaille » lorsque les températures changent. Par 25 degrés, les rails sont dans une position dite « neutre ». Lorsque la température des rails s'inscrit entre - 15 °C et + 65 °C, ils ne se déforment pas. Il est tenu compte des températures en moyenne plus élevées du Tessin : la position « neutre » des rails y est en effet de 28 degrés. En relevant de quelques degrés

la position « neutre » pour le versant nord des Alpes, les CFF auraient une plus grande marge de manœuvre lors des journées de canicule. Toutefois, les rails risqueraient davantage de se rompre en cas de températures très basses, et les conséquences seraient tout autant désagréables et dangereuses.

Afin de résoudre ce problème, les CFF misent d'abord sur le remplacement des anciennes traverses en acier, qui tendent plus souvent à se déformer que les nouvelles. Les traverses en béton et en bois affichent, elles aussi, de meilleurs résultats en la matière. Pendant l'été 2018, les Chemins de fer rhétiques et les services de transport urbains bâlois ont expérimenté des rails peints en blanc, sur la base d'une étude menée à l'École polytechnique fédérale de Zurich (encadré).

Un été chaud représente aussi un défi au regard de la climatisation des wagons. Les CFF estiment que les besoins énergétiques à des fins de refroidissement culmineront à un niveau similaire aux besoins en chauffage durant l'hiver et tentent de les réduire au minimum au moyen d'optimisations techniques. Les systèmes de climatisation des wagons sont conçus pour des températures extérieures jusqu'à 45 °C. L'augmentation des besoins en refroidissement s'explique également par la hausse des températures dans les tunnels de base alpins.

Lors d'épisodes de sécheresse, le danger d'incendies de forêt augmente. Si un incendie détruit une forêt protectrice surplombant une ligne ferroviaire, les risques d'éboulements ou d'avalanches sont accrus. En tant qu'exploitants du réseau, les CFF participent financièrement à des projets cantonaux de conservation des forêts protectrices, p. ex. dans la Léventine, où un réservoir d'eau d'extinction est actuellement construit près de Faido, en raison d'un incendie de forêt qui s'y est déclaré récemment à proximité des voies.

Rhin en situation d'étiage : conditions difficiles pour la navigation

La situation d'étiage observée dans le Rhin a fait les gros titres des journaux dès l'automne (chap. « Cours d'eau, lacs et eaux souterraines », p. 18). S'agissant du niveau d'eau, des minima encore jamais atteints ont été mesurés en Allemagne. Pour ce qui est du débit en revanche, des valeurs encore plus faibles ont été relevées au cours des 160 dernières années. À débit égal, des niveaux d'eau plus faibles sont aujourd'hui mesurés du fait du creusement du chenal.

La navigation sur le Rhin a connu des conditions exceptionnelles à l'automne 2018. La situation s'est aggravée à partir de la mi-octobre et jusqu'aux précipitations du mois de décembre. Le transport fluvial a dû être drastiquement réduit, voire parfois suspendu, les niveaux d'eau étant le critère déterminant pour la navigation et le transport de marchandises sur le Rhin.

Un goulet d'étranglement s'est formé sur le Rhin moyen, à Kaub, où le niveau enregistré est l'un des plus impor-

Fig. 32 : Approfondissement du chenal navigable à Bâle, été 2018



tants pour la navigation sur le Rhin supérieur et jusqu'à Bâle. Quelque, 113 jours d'étiage affichant un niveau inférieur à 80 centimètres y ont été dénombrés, ce qui correspond environ aux jours d'étiage cumulés entre les années 2010 à 2017 (fig. 33, p. 67). Pendant 162 jours, le niveau d'eau mesuré a été inférieur à 150 centimètres. En conséquence, un supplément pour basses eaux a été prélevé sur le fret transporté par bateau, ce qui s'est répercuté sur les coûts et a pesé sur la rentabilité. Une différence de niveau d'eau de 10 centimètres équivaut, pour un bateau, à une différence de capacité de charge de plus ou moins cent tonnes. Lorsque le niveau d'eau enregistré à Kaub passe sous la barre des 40 centimètres, les bateaux ne peuvent plus circuler sans risque sur le Rhin moyen, entre Coblenche et Mayence, et la plupart des entreprises suspendent la navigation pour des raisons de sécurité. Le 22 octobre, un niveau record de 25 centimètres a été observé.

Baisse du transbordement de marchandises dans les ports rhénans de Bâle

La situation d'étiage précitée n'a pas été sans conséquence pour les ports rhénans suisses de Bâle (entretien). Le transbordement de marchandises s'est monté en 2018 à un total de 4,7 millions de tonnes, soit 19 % de moins qu'en 2017. Les arrivages de marchandises à Bâle ont diminué de 20,3 % pour s'établir à 3,77 millions de tonnes, tandis que les exportations au départ des ports rhénans suisses affichent, avec 0,93 million de tonnes, une baisse de 12,4 % (fig. 34, p. 68). Les importations de carburants et de combustibles, et, dans une moindre mesure, celles de denrées alimentaires et de fourrages ont été particulièrement touchées. En revanche, le transbordement de conteneurs est resté quasiment stable par rapport à l'année record précédente, car un nombre de conteneurs supérieur à la moyenne a été transporté au cours des premiers mois de l'année, du fait en partie de l'interruption de la ligne ferroviaire de la plaine du Rhin, à Rastatt, durant l'automne 2017.

« La sensibilité des entreprises a augmenté »

Responsable de la communication et de la politique des transports auprès des ports rhénans suisses, à Bâle, M. Simon Oberbeck évoque les défis et les conséquences des situations d'étiage pour la navigation sur le Rhin.

Les acteurs du transport rhénan ont-ils été pris de court durant l'automne 2018 ?

La situation d'étiage a représenté un défi de taille pour bon nombre d'entreprises. Certaines ont dû interrompre temporairement leurs activités et recourir au chômage partiel. Mais sur l'ensemble de l'année, autant de conteneurs ont été transportés en 2018 et en 2017. Quelques entreprises ont même atteint la limite de leurs capacités au cours des premiers mois, en raison notamment de l'interruption de la ligne ferroviaire à Rastatt, à l'automne 2017, qui a entraîné un transfert du transport des marchandises sur les bateaux du Rhin.

Quelles conséquences les ports rhénans tirent-ils de cette période d'étiage extraordinairement longue ?

Les travaux d'approfondissement du chenal, prévus de

longue date, ont abouti au printemps 2019, permettant ainsi de gagner 30 centimètres pour la navigation. Jusqu'à présent, le niveau d'eau de Bâle déterminait pendant environ 40 jours par an le poids du chargement des bateaux. À l'avenir, ce ne sera le cas que pour cinq jours en moyenne. En janvier, une délégation allemande est venue sur place s'informer de ce projet, l'Allemagne ayant décidé d'accélérer les plans d'optimisation du chenal du Rhin moyen.

Faut-il s'attendre à davantage de pénuries d'approvisionnement du fait des restrictions posées à la navigation ?

Les entreprises de logistique sont davantage sensibilisées aux situations d'étiage, et les acteurs du transport rhénan, habitués à gérer ces dernières. On peut imaginer que les entreprises miseront sur des bateaux construits en matériaux légers. Les progrès de la numérisation permettront de mesurer en temps réel la profondeur, et les optimisations du chenal du Rhin moyen, d'atténuer les effets des périodes d'étiage à venir.

Le port de Bâle est la porte d'entrée des marchandises d'importation vers la Suisse. Plus d'un quart des importations de pétrole transite par les ports rhénans suisses. En matière de volume, les importations via le train et les pipelines sont encore un peu plus importantes. Mais si le transport par bateau rencontre des problèmes pendant plusieurs semaines, l'approvisionnement en combustibles et en carburants s'en retrouve affecté.

La Confédération libère les réserves obligatoires

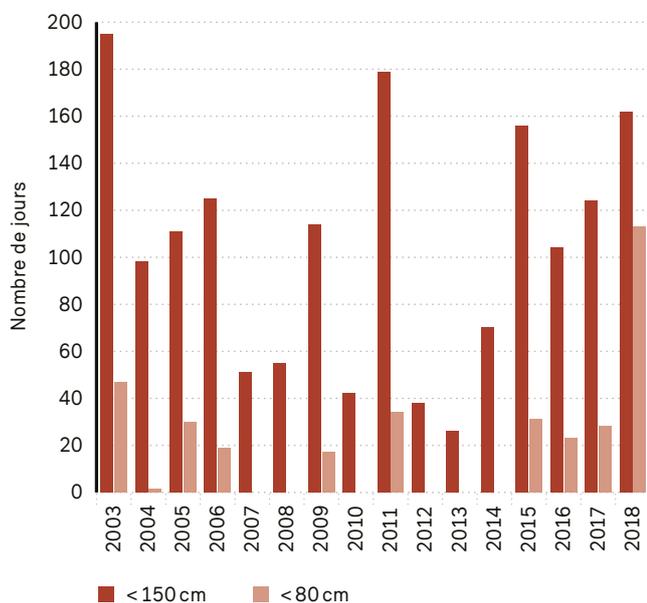
En Suisse, certains biens vitaux sont soumis à une obligation de stockage. Pour garantir la sécurité d'approvisionnement, les réserves obligatoires incluent des denrées alimentaires, comme les céréales panifiables, le sucre, le riz et les huiles, de sorte à couvrir les besoins suisses pendant trois à quatre mois. Les engrais et le fourrage sont également concernés. S'agissant de l'approvisionnement énergétique, des réserves obligatoires doivent aussi être constituées, notamment pour les produits pétroliers. Les

stocks d'essence, de diesel et de mazout doivent suffire pour quatre mois et demi, ceux de kérosène, pour trois mois.

Lorsque les difficultés de navigation sur le Rhin sont apparues en octobre 2018, la Confédération a autorisé la libération des réserves obligatoires de diesel et d'essence. Début décembre, le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) a en outre adopté une ordonnance sur la libération des réserves obligatoires d'engrais. Les engrais doivent ainsi être livrables pendant hiver afin que l'agriculture en dispose au printemps. La situation d'étiage du Rhin ayant perduré jusqu'en décembre, le DEFR a autorisé par voie d'ordonnance, le 17 décembre 2018, la libération de réserves obligatoires de carburants et de combustibles liquides, d'huiles, de corps gras et de fourrage. Depuis janvier 2019, les bateaux peuvent de nouveau naviguer sur le Rhin sans aucune restriction. Les importateurs d'huiles minérales sont tenus de reconstituer les réserves obligatoires dans les quantités prescrites et disposent pour ce faire d'un délai de plusieurs mois.

Fig. 33 : Nombre de jours d'étiage dans le Rhin moyen à Kaub (Allemagne) entre 2003 et 2018

Niveau <150 cm : des suppléments sont perçus pour le transport en cas d'étiage. Niveau <80 cm : des suppléments très élevés sont perçus sur le fret, les navires ne pouvant être que faiblement chargés. En 2018, il a été compté environ le même nombre de jours où le niveau a été inférieur à 80 cm que pendant toute la période de 2010 à 2017.



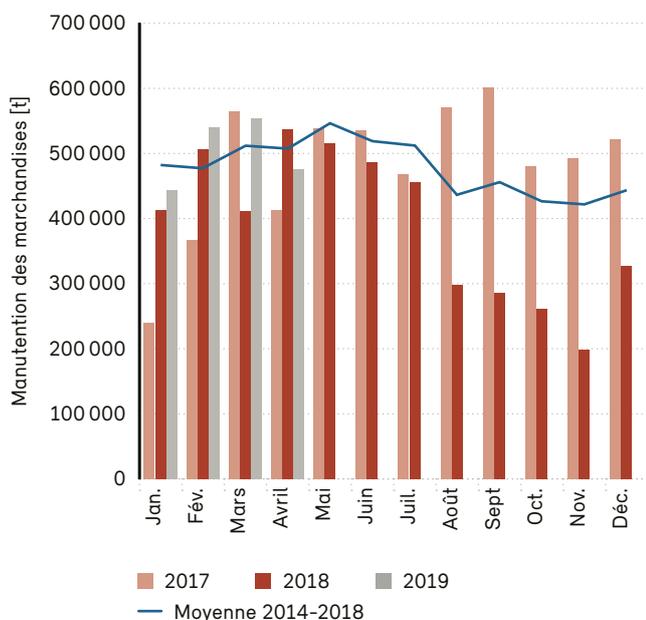
Jamais par le passé, on n'avait autant puisé dans les réserves obligatoires. À l'automne 2010, la réserve obligatoire de kérosène a été libérée pour prévenir une pénurie d'approvisionnement à l'aéroport de Genève, due au blocage d'un pipeline dans le cadre d'une grève en France. À l'automne 2015, la raffinerie Cressier a arrêté sa production, alors que le Rhin connaissait en parallèle une phase de basses eaux. La Confédération a alors réagi en réduisant temporairement les réserves obligatoires d'essence, de diesel et de mazout, et en encourageant le transport par rail.

Périodes d'étiage : hier, aujourd'hui – et demain ?

La Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a étudié la fréquence des situations d'étiage qui ont touché le Rhin au cours des dernières décennies, et constaté que celles-ci étaient beaucoup plus marquées, surtout en hiver, durant la première moitié du 20e siècle qu'au cours de ces 50 dernières années. En effet, des débits d'eau plus faibles et des périodes d'étiage plus longues ont été enregistrés. Le développement de la force hydraulique dans l'espace alpin au cours des années 1960 a contribué à décaler les débits saisonniers, car le sto-

Fig. 34 : Manutention des marchandises aux ports rhénans suisses, de 2014 à 2018 ainsi que de janvier à avril 2019

En tonnes.



ckage intermédiaire entraîne un report des débits de l'été sur le semestre d'hiver. La CIPR estime que la forte perception actuelle vis-à-vis des situations d'étiage est due à l'absence de situations aussi marquantes avant 2003 et au fait que la navigation, mais aussi la production énergétique, l'industrie et l'agriculture ont été fortement touchées.

La question de l'évolution future des situations d'étiage est essentielle pour la navigation sur le Rhin. En effet, le débit du Rhin est déterminé en grande partie par les eaux provenant des Alpes. Même aux Pays-Bas, les eaux de l'espace alpin contribuent pour moitié environ au débit d'étiage. De plus, les eaux de la fonte des glaciers sont primordiales pendant les situations d'étiage estivales. Selon une étude publiée en 2016 par la Commission Internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin (CHR), la part des eaux de fonte glaciaire pendant l'été caniculaire de 2003 se montait jusqu'à 20 % à Kaub (Rhin moyen) et encore à 17 % à Lobith (Rhin inférieur, zone frontalière entre l'Allemagne et les Pays-Bas). Dans le cadre d'un projet de suivi, la CHR souhaite maintenant estimer dans quelle mesure la fonte des glaciers dans l'espace alpin se répercutera sur les situations d'étiage du Rhin au cours des décennies à venir.

Zoom sur le canton de

Thurgovie



Arrosage d'un champ à Stettfurt, en Thurgovie.

La sécheresse qui a sévi de l'été à la fin de l'année 2018 a fortement touché le canton de Thurgovie. L'état-major spécialisé a coordonné la mise en œuvre de mesures pour faire face à la situation. Le canton étudie actuellement l'utilité d'un plan directeur pour l'eau.

Le canton de Thurgovie était quelque peu préparé à la sécheresse, car il avait lancé en 2017 un projet pilote d'adaptation aux changements climatiques visant à détecter de manière précoce les pénuries d'eau et à chercher des solutions possibles pour l'agriculture et la filière alimentaire en Thurgovie. Sur la base de modèles, les participants au projet ont quantifié la consommation d'eau et les ressources en eau. Les estimations ont été réalisées sur la base de trois scénarios : « année standard aujourd'hui », « été sec en 2060 » et « année extrême en 2060 ». Les résultats confirment que le canton de Thurgovie pourrait connaître des épisodes de pénurie d'eau à l'avenir.

La sécheresse de 2018 comme cas d'école

À peine le projet était-il lancé que se profilait une première période de sécheresse. « Certains résultats du projet pilote nous ont été très utiles », relève Marco Baumann de l'office cantonal de l'environnement. Les responsables au niveau cantonal ont ainsi commencé dès 2017 de renseigner les

personnes concernées et la population sur la situation par l'intermédiaire de bulletins de sécheresse. En 2018, ces bulletins ont été publiés toutes les semaines et sont parus notamment dans le journal associatif « Thurgauer Bauer ». Alors que la situation s'aggravait fin juin 2018, l'office de la protection de la population et de l'armée (ABA) a officiellement mis sur pied un état-major spécialisé sécheresse sur demande de l'office de la protection de l'environnement. « Dans des situations spécifiques, l'office peut prendre en charge la coordination d'un état-major », explique Michel Sennhauser, qui dirige la division de la protection de la population à l'ABA. Composé de représentants de neuf offices et de quatre départements différents, l'état-major s'est réuni pour 15 rapports de situation, a adopté des mesures appropriées et a notamment demandé au gouvernement d'édicter une interdiction totale de faire du feu. L'interdiction a été prononcée le 30 juillet 2018.

Interdiction de procéder à des prélèvements dans les eaux de surface

Le canton de Thurgovie dispose de réservoirs d'eau considérables : le lac de Constance et les importantes quantités d'eaux souterraines dans la vallée de la Thur. Des concessions sont accordées pour l'irrigation des terres agricoles. Les prélèvements sont effectués dans le lac de

Tab. 5 : Concessions pour des prélèvements d'eau dans le canton de Thurgovie

Actuellement, 151 concessions sont accordées chaque année pour un total de plus de 7 millions de m³ d'eau d'usage.

	Irrigation des terres agricoles		Autres utilisations d'eau d'usage	
Lac de Constance et Rhin	32 concessions	env. 1 110 000 m ³ /an	4 concessions	env. 520 000 m ³ /an
Cours d'eau et petits lacs	20 concessions	env. 500 000 m ³ /an	6 concessions	env. 60 000 m ³ /an
Eaux souterraines	56 concessions	env. 1 390 000 m ³ /an	33 concessions	env. 3 600 000 m ³ /an

Constance, mais aussi dans le Rhin, dans les eaux souterraines ainsi que dans des cours d'eau et des petits lacs (tab. 5, ci-dessus). À partir du 12 juillet, la Thurgovie a entièrement interdit les prélèvements d'eau, à l'exception de ceux effectués dans le lac de Constance, dans le Rhin et dans les eaux souterraines. L'interdiction de prélever a duré jusqu'au 11 décembre. Une telle mesure avait déjà été adoptée par le passé : en 1976 puis, des dizaines d'années après, en 2003 et de nouveau, à des intervalles plus courts, en 2006, en 2011 et en 2015 (fig. 35, ci-dessous).

Les agriculteurs concernés se sont rabattus sur les eaux du lac de Constance et du Rhin, en acheminant les quantités nécessaires par camion ou par citerne à pression. Certains ont également prélevé de l'eau dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable, mais ces systèmes ont atteint leurs limites dans plusieurs communes. La situation a montré que les systèmes d'approvisionnement ne sont souvent pas conçus pour servir de grands consommateurs. Il est en outre difficile d'appeler la population à économiser l'eau alors que celle-ci est redistribuée à l'agriculture.

« À l'avenir, nous souhaitons communiquer de façon plus ciblée en cas de sécheresse imminente », affirme Marco Baumann. Selon lui, il ne suffit pas de publier un bulletin de sécheresse sur Internet et dans le « Thurgauer Bauer ». « Nous souhaitons informer les personnes concernées par des messages sur leur téléphone mobile. »

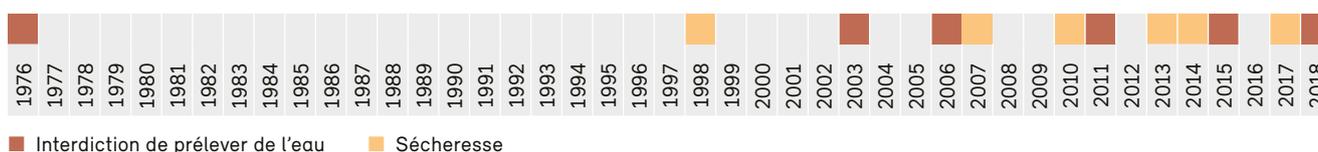
L'agriculture ne peut plus partir du principe que l'eau sera toujours disponible en suffisance. La priorité doit être accordée à l'eau potable. Il est par ailleurs important de disposer d'eau pour combattre les incendies. Le canton de Thurgovie n'a cependant pas défini d'ordre de priorité pour les autres utilisations en période de sécheresse.

Un plan directeur cantonal pour l'eau ?

Le projet pilote susmentionné ébauche des solutions d'adaptation pour l'agriculture, notamment une amélioration des techniques d'irrigation. Il propose par ailleurs de créer des étangs pour stocker de l'eau pouvant être employée au besoin par les agriculteurs. À l'avenir, le canton souhaiterait accorder des concessions pour des prélèvements d'eau non plus à des consommateurs isolés, mais à des collectifs de consommateurs dans des régions de taille raisonnable (formant des unités hydrologiques limitées) pour une période de dix ans au maximum.

Des discussions sont par ailleurs en cours concernant la pertinence d'un plan directeur cantonal pour l'eau. Un tel plan traiterait de la disponibilité de l'eau, des réservoirs potentiels et de l'approvisionnement en eau d'usage. Une intervention parlementaire en ce sens a déjà été déposée en Thurgovie en octobre 2018. Celle-ci demande au gouvernement d'élaborer une stratégie de gestion des pénuries d'eau, des situations de sécheresse ainsi que des conflits et des problèmes d'approvisionnement qui en découlent. Toutes les conditions semblent donc réunies pour faire évoluer la situation.

Fig. 35 : Années de sécheresse et années au cours desquelles une interdiction de procéder à des prélèvements d'eau a été prononcée



4 Communication, médias et perception

À l'été 2018, les comptes rendus sur la canicule et la sécheresse battent à nouveau leur plein après les années 2003 et 2015. Cependant, contrairement aux épisodes précédents, l'intérêt médiatique ne diminue pas après les mois d'été et se fait sentir encore au printemps 2019. Les deux thèmes sont par ailleurs de plus en plus mis en relation avec les changements climatiques. Autre nouveauté: le lien entre les effets de ces derniers et la Suisse est davantage mis en évidence.

Les journalistes sont friands de superlatifs. Les records tels que le jour le plus chaud, la température de rivière la plus élevée ou encore le niveau d'eau le plus bas sont en effet très accrocheurs. La chaleur étant directement ressentie par toute la population, il est logique que la presse s'empare du sujet et relate comment le pays entier transpire. Ou pour filer la métaphore: la chaleur attise la passion journalistique.

La situation est différente en cas de pénurie d'eau, car la sécheresse s'installe peu à peu et n'apparaît pas d'un jour à l'autre. Or plus les précipitations font défaut, plus les conséquences deviennent évidentes. Ce qui suscite à nouveau l'intérêt des journalistes.

Les médias se sont fait l'écho de la canicule et de la sécheresse

Les demandes que les journalistes ont adressées à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) durant l'année 2018 brossent le tableau des priorités médiatiques. En avril, il était avant tout question de couvrir le sujet des incendies de forêt à la suite de quelques sinistres de grande ampleur de même que celui du niveau du lac de Constance. En juin, c'était la température de l'Aar qui a su capter l'attention. Puis, dès le mois de juillet, place a été faite aux symptômes de sécheresse, qui se sont multipliés dans les prés, les champs et les forêts. Par conséquent, l'OFEV a enregistré, de juillet à septembre 2018, environ

Fig. 36 : La canicule et la sécheresse qui ont marqué l'été 2018 ainsi que le lien en découlant avec les changements climatiques ont suscité un vif intérêt médiatique



« Le thème continue de faire la une des médias »

L'institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich a analysé, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les articles que les médias ont consacrés à l'été 2018 et les a comparés à ceux des autres années. Daniel Vogler, directeur de recherche au sein du fög, explique les principaux constats.

Dans le cadre de cette étude, vous avez analysé divers quotidiens et hebdomadaires. Ces journaux sont-ils représentatifs de l'écho que se font les médias suisses ?

D'après notre expérience, l'analyse des principaux titres de la presse de référence met assez bien en évidence ce qui est au centre des préoccupations. Néanmoins, pour avoir une image réellement globale, il faudrait aussi tenir compte des informations et des reportages diffusés par la radio et la télévision.

Comment le nombre d'articles consacrés à la canicule et à la sécheresse estivales a-t-il évolué ces dernières années ?

De manière générale, ce nombre croît constamment depuis des années. Les étés 2003 et 2018 sortent clairement du lot, le nombre d'articles publiés alors étant supérieur à la moyenne. L'été 2015 a lui aussi retenu l'attention des journalistes, qui ont rédigé plus que de coutume à cet égard, mais ne se distingue pas tellement des autres années.

Quels sont les résultats qui vous ont particulièrement surpris ?

J'ai été frappé par la netteté des résultats, mais aussi par le fait que les deux années extrêmes 2003 et 2018 se distinguent aussi clairement l'une de l'autre. Cela se reflète, entre autres, dans les nuages de mots repré-

sentant la fréquence de certains termes dans les titres (fig. 41, p. 76). L'été 2003 avait été considéré comme un phénomène exceptionnel, mais le grand intérêt médiatique s'est rapidement estompé. Cette évolution cyclique tout à fait typique a été sensiblement atténuée en 2018 (fig. 38, p. 73), mais le sujet est resté présent dans les médias et semble s'établir durablement.

Quels changements avez-vous observés par rapport aux années antérieures ?

Par le passé, un compte rendu se voulait généralement descriptif. S'il en a été encore ainsi au début de l'été 2018, l'aspect du problème en soi s'est de plus en plus placé au premier plan. En effet, les journalistes ont soulevé la question des conséquences de la canicule et de la sécheresse et ont associé les problèmes aux changements climatiques (fig. 40, p. 74). Ce qui saute également aux yeux, c'est le lien très clair qui est fait avec la Suisse. Cela n'est guère surprenant, car la population sent et voit directement les répercussions de ces phénomènes. Il suffit de quitter son domicile pour s'en rendre compte.

Savez-vous pourquoi le sujet est resté prisé au cours des premiers mois 2019 ?

La question climatique est omniprésente depuis l'automne 2018. Les acteurs les plus divers, notamment les partis politiques, s'en servent à présent. Étant donné que nous nous trouvons en année électorale, il s'agit là d'un argument décisif. Les premiers mois de 2019, les médias se sont également interrogés sur le développement météorologique futur. Que faire si, par exemple, les précipitations cessent de tomber, que les réserves d'eaux souterraines ne se rechargent plus ? Enfin, le thème reste d'actualité aussi, car il s'agit de sujets très émotionnels comme l'« eau » et la « santé ».

quinze demandes de journalistes à ce sujet. Et comme la sécheresse a perduré, l'office s'est vu remettre près de 45 questions d'octobre à décembre.

Durant l'été 2018, l'OFEV a informé la population via les canaux usuels : pages spéciales sur son site Internet, par

des communiqués aux médias et réseaux sociaux. Ses pages consacrées aux dangers d'incendie de forêt et à l'hydrologie, en particulier, ont connu un réel succès.

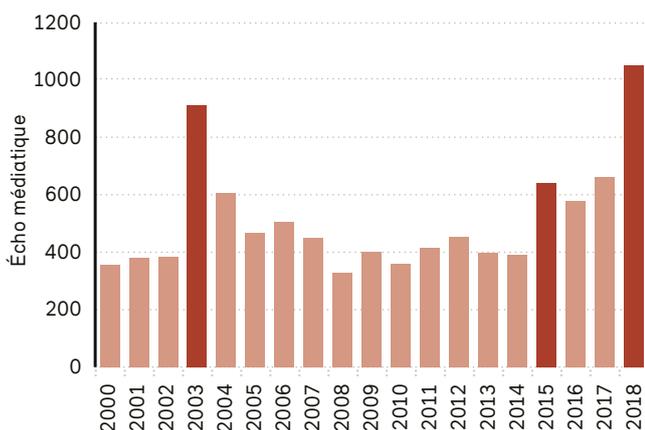
Au vu des températures élevées qui s'annonçaient, l'Office fédéral de météorologie et de climatologie (Météo-

Suisse) a publié en juillet et en août des avertissements de canicule (« Températures, canicules et précipitations », p. 9). Au total, quelque 3800 articles ont été publiés durant la canicule. Outre la diffusion par la presse, la radio et la télévision, la communication s'est également faite, en 2018, via les canaux modernes tels que les infos en ligne, les applications et les réseaux sociaux, qui ont offert de nouvelles possibilités. Il en va de même du blog de MétéoSuisse, notamment de ses catégories « Météo » et « Climat », qui est devenu un précieux moyen de communication.

L'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) a lui aussi reçu de nombreuses demandes des médias à partir de juillet 2018. Ces dernières ont, dans un premier temps, été adressées majoritairement aux hydrologues, car les médias souhaitaient avant tout savoir combien de temps la sécheresse allait encore durer. Fin juillet cependant, lorsque les premières atteintes aux arbres ont été constatées, l'attention médiatique s'est également focalisée sur la forêt, l'économie forestière aux prises avec les changements climatiques et l'infestation croissante par le typhographe.

Fig. 37 : Contributions, par année

Le graphique présente l'écho médiatique pondéré concernant la saison d'été en lien avec les phénomènes météorologiques pour la période 2000-2018 (presse de référence suisse). Rouge foncé : étés caniculaires de 2003, de 2015 et de 2018.



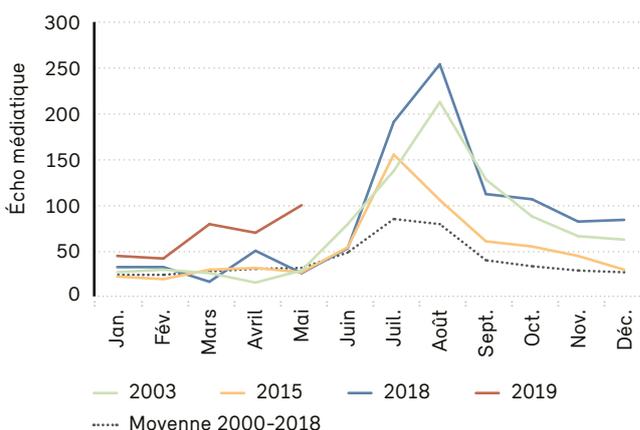
Dans le cadre d'un projet de l'initiative sécheresse du WSL, les collaborateurs de l'institut ont analysé plus de 9000 articles de presse et de sites Internet publiés en Suisse alémanique, en Suisse romande et au Tessin. Pour trouver les articles pertinents, les chercheurs ont pris le mot-clé « sécheresse » ainsi que ses traductions « Trockenheit » et « Dürre » en allemand et « siccità » en italien. Il en est ressorti, entre autres, que les journaux régionaux de la Suisse orientale avaient été les plus assidus à informer à ce sujet, la sécheresse y ayant été particulièrement sévère.

Analyse des informations diffusées par les médias

Afin de mieux comprendre comment les médias traitent les thématiques de la canicule et de la sécheresse et de savoir comment celles-ci s'intègrent dans les débats actuels, l'OFEV a chargé l'institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich de procéder à une analyse thématique des informations diffusées par les médias à ces sujets. L'objectif était aussi de montrer comment la focalisation sur ces deux thématiques, d'une part, et la mise en corrélation de celles-ci avec les changements climatiques, d'autre part, ont évolué ces dernières années.

Fig. 38 : Contributions, par mois

Le graphique présente l'écho médiatique pondéré concernant la saison d'été des années 2003, 2015 et 2018 ainsi que des premiers mois de 2019 (presse de référence suisse). La moyenne des années 2000-2018 est également indiquée.

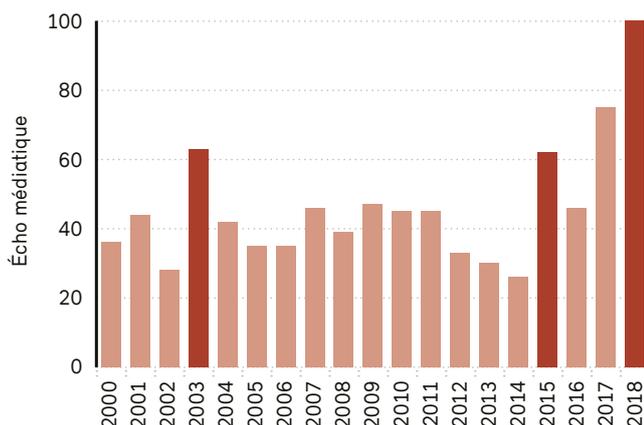


Le fög a évalué le contenu de 9860 articles publiés depuis le début du millénaire jusqu'à mai 2019 par la Neue Zürcher Zeitung, le Tages-Anzeiger, le Bund, le Blick, la Sonntagszeitung, le Sonntagsblick, la Wochenzeitung ainsi que la Weltwoche. Pour la période du 1^{er} janvier 2018 au 31 mai 2019, il a en plus tenu compte notamment des principaux quotidiens romands. L'analyse approfondie relative à l'été 2018 s'est fondée sur 3385 articles.

Il en ressort que les sujets estivaux défrayent la chronique durant les périodes de canicule. En effet, en 2003 et en 2018, les informations en la matière ont été nettement plus fréquentes qu'escompté (fig. 37, p. 73). L'été caniculaire de 2015, quant à lui, a donné des résultats plus modestes, tout juste au-dessus de la moyenne. Toutefois, le sujet est resté d'actualité durant les années 2016 et 2017. Alors que, auparavant, l'attention médiatique s'est rapidement relâchée une fois le pic passé, elle s'est maintenue à un niveau élevé en raison de la sécheresse prononcée et des conséquences visibles en automne 2018. Même au printemps 2019, elle n'a pas fléchi (fig. 38, p. 73).

Fig. 39: Contributions faisant le lien avec les changements climatiques, par année

Le graphique présente l'écho médiatique pondéré concernant la saison d'été en lien avec les phénomènes météorologiques pour la période 2000-2018 et en relation explicite avec les changements climatiques (presse de référence suisse). Rouge foncé : étés caniculaires de 2003, de 2015 et de 2018.



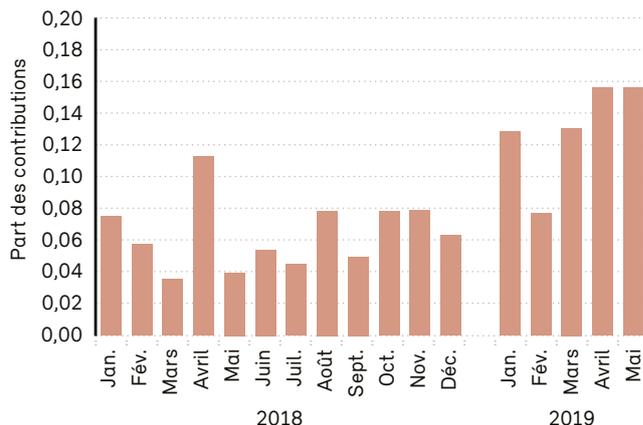
En 2003 et en 2015, l'accent avait été placé sur le phénomène de la chaleur lui-même. Puis, en 2018, le terme de « Hitzesommer » (été caniculaire) a été plus fréquemment utilisé dans la presse alémanique et la problématique de la sécheresse s'est retrouvée sous les feux de la rampe. Parmi les sujets importants, citons également les problèmes auxquels étaient confrontés les agriculteurs, les décès dus à la chaleur, les incendies de forêt et l'interdiction de faire du feu – sans oublier les feux d'artifice –, les problèmes liés aux transports en commun ainsi que la vie quotidienne durant la canicule. Contrairement à 2003 et à 2015, les comptes rendus en 2018 ont établi une nette relation avec la Suisse.

Mise en relation croissante avec les changements climatiques

En 2018, les phénomènes observés ont été placés davantage dans le contexte des changements climatiques que les années précédentes. Les scientifiques du fög ont analysé au total 953 articles concernant l'année 2003, contre 1100 pour l'année 2018. En revanche, le nombre de rapports établissant une nette relation avec les changements climatiques a progressé de plus de 50% entre

Fig. 40: Part des contributions faisant le lien avec les changements climatiques

Le graphique présente la part des contributions faisant explicitement le lien avec les changements climatiques par rapport au total des contributions concernant la saison d'été de la période du 1^{er} janvier 2018 au 31 mai 2019 (échantillon élargi de la presse de référence suisse).



À propos de l'étude

L'étude menée par Daniel Vogler (fög), en collaboration avec Jörg Schneider (js_studien+analysen), a analysé les informations publiées par la presse de référence suisse durant l'été au sujet des phénomènes météorologiques. Elle se compose d'une analyse quantitative portant sur les médias germanophones pendant la période de janvier 2000 à fin mai 2019 ainsi que d'un examen approfondi couvrant la période du 1^{er} janvier 2018 au 31 mai 2019 et comprenant un échantillon élargi de la presse de référence constitué de médias germanophones et francophones (20 Minuten, 20 Minutes, Blick, Blick am Abend, Le Matin, Le Temps, NZZ, Tages-Anzeiger, Tagesschau, NZZ am Sonntag, Sonntagsblick, Sonntagszeitung, Weltwoche, Wochenzeitung, Bilanz, Finanz und Wirtschaft, Handelszeitung, 24 Heures, Aargauer Zeitung, Basler Zeitung, Berner Zeitung, Der Bund, Die Südostschweiz, Tribune de Genève, Luzerner Zeitung). L'évaluation a été effectuée au moyen d'analyses de contenu automatisées. Pour trouver les articles pertinents, les publications étaient passées au crible avec les mots clés suivants : «été», «canicule», «chaleur», «précipitations» et «froid» (en allemand : Sommer, Hitze, Wärme, Nässe, Kälte). Les articles ont en outre été analysés pour savoir s'ils font référence aux changements climatiques.

2003 et 2018 (fig. 39, ci-dessous). Il est en outre frappant de constater que le nombre d'articles faisant référence aux changements climatiques est resté élevé également au printemps 2019 (fig. 40, ci-dessous).

Cette évolution s'explique en outre par les thèmes liés à la protection du climat, qui prennent de plus en plus le devant de la scène tant au sein de la société que dans les médias. De plus, le National Centre for Climate Services, réseau de la Confédération pour les services climatiques, a publié en novembre 2018 les nouveaux scénarios climatiques CH2018. Il s'agit là d'une approche scientifique largement étayée visant à évaluer l'avenir climatique en accordant une grande importance aux extrêmes climatiques futurs. Grâce à une meilleure compréhension des processus et à des modèles plus performants, les chercheurs sont plus à même de qualifier la fréquence d'occurrence de telles situations. Incrire les phénomènes météorologiques au compte des changements climatiques est devenu monnaie courante. Par conséquent, la discussion sur les mesures de protection du climat gagne en importance.

Fig. 41 : Fréquence des mots apparaissant dans les titres d'articles durant les années extrêmes

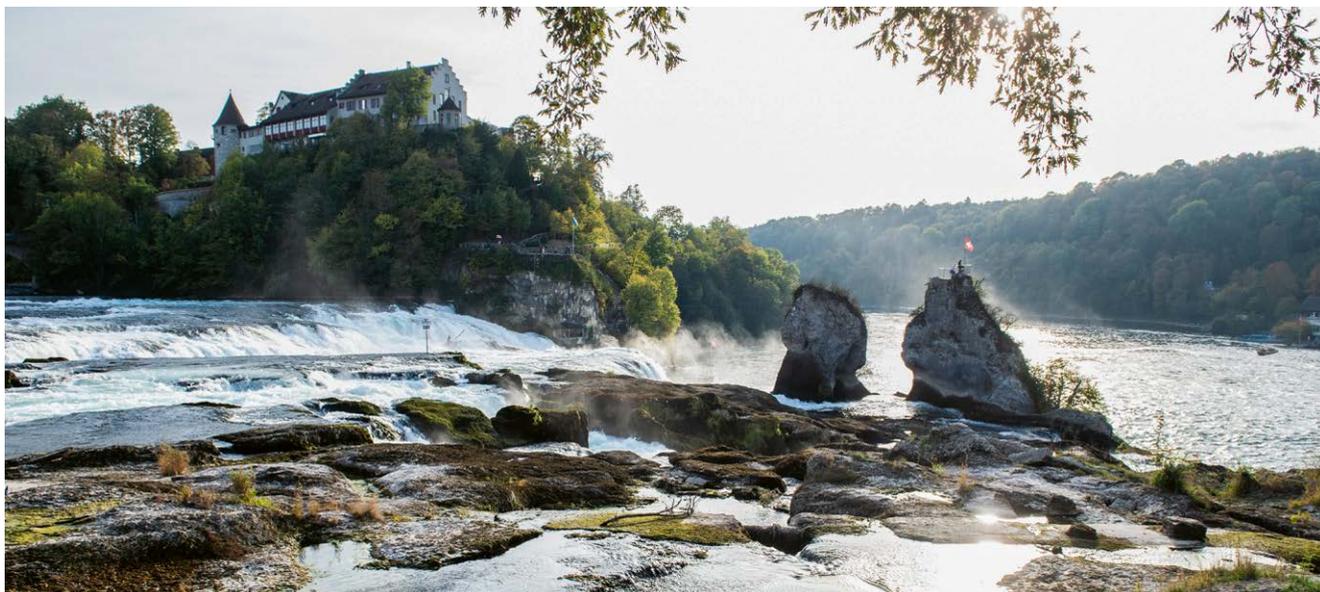


Les illustrations présentent la fréquence à laquelle un mot a figuré dans un titre des contributions analysées (encadré, p. 75). Plus la taille d'un mot est grande, plus celui-ci a été utilisé. Seuls les 100 mots les plus fréquents sont mentionnés.

- En 2003 et en 2015, l'accent est mis sur la chaleur. En 2018, le terme allemand de «Hitzesommer», qui se traduirait par «été caniculaire», a été nettement plus utilisé et le phénomène de la sécheresse a pris le devant de la scène.
- Alors qu'en 2003 et en 2015 les informations étaient plutôt descriptives et portaient sur les symptômes constatés (fonte des glaciers, niveaux des lacs de barrage, p.ex.), celles diffusées en 2018 ont été davantage explicatives avec référence explicite notamment aux changements climatiques.
- En 2018, un lien plus net a été établi avec la Suisse. Les phénomènes météorologiques résultant des changements climatiques ont un impact de plus en plus manifeste sur la Suisse et sont donc traités en conséquence par les médias.

Zoom sur

Schaffhouse



Une image rare : à la mi-octobre 2018, seuls quelque 185 m³ d'eau se sont écoulés par seconde aux chutes du Rhin.

Lorsque la sécheresse estivale frappe comme en 2018, l'eau se fait rare dans les ruisseaux du canton de Schaffhouse. Cependant, celle-ci est essentielle à la survie des poissons, car elle crée des zones froides, notamment aux embouchures dans le Rhin.

Les chutes du Rhin attirent des touristes venus des quatre coins de la planète. En automne 2018 cependant, le nombre de mètres cubes d'eau se précipitant du haut des rochers à Neuhausen s'amoindrisait. Le paysage est alors devenu méconnaissable par comparaison avec le niveau d'eau habituel ou les situations de crues. Il semblerait toutefois, selon Schaffhauserland Tourismus, que les mois d'étiage n'aient eu aucune répercussion sur le nombre de visiteurs, vraisemblablement parce que le soleil était au rendez-vous.

Les ruisseaux du canton de Schaffhouse ont eux aussi vu leur débit sévèrement diminuer durant l'été 2018. Certains étaient même asséchés. Les exploitations agricoles du canton sont autorisées à prélever de l'eau à des fins d'irrigation uniquement dans le Rhin, la Wutach et la Biber. Les agriculteurs recourent principalement à l'eau de la Biber, à l'est du canton. Longue de sept kilomètres sur sol suisse, la vallée de la Biber abrite une importante zone de culture maraîchère. « Ici, cela fait des décennies que les cultures

sont irriguées avec de l'eau de la Biber », explique Jürg Schulthess, responsable de la division des eaux au service du génie civil du canton de Schaffhouse.

Eau froide pour les poissons de la Biber

Si le débit d'eau dans la Biber est trop faible, les prélèvements doivent être restreints. Fin juin 2018, le niveau d'eau était descendu en deçà de 16 centimètres. Les maraîchers ont d'abord disposé d'une dérogation leur permettant de prélever un moindre volume d'eau dans la Biber. Puis, le 19 juillet, le canton a totalement interdit les prélèvements destinés à l'irrigation des terres agricoles.

Cette décision n'était pas sans fondement : la température du Rhin avait grimpé jusqu'à 25 °C et de premiers indices indiquaient que les poissons luttent pour leur survie. Dans de tels cas, la Biber devient un affluent extrêmement précieux. « L'eau de la Biber était à 20 °C, soit quelques degrés de moins que l'eau du Rhin », explique Patrick Wasem, garde-pêche dans le canton de Schaffhouse.

Si l'eau du Rhin atteint des températures pouvant mettre en danger les poissons, le garde-pêche déploie la stratégie d'urgence pour les ombres communs, qui donne la priorité absolue aux poissons. « En l'espace de 48 heures, nous

mettons en œuvre différentes mesures en faveur des poissons», raconte Patrick Wasem. La plus importante d'entre elles consiste à creuser des bassins qui stockent de l'eau fraîche dans les zones d'embouchure des affluents. Cette mesure peut être appliquée aux embouchures de l'Hemishoferbach, de la Biber et de la Durach sur le territoire de la ville de Schaffhouse. Les zones de retrait ainsi créées pour les poissons sont signalisées par des rubans et la population est invitée, par l'intermédiaire de panneaux d'information, à adopter un comportement respectueux. Les mesures sont mises en œuvre dans le cadre d'une étroite collaboration entre la fédération cantonale de pêche, la société Kraftwerk Schaffhausen et le service du génie civil du canton de Schaffhouse.

Nouvel épisode de surmortalité des poissons après 2003

Malgré les mesures engagées, une nouvelle hécatombe a frappé les poissons du Rhin près de Schaffhouse le 3 août, décimant environ trois tonnes d'entre eux. La canicule de l'été 2003 avait été bien plus meurtrière, en emportant une vingtaine de tonnes de poissons. Il n'est cependant pas possible de comparer directement ces valeurs, car en 2003 la population de poissons était largement supérieure à celle de 2018. S'il faut attendre l'été 2019 pour savoir combien de poissons frayant ont survécu, il ne fait aucun doute que les mesures se sont révélées efficaces.

Aucune surmortalité des poissons n'avait été constatée durant la canicule de 2015. Selon Patrick Wasem, l'été 2015 a bénéficié de plusieurs orages, qui ont fait légèrement descendre les températures des cours d'eau et remonter les niveaux d'eau. Les poissons n'ont pas eu autant de chance en 2018.

Projet d'irrigation pour la vallée de la Biber

Une nouvelle idée a vu le jour en 2004, celle de prélever l'eau nécessaire à l'agriculture dans la vallée de la Biber de manière centralisée, directement dans le Rhin, puis de l'acheminer aux exploitations par une conduite. Aucun prélèvement d'eau d'irrigation ne serait alors effectué dans la Biber, ce qui permettrait de revitaliser le cours d'eau et servirait donc l'intérêt public. Ce projet se trouve déjà à un stade très avancé et cherche à prendre en compte l'ensemble des intérêts en jeu. Selon Jürg Schulthess, les autorisations pour effectuer des prélèvements d'eau

dans le Rhin et celles nécessaires au projet de construction devraient être délivrées en 2019. Il s'agirait ensuite de régler les détails de financement du projet avec ses bénéficiaires.

L'année 2019 coïncide avec le lancement d'un projet pilote d'adaptation aux changements climatiques dans la région du Klettgau sur territoire schaffhousois. Ce projet définit les possibilités d'utilisation des eaux souterraines à des fins d'irrigation des terres agricoles. Jusqu'à présent, le canton n'a pas recouru aux eaux souterraines pour l'agriculture. Il convient ici de peser les intérêts de part et d'autre.

Le canton s'est vu très préoccupé par les faibles quantités d'eaux souterraines et par leurs températures élevées durant l'été 2018. Les chaleurs de l'été ont cependant eu des répercussions positives également. Grâce aux conditions météorologiques favorables, les vigneron, par exemple, ont affiché de nouveaux records de récolte tout en garantissant une qualité des fruits au-dessus de la moyenne. Cet excellent millésime survient après plusieurs années difficiles : c'est surtout la drosophile du cerisier qui avait donné du fil à retordre aux vigneron. Leurs cultures avaient également souffert d'un important gel printanier tardif en avril 2017.

Fig. 42 : Dans le canton de Schaffhouse, un bassin qui stocke de l'eau fraîche a été creusé dans la zone d'embouchure du Hemishoferbach, afin de permettre aux poissons de s'y réfugier



5 Récapitulatif et perspectives

Après celles de 2003 et de 2015, la canicule et la sécheresse de l'été 2018 sont un rappel alarmant pour la population, les autorités et les milieux politiques : il faut prendre les changements climatiques au sérieux et accélérer les mesures visant à les atténuer et à les maîtriser. L'été 2018 confirme en effet que ces derniers ont de graves conséquences pour l'être humain et l'environnement. Les plans de mesures, aussi bons soient-ils, ne suffisent certes pas à juguler les effets négatifs de la canicule et de la sécheresse, mais ils permettent au moins de les limiter. Il est donc primordial de poursuivre les efforts d'adaptation aux changements climatiques, sur la base notamment du plan d'action du Conseil fédéral, dont le deuxième volet sera mise en œuvre à partir de 2020.

La multiplication des étés caniculaires et secs ces dernières décennies montre que le climat change en Suisse. Cette évolution va se poursuivre et il faut s'attendre, en l'état actuel des connaissances, à une augmentation des

vagues de chaleur et des sécheresses estivales. Celles-ci impacteront non seulement la population, mais également les animaux et les plantes, dont les habitats vont changer. Des adaptations seront donc nécessaires dans de nombreux secteurs. De plus, dans un climat toujours plus chaud, la probabilité de connaître plusieurs étés caniculaires et secs consécutifs augmentera, avec des conséquences environnementales, sociétales et économiques encore inconnues.

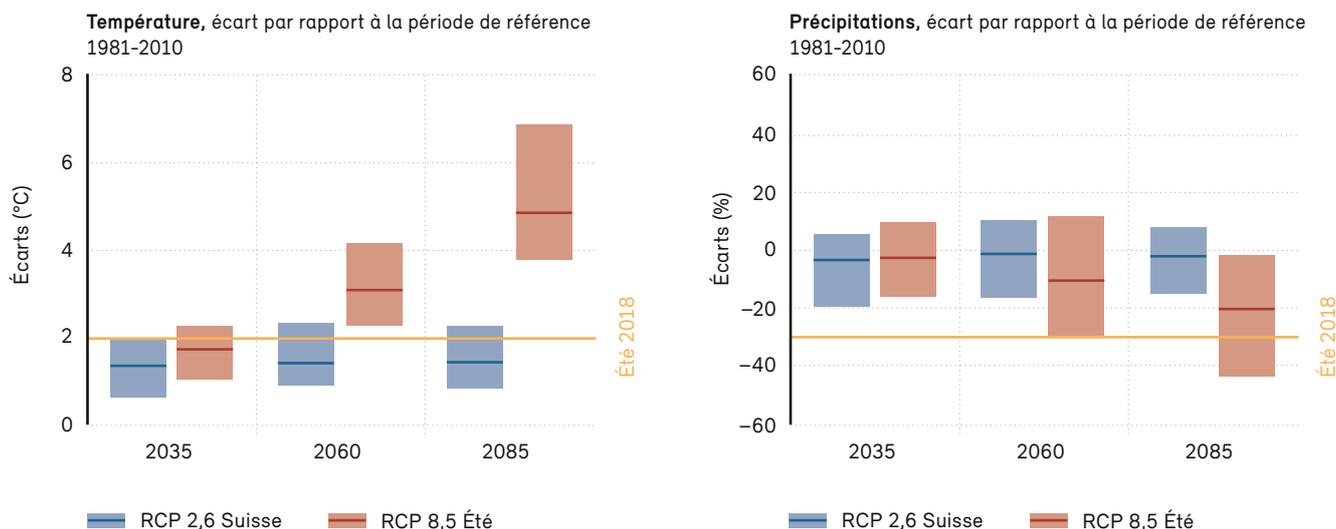
Un été préfigurant l'avenir

Il y a bien sûr déjà eu des années très chaudes et très sèches dans le passé. Dans les années 1940, par exemple, plusieurs étés marqués par de fortes chaleurs et de faibles précipitations se sont succédés, et l'on a connu depuis lors d'autres années isolées s'écartant largement de la norme. Beaucoup se souviennent en particulier de la canicule historique de l'été 2003. La Suisse avait alors traversé les mois de juin, juillet et août les plus chauds depuis le début des mesures. Cette canicule a d'abord été

Fig. 43 : À Malans, dans les Grisons, plusieurs fontaines ont dû être arrêtées à l'été 2018 en raison de la sécheresse marquée



Fig. 44 : Comparaison de la température moyenne (à gauche) et des précipitations moyennes (à droite) de l'été 2018 avec les valeurs des scénarios climatiques CH2018



considérée comme une exception vouée à le rester, mais les années extrêmes se sont ensuite multipliées. Comptant parmi les plus chauds, l'été 2018 occupe le troisième rang du classement, derrière ceux de 2003 et de 2015. Si l'on considère les six mois courant d'avril à septembre, l'année 2018 se hisse même au premier rang. S'ajoutant aux autres années de chaleur supérieure à la moyenne traversées dernièrement, elle laisse deviner à quoi nous devons nous préparer.

Se fondant les connaissances les plus récentes en matière de climat, les milieux scientifiques ont élaboré les scénarios climatiques CH2018 pour la Suisse, qui incluent deux scénarios opposés : dans le premier, des mesures de protection du climat ambitieuses sont mises en œuvre et les émissions mondiales diminuent rapidement (scénario RCP2.6) ; le second ne prévoit au contraire aucune mesure de protection et les émissions mondiales continuent d'augmenter (scénario RCP8.5). Les deux scénarios mettent en évidence ce qui suit : avec sa température dépassant la norme de 2 °C, l'été 2018 est comparable à un été tel qu'attendu en moyenne au milieu du siècle (fig. 44, ci-dessus). En ce qui concerne le volume de précipitations, l'été 2018 fait figure d'été exceptionnellement sec, même par rapport au volume de précipitations attendu au milieu du siècle selon le scénario sans mesures de protection du climat. Soulignons que

ces comparaisons se fondent sur des valeurs moyennes. En cas de changement climatique incontrôlé, les événements extrêmes devraient encore s'aggraver, en particulier dans la seconde moitié du siècle, et frapper durement la Suisse. Un été extrême sera alors encore beaucoup plus chaud que l'été 2018.

Efficacité des plans canicule

Durant les étés caniculaires, on enregistre fréquemment des vagues de forte chaleur de plusieurs jours, présentant de sérieux risques d'atteintes à la santé. Ces dernières années, la plupart des cantons romands ainsi que le Tessin ont élaboré des plans canicule, dont ils ont tiré de précieux enseignements aussi bien en 2015 qu'en 2018. Les plans canicule cantonaux sont disponibles sur le site Internet du National Centre for Climate Services (NCCS) (www.nccs.admin.ch > Régions > Cantons).

Les premières analyses de la mortalité liée à la canicule de l'été 2018 montrent que les plans canicule sont efficaces. De nombreux cantons alémaniques hésitent encore à élaborer de tels plans et les mesures que certains ont tout de même prises ne sont généralement que des mesures ponctuelles. Or, dans la région de Zurich, dans le nord-est de la Suisse et en Suisse orientale, où il n'existe pas de plans canicule, on a enregistré durant l'été 2018 un nombre de décès supérieur au nombre sta-

tistiquement prévisible. C'est donc peut-être l'occasion d'examiner si les mesures ponctuelles suffisent ou s'il ne serait pas nécessaire de prévoir des mesures coordonnées, voire de véritables plans canicule. À la différence des canicules de 2003 et de 2015, celle de l'été 2018 a touché beaucoup plus de femmes que d'hommes, un phénomène qui n'a pas encore trouvé d'explication concluante. Un catalogue de mesures visant à contrer les effets des canicules a été élaboré sur mandat de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). Il est à la disposition des autorités cantonales sur le site Internet du NCCS (www.nccs.admin.ch > *Thèmes prioritaires* > *Santé humaine*).

Les résultats de la recherche montrent que le risque de mortalité augmente dès que la température atteint les 30 °C et qu'il progresse nettement avec chaque degré supplémentaire. Cet effet est renforcé lorsque les températures nocturnes ne descendent pas sous la barre des 20 °C. Le fait qu'en 2018 les nuits tropicales ont été moins nombreuses qu'en 2003 et en 2015 pourrait donc expliquer pourquoi les décès liés à la canicule ont aussi été moins nombreux.

La chaleur excessive compromet le bien-être de la population et diminue la productivité au travail. Elle peut aussi entraîner une augmentation des accidents du travail résultant d'un manque de concentration et du concours de divers autres facteurs. Favorisées par le beau temps, les activités de loisirs le soir et le week-end jouent certainement aussi un rôle important en matière d'accidents. La chaleur à proprement parler n'est toutefois pas le seul facteur de risque. Quand il fait beau, le nombre de personnes exposées à un fort rayonnement solaire augmente – soit car elles travaillent en plein air, soit car elles s'y adonnent à des activités de loisirs –, avec pour conséquence une augmentation du risque de cancer de la peau. Il s'agira donc d'en tenir compte à l'avenir, moyennant l'adoption de mesures de protection ainsi que de comportements appropriés.

Problèmes dus au bas niveau des eaux

On se souviendra de l'année 2018 principalement pour son intense sécheresse, qui a duré du mois de juillet jusqu'à la fin de l'année. Il en est résulté un abaissement marqué du niveau aussi bien des lacs et des rivières que des

eaux souterraines, ainsi qu'une diminution du débit de nombreuses sources. La situation ne s'est partiellement rétablie, à basse altitude, qu'avec les précipitations supérieures à la moyenne qui ont arrosé le versant nord des Alpes en décembre 2018 et en janvier 2019. Février, mars et avril ont ensuite de nouveau été secs, mais le retour des précipitations, en mai, a fini par rehausser le niveau des eaux souterraines. En règle générale, il faut quelques mois présentant un volume de précipitations supérieur à la moyenne ou de nombreux mois avec un volume conforme à la moyenne pour que des niveaux d'eaux souterraines trop bas reviennent à la normale.

Les faibles débits des cours d'eau ont également affecté les centrales au fil de l'eau, dont la production de courant au second semestre 2018 a nettement diminué par rapport aux années précédentes. En particulier les petites installations hydroélectriques de Suisse centrale et orientale et du Jura ont subi de fortes baisses de production.

Sur le Rhin, le bas niveau des eaux a fortement compromis la navigation, notamment le transport de marchandises. Or, pour la Suisse, pays sans littoral, le Rhin est extrêmement important, car il la relie aux ports de la mer du Nord. Les restrictions à la navigation dues aux bas niveaux des eaux n'ont certes rien d'exceptionnel, mais on n'avait encore jamais connu de difficultés d'approvisionnement aussi sérieuses que celles rencontrées à partir de la fin de 2018. Durant l'hiver 2018/2019, la Confédération a donc libéré les réserves obligatoires d'engrais, de fourrage, d'huiles, de corps gras ainsi que de carburants et de combustibles liquides dans une mesure inédite à ce jour. À Bâle, les travaux d'approfondissement de la voie navigable se sont achevés au printemps 2019, si bien que la situation sera dorénavant moins tendue en cas d'étiage. L'Allemagne a en outre décidé d'accélérer la planification de l'optimisation des voies navigables sur le Rhin moyen.

Préparation au manque d'eau

La Suisse dispose d'abondantes réserves d'eau. Toutefois, même si elle est considérée comme le château d'eau de l'Europe, elle n'est pas à l'abri de pénuries. Plus de la moitié des cantons ont annoncé que, durant l'été 2018, des captages de source et des stations de pompage des eaux souterraines d'intérêt public n'avaient pas fourni assez d'eau pour garantir l'approvisionnement. Dans la

plupart des cas, ils ont pu pallier les pénuries qui en ont résulté grâce à des conduites de raccordement avec d'autres captages, mais six cantons ont néanmoins dû prendre des mesures supplémentaires d'approvisionnement d'urgence en eau potable.

L'agriculture est directement touchée par les pénuries d'eau, même si, en 2018, le rendement des grandes cultures n'en a pas trop souffert. Les prairies et les cultures fourragères ont par contre été davantage impactées, ce qui s'est traduit par une nette augmentation des

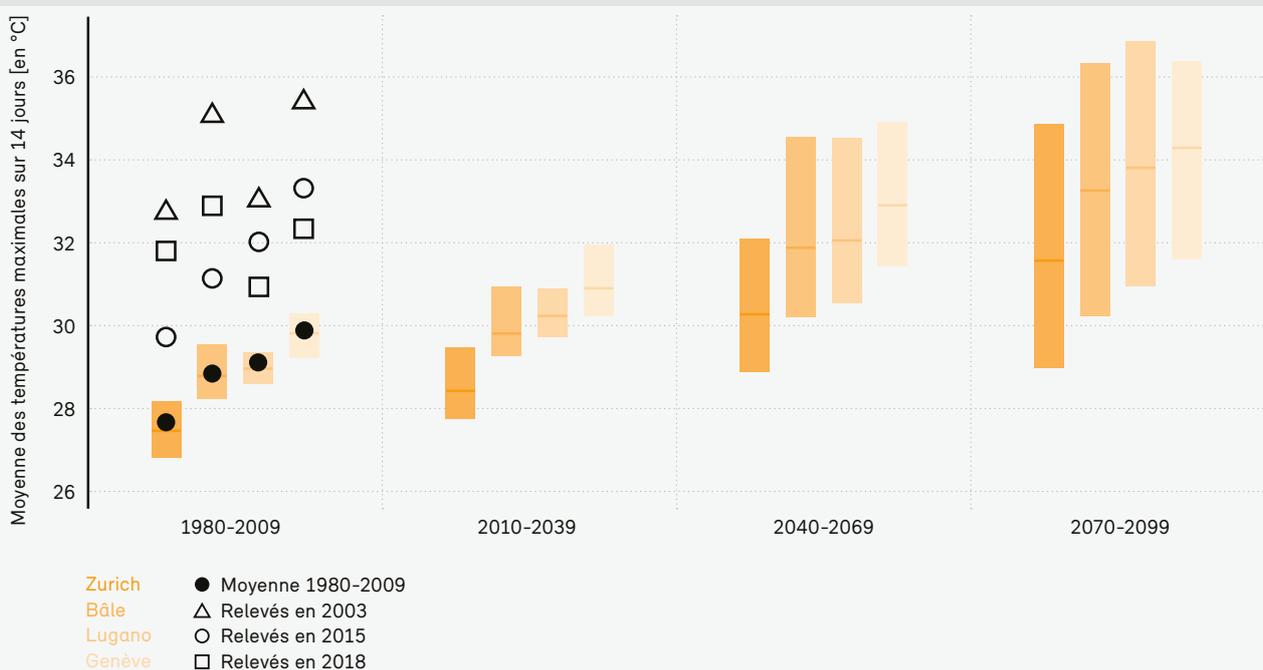
Stress thermique prononcé dans les villes

Dans les villes, le stress thermique s'accroît en été en raison de l'effet d'îlot de chaleur (chap. « Températures, canicules et précipitations », p.9). En 2018, la moyenne des températures diurnes maximales mesurées pendant la période de quatorze jours la plus chaude de l'été s'est élevée à 32 °C à Zurich, à 33 °C à Bâle, à 31 °C à Lugano et à 32 °C à Genève. On remarquera donc qu'en 2018 la répartition géographique du stress thermique était similaire à celle de 2003, mais différait de celle de 2015. À Zurich et

à Bâle, la moyenne des températures diurnes maximales de la période de quatorze jours la plus chaude a dépassé de 4 °C celle de la période de référence courant de 1980 à 2009. Selon les modèles climatiques, ces valeurs correspondent approximativement à celles attendues en moyenne vers la fin du siècle. Les valeurs mesurées à Lugano et à Genève dépassent quant à elles de 2 °C celles de la période de référence. Elles se situent ainsi au niveau des valeurs moyennes attendues au milieu du siècle.

Fig. 45 : Température maximale moyenne sur 14 jours

Comparaison de la moyenne des températures maximales journalières pendant les 14 jours consécutifs les plus chauds des années 2003, 2015 et 2018 avec les scénarios climatiques. Ceux-ci sont basés sur 14 simulations climatiques régionales du projet ENSEMBLES, elles-mêmes fondées sur le scénario d'émissions SRES A1B. Les barres présentent la fourchette des 14 simulations et la ligne horizontale indique la valeur moyenne.



importations de fourrage. Il a en outre fallu restreindre ou interdire les prélèvements d'eaux de surface destinés à l'irrigation. L'agriculture doit se pencher sur cette question et investir dans de nouvelles technologies d'irrigation plus économes en eau. À l'avenir, cette dernière ne sera plus automatiquement à disposition en quantités suffisantes.

Avec le changement climatique et l'aggravation des sécheresses estivales, la pression sur les ressources en eau va augmenter. Dans son rapport en réponse au postulat «*Eau et agriculture. Les défis de demain*» (postulat 10.3533) déposé en 2010 par l'ancien conseiller national Hansjörg Walter, le Conseil fédéral a présenté des ébauches de mesures et de solutions visant à faire face aux périodes de sécheresse. Il propose en l'occurrence aux cantons de procéder par étapes : d'abord identifier les régions exposées à un risque de pénurie d'eau, puis élaborer des plans de gestion des ressources en eau pour ces régions. Il s'agit en outre de prévoir des mesures permettant de maîtriser les situations exceptionnelles.

En 2018, la Suisse orientale et en particulier le canton de Thurgovie ont clairement ressenti les effets de la pénurie d'eau et les systèmes d'approvisionnement ont été poussés dans leurs derniers retranchements. Les autorités y étaient cependant préparées, grâce notamment aux enseignements tirés du projet pilote «Gestion des pénuries d'eau dans l'agriculture thurgovienne». Avec l'aide de l'état-major spécialisé «Sécheresse» bénéficiant d'un large soutien dans l'administration, le canton a relativement bien maîtrisé la situation. Plusieurs interventions politiques ont en outre été déposées devant le parlement cantonal et sont en cours d'examen. Elles pourraient déboucher sur l'adoption d'un plan sectoriel cantonal «Eau», prévoyant des mesures appropriées. La procédure par étapes recommandée par le Conseil fédéral dans sa réponse au postulat Walter semble donc faire ses preuves.

Enfin, l'optimisation en cours de l'alerte et de la transmission de l'alarme en matière de dangers naturels (projet OWARNA) permettra bientôt de faire des prévisions et de lancer des alertes en cas de sécheresse.

Écosystèmes sous pression

L'intense sécheresse de 2018 a fortement affecté les milieux naturels, tributaires d'un approvisionnement en eau suffisant. Localement, ceux-ci se sont même parfois totalement asséchés, avec de graves répercussions pour leur «habitants», notamment les poissons et les amphibiens.

Les changements climatiques s'accompagneront d'une augmentation progressive des conflits d'utilisation de l'eau. Des plans de mesures ciblées peuvent cependant en atténuer les conséquences et prévenir la survenance de dommages majeurs. Ainsi, lorsque la température des eaux du Rhin, près de Schaffhouse, a augmenté à un niveau dangereux pour les poissons, le canton de Schaffhouse a mis son plan d'urgence en œuvre, rapidement imité par les cantons de Thurgovie et de Zurich. Il a ainsi été possible de créer, près des embouchures d'affluents aux eaux plus froides, des zones d'eau relativement fraîche qui ont permis de sauver la population d'ombres, un poisson d'importance nationale. La pêche de poissons destinés à la reproduction de l'espèce et les derniers recensements ont toutefois montré que, malgré ces mesures, 80 à 90 % des ombres n'avaient pas survécu à la canicule de 2018.

Afin d'améliorer la situation générale à long terme, il faut mettre la priorité sur le maintien ou le rétablissement de cours d'eau aussi naturels que possible, avec une végétation riveraine suffisante, sur la revitalisation des eaux et sur l'assainissement de la force hydraulique. Les poissons et autres organismes aquatiques appréciant les eaux froides disposeront ainsi d'habitats appropriés, ainsi que d'endroits où se réfugier si nécessaire.

On observe en outre un phénomène relativement nouveau : avec le réchauffement climatique, la canicule et la sécheresse tendent de plus en plus à coïncider et à se renforcer mutuellement. En Amérique du Nord, on parle de sécheresse caniculaire (*hotter drought*). Lorsqu'il fait très chaud, l'eau s'évapore en grande quantité et les besoins d'arrosage ou d'irrigation des jardins, des parcs et des cultures augmentent. En 2018, dans certaines forêts suisses, les feuilles des arbres ont commencé à prendre leurs couleurs automnales et à tomber dès le mois de juillet. Les conséquences effectives de la sécheresse

de 2018 sur la forêt ne peuvent être évaluées que partiellement pour l'heure. D'après les premières analyses, celle-ci a provoqué une forte hausse de la mortalité des épicéas, des sapins blancs et des hêtres. La question se pose en outre de savoir comment la forêt réagirait si deux années ou plus de sécheresse devaient se succéder.

En raison de la canicule et de la sécheresse, le risque d'incendie de forêt était très élevé en 2018. Les mesures de prévention ainsi que les interdictions de faire du feu édictées par les autorités se sont cependant montrées très efficaces : aucun incendie de forêt majeur ne s'est déclaré, même si le nombre total de sinistres est comparable à celui des années précédentes. Relevons toutefois qu'il y a peut-être une petite part de chance dans le fait que tous les incendies ont pu être rapidement maîtrisés, avant qu'ils ne se propagent. Nul doute que la prévention des incendies de forêt gagnera en importance à l'avenir, non seulement en Suisse méridionale, mais également sur le versant nord des Alpes, car le risque de gros incendies

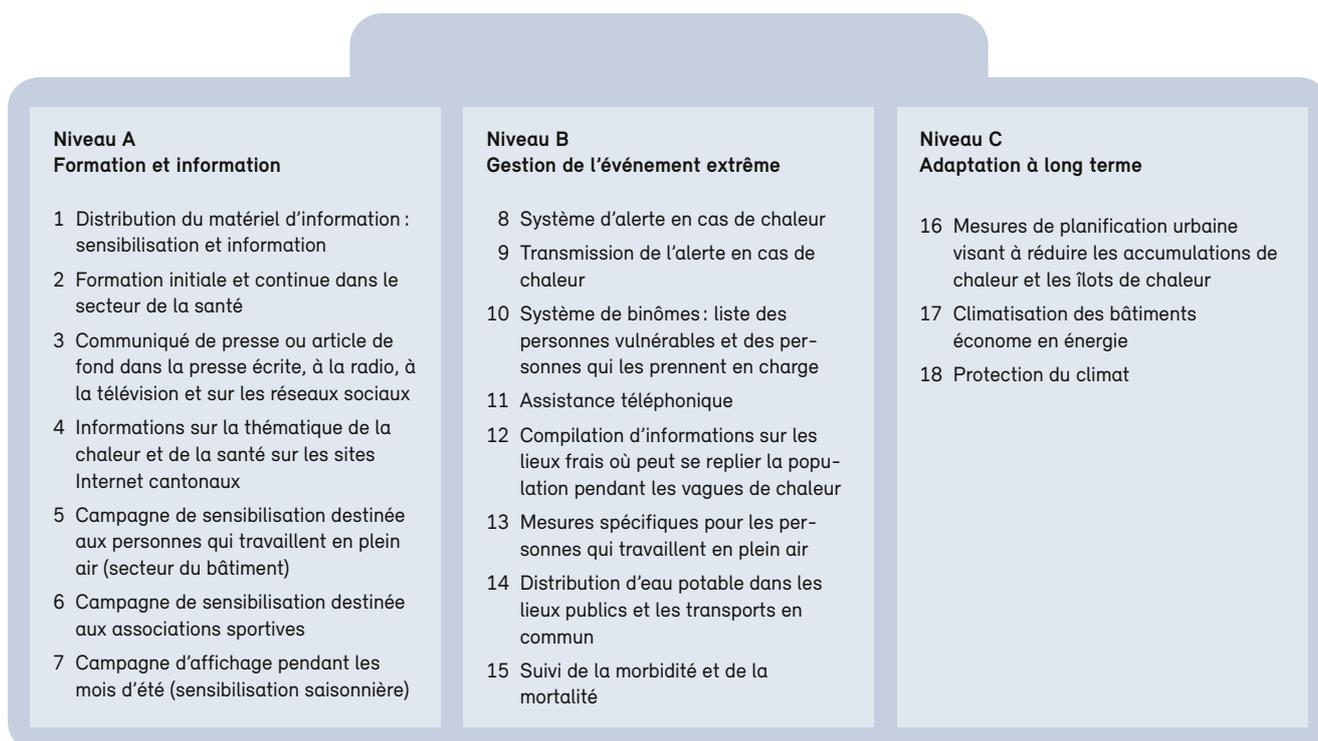
y est désormais aussi bien présent. De nouveaux défis en la matière se posent surtout aux cantons du Plateau. Les forces d'intervention, en particulier les sapeurs-pompiers, doivent donc se préparer à faire face à cette évolution de la carte des dangers. L'exemple du canton du Tessin montre toutefois qu'il est possible de réduire le risque d'incendie de forêt par des mesures appropriées et que ces mesures sont bien acceptées par la population.

Adaptation accélérée et pose de jalons

Compte tenu des changements climatiques, il est indispensable de poursuivre les efforts entrepris pour faire face aux vagues de chaleur et aux périodes de sécheresse. Actuellement, pour assurer la protection de la population contre le stress thermique, l'accent est mis sur l'information, sur la formation continue de spécialistes de la santé ainsi que sur les alertes canicule et l'élaboration de plans canicule (fig. 46, ci-dessous). À plus long terme, il s'agit d'aménager l'habitat et les espaces publics dans les villes et les agglomérations de manière

Fig. 46 : Catalogues des mesures à prendre en cas de canicule

Vue d'ensemble des mesures de protection de la population contre l'augmentation du stress thermique. Ces mesures sont répertoriées dans le catalogue de mesures visant à contrer les effets de la canicule, élaboré sur mandat de l'OFSP.



à ce qu'ils offrent une qualité de vie agréable même pendant les canicules estivales. Cette tâche incombe pour l'essentiel aux aménagistes, qui doivent privilégier, entre autres, les structures de verdure les plus diverses, telles que parcs, allées, cours d'eau proche de l'état naturel, ainsi que toitures et façades végétalisées. Ces structures jouent un rôle important non seulement dans la diminution du stress thermique, mais également dans le développement de la biodiversité en milieu urbain. Des mesures d'encouragement de la végétalisation des villes sont également prévues dans le plan d'action de la « Stratégie Biodiversité Suisse ».

En ce qui concerne les sécheresses toujours plus marquées liées aux changements climatiques, les modifications du cycle hydrologique qui en résultent sont étudiées dans le cadre du projet Hydro-CH2018 de l'Office fédéral de l'environnement. Les résultats de ce projet doivent servir de bases à l'élaboration de nouvelles mesures d'adaptation. De même qu'ils se dotent de plans canicule, les cantons peuvent en effet élaborer des plans ciblés de gestion des ressources en eau, afin d'être mieux préparés à faire face aux futures périodes de sécheresse.

Au niveau fédéral, l'adaptation aux changements climatiques est coordonnée dans le cadre de la stratégie d'adaptation du Conseil fédéral. Le premier plan d'action pour la période de 2014 à 2019 défini dans cette stratégie s'achèvera à la fin de cette année. Actuellement en préparation, le deuxième plan d'action appelé à lui succéder intégrera les enseignements tirés de la sécheresse caniculaire de l'été 2018. La Confédération soutient le processus d'adaptation aux niveaux local, régional et cantonal à la faveur de son programme pilote « Adaptation aux changements climatiques ». Les innovations et les projets pilotes qui en découlent fournissent d'importantes impulsions au développement de la stratégie d'adaptation.

S'adapter aux changements climatiques est une nécessité incontournable. Or la rapidité et l'ampleur des changements jouent un rôle décisif dans ce contexte, car l'adaptation ne sera possible que si elles restent limitées, autrement dit si l'on parvient à suffisamment réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour contenir le réchauffement nettement en dessous de 2 °C, comme le prévoit l'Accord de Paris, il faut que les émissions mondiales se réduisent à zéro émission nette au cours de la seconde moitié du siècle. La canicule et la sécheresse de l'été 2018 ont clairement montré combien il est important d'atteindre cet objectif. La révision de la loi sur le CO₂ offre une chance d'avancer dans cette direction.

Liste des abréviations

Figure 1

KEYSTONE / Melanie Duchene

Figure 2

MétéoSuisse

Figure 3

MétéoSuisse

Figure 4

MétéoSuisse

Figure 5

MétéoSuisse

Figure 6

Ivan Maffioli

Figure 7

NABEL

Figure 8

KEYSTONE / Anthony Anex

Figure 9

OFEV

Figure 10

NAQUA

Figure 11

KEYSTONE / Valentin Flauraud

Figure 12

GLAMOS

Figure 13

SUPSI / Gruppo cantonale di Lavoro Zanzare

Figure 14

KEYSTONE / Steffen Schmidt

Figure 15

Swiss TPH

Figure 16

Swiss TPH

Figure 17

KEYSTONE / Alexandra Wey

Figure 18

OFEV

Figure 19

OFEV

Figure 20

KEYSTONE / Ennio Leanza

Figure 21

Statistique des douanes, Agristat

Figure 22

OFEV / Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS)

Figure 23

Andreas Rigling

Figure 24

Protection de la forêt suisse / WSL

Figure 25

KEYSTONE / Arno Balzarini

Figure 26

Swissfire, banque de données suisse des incendies de forêt / WSL

Figure 27

KEYSTONE / Urs Flüeler

Figure 28

Markus Hintermann / Hydro-Solar Water Engineering AG

Figure 29

OFEV / Statistique de l'électricité de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Figure 30

KEYSTONE / Urs Flüeler

Figure 31

KEYSTONE / DPA / Frank Rumpenhorst

Figure 32

KEYSTONE / Georgios Kefalas

Figure 33

OFEV / Elektronischer Wasserstrassen-Informationsservice (ELWIS), proposé par Wasserstrassen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Allemagne) et compilé par l'entreprise Ultra-Brag

Figure 34

Ports rhénans suisses

Figure 35

Canton de Thurgovie

Figure 36

KEYSTONE / Christian Beutler

Figure 37

Institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich

Figure 38

Institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich

Figure 39

Institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich

Figure 40

Institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich

Figure 41

Institut de recherche « fög » de l'Université de Zurich

Figure 42

Tiefbau Schaffhouse

Figure 43

KEYSTONE / Gian Ehrenzeller

Figure 44

National Centre for Climate Services (NCCS)

Figure 45

National Centre for Climate Services (NCCS)

Figure 46

OFSP

Zoom sur le Tessin

Photo : KEYSTONE / Ti-Press / Luca Crivelli

Zoom sur le canton de Vaud

Photo : KEYSTONE / Jean-Christophe Bott

Zoom sur Bâle

Photo : Forstbetrieb der Bürgergemeinde der Stadt Basel

Zoom sur le canton de Thurgovie

Photo : KEYSTONE / Gian Ehrenzeller

Zoom sur Schaffhouse

Photo : KEYSTONE / Patrick Hürlimann

Liste des tableaux

Tableau 1

Swiss TPH

Tableau 2

Service de la santé publique du canton de Vaud

Tableau 3

BLW / Agristat

Tableau 4

OFEV

Tableau 5

Canton de Thurgovie

Bibliographie

Chapitre Températures, canicules et précipitations

MétéoSuisse 2018: Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 – eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz, Nr. 272, 38 p.

MétéoSuisse 2018: Städtische Wärmeinseln in der Schweiz – Klimatologische Studie mit Messdaten in fünf Städten. Fachbericht MeteoSchweiz, Nr. 273, 61 p.

Scénarios climatiques CH2018:

www.scenarios-climatiques.ch

Chapitre Pollution de l'air

OFEV 2018: L'ozone en été 2018 – Résumé des mesures d'ozone exécutées à l'aide du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.). Berne: 11 p.

UACER 2019: Rapporto qualità dell'aria 2018. Dipartimento del territorio del Cantone Ticino (éd.), Bellinzona: 36 p.

Chapitre Cours d'eau, lacs et eaux souterraines

OFEV 2019: Annuaire hydrologique de la Suisse 2018. Débit, niveau et qualité des eaux suisses. Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.). Berne: 40 p.

Chapitre Glaciers, pergélisol et éboulements

Réseau des relevés glaciologiques suisses (GLAMOS): www.glamos.ch

Réseau de mesures du pergélisol (PERMOS):

www.permos.ch

Permafrost in Switzerland 2014/2016 to 2017/2018. PERMOS 2019.

Chapitre Santé

Swiss TPH 2019: Hitzesommer 2018. Auswirkungen auf die Sterblichkeit und kantonale Präventionsmassnahmen. Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH), avril 2019.

Ragetti M., Vicedo-Cabrera A.M., Flückiger B. & Rössli M. 2016: Evaluation kantonaler Hitzemassnahmenpläne und hitzebedingte Mortalität im Sommer 2015. Rapport à l'intention de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP). Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH). Bâle: 40 p.

Chapitre Gestion des eaux

EBP 2019: Trockenheit im Sommer und Herbst 2018. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft. Rapport mandaté par l'Office fédéral de l'environnement. 43 p.

Chapitre Agriculture

Erdin, D. 2018: 2018, année de sécheresse. Agristat 18-11: Cahier statistique mensuel. Union Suisse des paysans (éd.). 102 p.

Chapitre Forêts

Protection de la forêt suisse:
www.protectiondelaforet.ch

OFEV 2018: Annuaire La forêt et le bois 2018. Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.). Berne: 108 p.

Chapitre Faune et flore

OFEV 2019: Enquête de l'OFEV auprès des services cantonaux de la pêche. Canicule 2018 et populations piscicoles. Office fédéral de l'environnement OFEV.

Chapitre Production d'électricité

Office fédéral de l'énergie: Statistique suisse de l'électricité (2009 à 2018).

Chapitre Infrastructures de transport et transport de marchandises

Ports rhénans suisses : www.port-of-switzerland.ch

OFAE 2016 : Rapport sur l'approvisionnement économique du pays de 2013 à 2016. Office fédéral pour l'approvisionnement économique du pays OFAE (éd.), 44 p.

CIPR 2018 : Inventaire des conditions et des situations d'étiage sur le Rhin. Commission Internationale pour la Protection du Rhin CIPR (éd.), 91 p.

CHR 2016 : Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Rapport de synthèse. Commission Internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin. 20 p.

Chapitre Communication, médias et perception

Institut de recherche de l'Université de Zurich (fög) 2019 : « Hitze, Trockenheit, Klimawandel » – Analyse der Medienberichterstattung über den Sommer 2018 im Vergleich zu anderen Jahren. Rapport mandaté par l'Office fédéral de l'environnement.

Chapitre Récapitulatif et perspectives

OFEV 2016 : La canicule et la sécheresse de l'été 2015. Impacts sur l'homme et l'environnement. Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne. État de l'environnement n° UZ-1629 : 108 p.

Swiss TPH 2017 : Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox. Ein Massnahmenkatalog für den Umgang mit Hitzewellen für Behörden im Bereich Gesundheit. Document mandaté par l'Office fédéral de la santé publique. 30 p.

OFEV 2018 : Quand la ville surchauffe. Bases pour un développement urbain adapté aux changements climatiques. Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne. Connaissance de l'environnement, n° 1812 : 109 p.

Conseil fédéral suisse 2012 : Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat « Eau et agriculture. Les défis de demain ». Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne : 87 p.

Conseil fédéral suisse 2012 : Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action. Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral du 2 mars 2012, Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne : 64 p.

Conseil fédéral suisse 2014 : Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Plan d'action 2014-2019. Deuxième volet de la stratégie du Conseil fédéral du 9 avril 2014, Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.), Berne : 100 p.

Sites Internet

Office fédéral de l'environnement OFEV :

www.bafu.admin.ch

Office fédéral de la santé publique OFSP :

www.bag.admin.ch

Office fédéral de la protection de la population OFPP :

www.babs.admin.ch

Office fédéral de l'agriculture OFAG :

www.blw.admin.ch

Office fédéral de l'énergie OFEN :

www.bfe.admin.ch

Office fédéral de météorologie et de climatologie

MétéoSuisse : www.meteosuisse.admin.ch

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le

paysage WSL : www.wsl.ch

Institut tropical et de santé publique suisse Swiss TPH :

www.swisstph.ch

National Centre for Climate Services NCCS :

www.nccs.admin.ch